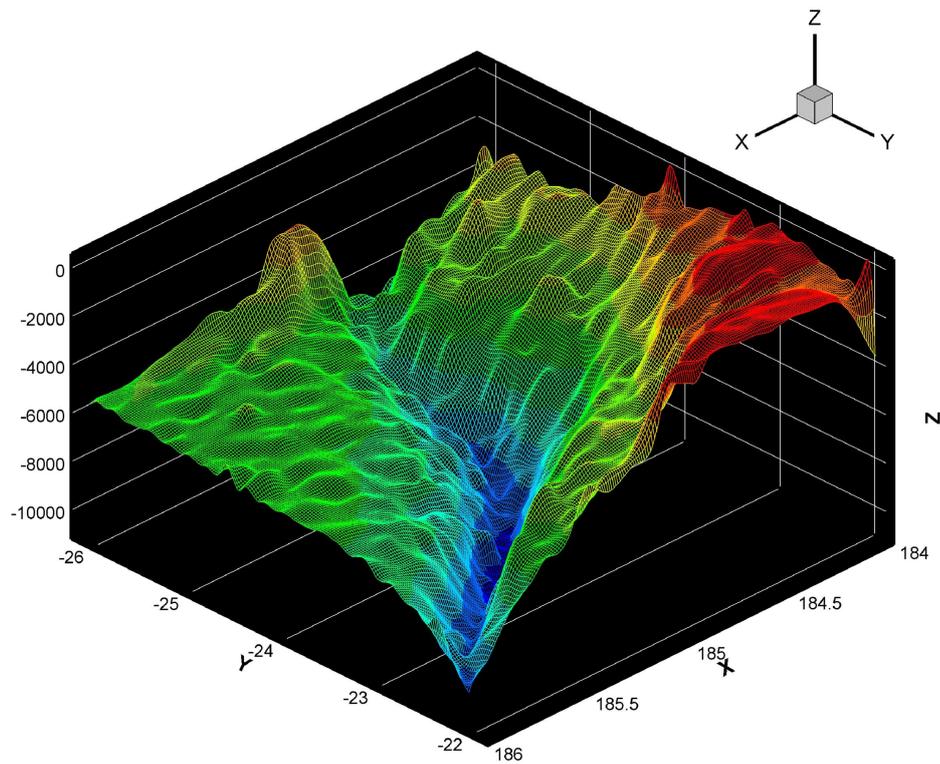


# MATAPLI

SOCIÉTÉ DE MATHÉMATIQUES  
APPLIQUÉES ET INDUSTRIELLES



N° 90 • Novembre 2009

COMITÉ DE RÉDACTION

**Rédacteur en chef**

Laboratoire LAMAV - FR CNRS 5142  
Mont Houy ISTV2 - 59313 Valenciennes cedex 9  
Tél. : 03 27 51 19 02 - Fax : 03 27 51 19 00  
Tél. (Secrétariat) : 03 27 51 19 01

**Christian Gout**

christian.gout@univ-valenciennes.fr

**Rédacteurs**

**Nouvelles des universités**

UVHC - Laboratoire LAMAV/ISTV2 - Mont Houy - 59313 Valenciennes cedex 9  
Tél. : 03 27 51 19 02 - Fax : 03 27 51 19 00

**Christian Gout**

christian.gout@univ-valenciennes.fr

**Nouvelles du CNRS**

ENS Cachan, Antenne de Bretagne  
Avenue Robert Schumann - 35170 Bruz  
Tél. : 02 99 05 93 45 - Fax : 02 99 05 93 28

**Virginie Bonnaille-Noël**

Virginie.Bonnaillie@Bretagne.ens-cachan.fr

**Résumés de livres**

INSA, 20 av. des Buttes de Cosmes, 35043 Rennes Cedex  
Tél. : 02. 23. 23. 82. 00 - Fax : 02. 23. 23. 83. 96

**Paul Sablonnière**

Paul.Sablonniere@insa-rennes.fr

**Résumés de thèses**

INSA Rouen, LMI/GM, BP08, Av. de l'Université 76801 Saint-Etienne-du-Rouvray  
Tél. : 02. 32. 95. 99. 14

**Carole Le Guyader**

carole.le-guyader@insa-rouen.fr

**Du côté des industriels**

INRIA Bordeaux Sud Ouest - MAGIQUE 3D  
Université de Pau et des Pays de l'Adour  
IPRA-AV. de l'Université, BP 1155, 64018 Pau cedex  
Tél. : 05 59 40 75 40

**Hélène Barucq**

helene.barucq@inria.fr

**Du côté des écoles d'ingénieurs**

École centrale de Nantes - BP 92101 - 44321 Nantes cedex 3  
Tél. : 02 40 37 25 17 - Fax : 02 40 74 74 065

**Catherine Bolley**

Catherine.Bolley@ec-nantes.fr

**Info-chronique**

GIP Renater, ENSAM  
151 boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris  
Tél. : 01 53 94 20 30 - Fax : 01 53 94 20 31

**Philippe d'Anfray**

Philippe.d-Anfray@renater.fr

**Math. appli. et applications des maths**

Université Joseph Fourier - BP 53 - 38041 Grenoble cedex 9  
Tél. : 04 76 51 49 94 - Fax : 04 76 63 12 635

**Patrick Chenin**

Patrick.Chenin@imag.fr

**Congrès et colloques**

Laboratoire MAPMO - UMR 6628 BP 6759 - 45067 Orléans cedex 2  
Fax : 02 38 41 72 05

**Thomas Haberkorn**

thomas.haberkorn@univ-orleans.fr

**Vie de la communauté**

Laboratoire J.A. Dieudonné, Université de Nice-Sophia Antipolis  
Parc Valrose, 06108 Nice Cedex 2  
Tél. : 04 92 07 60 23 - Fax : 04 93 51 79 74

**Stéphane Descombes**

Stephane.DESCOMBES@unice.fr

Approximation de la famille des Tonga (Océan Pacifique)  
à partir de données de Bathymétrie  
Lucia Romani, U. Milano Bicocca

MATAPLI - Bulletin n 90- Novembre 2009- Édité par la Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles.  
**Directeur de la publication** Maria J. Esteban, Présidente de la Smai, Institut Henri Poincaré, Paris.  
**Publicité et relations extérieures** G. Tronel - 175, rue du Chevaleret - 75013 Paris  
Tél. : 01 44 27 72 01 - Fax : 01 44 27 72 00  
**Composition et mise en page** Christian Gout  
**Impression** STEDI - 1 boulevard Ney - 75018 Paris- Dépôt légal imprimeur

# MathS in A.

## Mathematics In Action

**Un nouveau journal dont l'objectif est de promouvoir les interactions entre les Mathématiques et les autres sciences, en publiant des articles écrits par au moins deux auteurs : un mathématicien et un spécialiste d'une autre communauté scientifique (biologie, économie, informatique, physique, etc.).**

***Electronique et libre d'accès***

**Editeurs en chef**  
Yvon Maday  
Denis Talay

**Comité éditorial**  
Francois Baccelli  
John Ball  
Guy Bouchitte  
Alexandre Chorin  
Stéphane Cordier  
Felipe Cucker  
Ivar Ekeland  
Claude Le Bris  
Pierre-Louis Lions  
Sylvie Méléard  
George Papanicolaou  
Olivier Pironneau  
Alfio Quarteroni  
Simon Tavaré  
Thaleia Zariphopoulou

site web : <http://msia.cedram.org/>

Publié par la SMAI avec le concours du CEDRAM (Centre de Diffusion de Revues Académiques Mathématiques (<http://www.cedram.org/>); service de la Cellule MathDoc UMS 5638 CNRS/Université Joseph Fourier)



## CONFERENCES

Corinna CORTES  
(Google Research, New York)

Olivier FAUGERAS  
(INRIA Sophia-Antipolis et ENS Paris)

Etienne GHYS  
(CNRS ENS Lyon)

Pierre-Louis LIONS  
(Collège de France)

Wendelin WERNER  
(Université Paris Sud et ENS Paris)

## TABLES RONDES

Maths et industrie  
Maths et science contemporaine  
Maths et société  
Formation par les maths, métiers des maths  
Les mathématiques, ressource stratégique pour l'avenir

MARDI 1<sup>ER</sup> ET MERCREDI 2 DÉCEMBRE 2009  
À LA MAISON DE LA MUTUALITÉ  
24 rue Saint-Victor  
75005 Paris

MATHS A VENIR  
2009

INSCRIPTIONS  
[www.maths-a-venir.org](http://www.maths-a-venir.org)



## Sommaire

SOMMAIRE

Éditorial .....	3
Compte-rendus des CA et bureaux .....	5
Nouvelles du CNRS .....	17
En direct des Universités .....	21
Bilan du Comité Scientifique Disciplinaire Mathématiques et Interactions (CSD 5) de l'ANR .....	23
Du côté des industriels .....	27
Vie de la communauté .....	29
Nouvelle revue de la SFdS .....	29
Prix “ Ibnî Oumar Mahamat Saleh ” .....	31
Jérôme Malick, Prix Robert Faure 2009 .....	32
Les thèses : évolutions prévisibles, inévitables, ou souhaitées .....	32
Jean Della Dora nous a quittés .....	34
Mathématiques et société, ce qui est en train de changer .....	37
Populariser les mathématiques ! Pourquoi, comment ? .....	43
Prix Lagrange 2009 : Jean B. Lasserre .....	47
Prix Henri Poincaré : Cédric Villani .....	49
Prix de thèse SMAI-GAMNI 2009 : Vivien Clauzon .....	61
Jeux déterministes et EDP du second ordre .....	73
Comptes Rendus de manifestations .....	85
Annonces de thèses .....	91
Annonces de colloques .....	103
Revue de presse .....	105
Liste des correspondants régionaux .....	109

*Date limite de soumission des textes pour le Matapli 91 : 15 janvier 2010*

*Smai – Institut Henri Poincaré – 11 rue Pierre et Marie Curie – 75231 Paris Cedex 05*

*Tél : 01 44 27 66 62 – Télécopie : 01 44 07 03 64*

*MATAPLI - ISSN 0762-5707*

*smai@emath.fr – http ://smai.emath.fr*

**PRIX DES PUBLICITÉS ET ENCARTS DANS MATAPLI POUR 2010**

- 250 € pour une page intérieure
- 400 € pour la 3<sup>e</sup> de couverture
- 450 € pour la 2<sup>e</sup> de couverture
- 500 € pour la 4<sup>e</sup> de couverture
- 150 € pour une demi-page
- 300 € pour envoyer avec Matapli une affiche format A4  
(1500 exemplaires)

(nous consulter pour des demandes et prix spéciaux)

*Envoyer un bon de commande au secrétariat de la Smai*

Site internet de la SMAI :

<http://smai.emath.fr/>

## Editorial

*par* Maria J. Esteban

ÉDITORIAL

Ce premier éditorial est pour moi le moment de vous dire que je suis heureuse et fière d’avoir été élue présidente de la SMAI. Laissez-moi remarquer au passage (vous l’aviez sans doute noté tout comme moi) que c’est la première fois qu’une femme est portée à la tête de la SMAI depuis sa création, il y a près de 30 ans. C’est aussi l’occasion pour moi de saluer l’action de mon prédécesseur, Denis Talay, qui a animé les activités de la SMAI avec beaucoup d’énergie, de nouvelles idées et dynamisme. La SMAI doit continuer à agir avec la même énergie, sur les projets lancés pendant la présidence de Denis comme sur les nouveaux thèmes que nous allons développer.

La SMAI doit être encore plus présente dans notre communauté, par ses actions de nature scientifique, mais aussi par son association à d’autres sociétés savantes et associations diverses dans les actions d’intérêt commun, par ses actions vers le grand public, etc.

Nous devons également renforcer les actions de notre association en direction des entreprises, en organisant des journées ou réunions d’intérêt commun, mais aussi en développant les contacts entre industriels et mathématiciens.

Il est aussi important que la SMAI suive de près les projets qui actuellement sont en train de changer le paysage universitaire, et qui peuvent avoir des implications importantes dans les carrières des mathématiciens universitaires, dans l’image que les jeunes auront de nos métiers et dans le fonctionnement au niveau des recrutements et avancements des carrières. Ces préoccupations sont très importantes pour une grande partie des membres de notre association, et nous nous devons donc de rester vigilants et de suivre ces évolutions de près.

Au niveau français, la SMAI s’associe actuellement à la SFDS et la SMF pour donner une nouvelle énergie au site commun emath et pour participer à l’organisation de ‘Maths à venir’. Notre déléguée à l’enseignement et autres chargés de mission participent régulièrement aux travaux de comités inter associatifs, comme le CFEM, l’Adirem, Actions-Sciences et autres collectifs.

La SMAI fait partie d’un grand réseau de sociétés savantes en mathématiques au niveau de l’Europe. L’EMS est actuellement très investie dans la création de liens plus forts entre sociétés savantes de pays divers et la SMAI se doit de participer à ce mouvement. Plusieurs membres de la SMAI sont assez investis dans divers projets de créations de réseaux au niveau de l’Europe, dans le cadre de l’EMS, et surtout au niveau des mathématiques industrielles. La SMAI peut et doit beaucoup apporter à ce niveau-là, soit par ses actions, soit en associant à ces activités des mathématiciens français compétents dans ces domaines.

La SMAI a aussi des relations naturelles avec les sociétés de mathématiques appliquées et industrielles à travers le monde, et pas seulement en Europe. Par notre participation à l’ICIAM, par notre partenariat avec un certain nombre de sociétés, les dernières étant le SIAM et la SCMAI canadienne, nous pouvons nous enrichir, en partageant et en collaborant avec d’autres qui ont des expériences différentes et sûrement enrichissantes.

Une association comme la SMAI n’a des actions qu’au travers de ses membres engagés. Le bureau et le CA ne doivent pas être les seuls organes à lancer des initiatives! N’hésitez pas<sup>1</sup> à proposer et développer des actions en faveur des mathématiques appliquées et industrielles : la SMAI pourra vous soutenir!

**Maria J. Esteban**, Présidente de la SMAI .

---

<sup>1</sup>Pour toute question ou proposition, n’hésitez pas à contacter les membres du CA de la SMAI (<http://smai.emath.fr/spip.php?article103>), ses chargés de mission (<http://smai.emath.fr/spip.php?article127>) ou les correspondants locaux de la SMAI (<http://smai.emath.fr/spip.php?article13>).

## Comptes-rendus de la SMAI

par Serge PIPERNO

### Compte-rendu – CA SMAI – 13 mai 2009

**Présents.** F. Bonnans, A. de Bouard, M. Bouhtou, D. Chapelle, P. Chenin, J. Droniou, M. J. Esteban, R. Eymard, E. Godlewski, J.-B. Hiriart-Urruty, P. Lascaux, B. Lucquin, J. Mairesse, S. Piperno, B. Prum, D. Talay.

**Excusés et/ou représentés.** S. Cordier, T. Goudon, C. Gout, M. Théra.

**Absents.** G. Allaire, P. Lafitte, M. Langlais, M. Lavielle, C. Le Bris, M. Mongeau, R. Touzani.

**Invités.** R. Abgrall (SMAI-GAMNI), G. Carlier (SMAI-MODE, absent), L. Decreusefonds, J.-F. Delmas (SMAI-MAS), B. Garel (représentant de la SFdS, excusé), V. Girardin (représentante de la SMF), M. Leduc (Présidente de la SFP), Y. Maday (président du Conseil Scientifique, absent), M.-L. Mazure (SMAI-AFA, absente), A. Prignet, V. Rivoirard (représentant de la SMAI au CA de la SFdS, excusé).

*Note : V. Girardin, représentante de la SMF, n'a pas souhaité donner son approbation à ce compte-rendu.*

#### 1. Présentation rapide de la Société Française de Physique

La présidente de la SFP, Michèle Leduc, fait une rapide présentation de la SFP et de ses actions. Elle exprime sa satisfaction de rencontrer la SMAI, avec laquelle elle a été régulièrement en contact ces derniers mois à propos de questions concernant la gestion d'EDP-Sciences, dont les deux sociétés sont actionnaires. La SFP a environ 3000 membres (soit au moins dix fois moins que ses homologues au Royaume-Uni ou en Allemagne). Elle est plutôt centrée sur l'enseignement et l'académique. Beaucoup de sociétés proches (acoustique, mécanique, électricité et électronique, etc.) sont davantage orientées ingénieurs. La SFP organise des colloques (un national biennal généraliste mais difficile à maintenir) et distribue des prix (prix Ricard, prix Robin, 3 prix de thèses et deux prix internationaux). Parmi ses actions, la SFP produit des documents de synthèse sur des sujets d'actualité (l'énergie éolienne, impact CO2 de telle ou telle activité, etc.).

---

## COMPTES RENDUS CA & BUREAU

---

Elle publie aussi une revue "Reflets" à 5 numéros par an, de type magazine (avec notamment une rubrique courrier des lecteurs que nous n'avons pas).

### 2. Décisions électroniques prises depuis le dernier CA

Approbation le 29/04 du compte-rendu du CA du 12 mars 2009 : V. Girardin, représentante de la SMF, souhaite apporter une précision à la version finale du compte-rendu, sur le fait que "la SMAI n'ait pas été sollicitée pour se joindre à certaines actions communes". Elle souhaite mentionner que la SMF ne s'oppose pas à une concertation des sociétés de mathématiques (deux propositions de coordination faites à la SMAI par le Président de la SMF sont restées sans réponse). La SMAI constate que cette concertation est loin d'être systématique, puisque la SMAI n'a pas été associée à deux initiatives de la SMF avec les sociétés de Physique et de Chimie (plusieurs tribunes dans la presse et un entretien avec Mme Péresse).

#### \* Annonce d'un session restreinte après le CA "ouvert"

Le président propose de distinguer deux parties dans le CA, avec une partie restreinte aux administrateurs et responsables de GT pour discuter de la gestation d'un nouveau GT. V. Girardin, représentante de la SMF, préfère se retirer sur-le-champ de la réunion. Le Conseil d'Administration reprend sans autre objection.

### 3. Nouvelles des Groupes Thématiques

- nouvelles du GT AFA : la préparation de la "7th conference on Curves and Surfaces" (juin 2010, Avignon) avance (en réduisant le budget) : pas de réduction d'inscription pour les adhérents SMAI, mais engagement du GT à aider à équilibrer le budget ;
- nouvelles du GT GAMNI : le prix de thèse a été décerné ; une réforme des statuts de ECCOMAS est en cours, et le comité de liaison va réfléchir à l'opportunité de proposer que la SMAI soit elle-même adhérente à ECCOMAS ; D. Chapelle n'est plus membre du comité de liaison ;
- nouvelles du GT MODE : à signaler, deux conférences internationales ("20th International Symposium for Mathematical Programming à Chicago en août, BFG 2009 à Leuven en septembre).
- nouvelles du GT MAS : P. Nolin a reçu le prix de thèse J. Neveu (directeur : W. Werner), Journée en hommage à Jacques Neveu à Bordeaux en août 2010 juste avant les journées MAS (avec exposés des lauréats 2008 et 2009 du prix de thèse MAS) ;
- liaison entre les GT et SMAI'2009 : on note peu de représentants du GT MAS à SMAI'2009 (il ne faut vraiment pas oublier de demander aux comités de liaison

---

## COMPTES RENDUS CA & BUREAU

de motiver les adhérents à venir à la biennale et à la présenter comme une manifestation de tous les GT). Par ailleurs, il semble que les responsables de groupe ne se sentent pas assez informés de ce qui se passe dans l'organisation de la biennale. On pourrait décider qu'un représentant de chaque groupe thématique fasse partie du comité d'organisation. Pour SMAI'2011, il est envisagé de mettre en avant les prix de thèse décernés depuis deux ans (GAMNI et GT MAS).

### 4. Publications

- Collection "Mathématiques Appliquées pour le Master" : M. Dauge a annoncé que deux livres sont en finition. On a besoin de propositions ;
- Dialogue avec EDP Sciences : EDP Sciences reconnaît n'avoir pas la capacité de connaître les milieux éditoriaux dans toutes les disciplines concernées, l'adjonction d'un tiers est donc une solution possible (avec contrat précisant le mode de fonctionnement) ; la question de l'accès gratuit aux publications (en particulier sur les aspects financiers qui devraient être pris en charge par la SMAI) est aussi à examiner.

### 5. Approbation de l'ordre du jour de l'AG 2009

- rapports du Président et du Trésorier
- quitus moral et financier
- présentations d'activités de la SMAI en 2008 et 2009
- présentations d'activités des groupes thématiques en 2008 et 2009
- proclamation des résultats des élections au CA
- approbation d'un nouveau GT
- questions diverses

### 6. Autres points

- relations extérieures : projet de mini-symposium SMAI-SIMAI à l'European Science Forum en 2009 sur la modélisation du cancer et la croissance des tumeurs ; approbation du "Forward look" en Mathématiques Industrielles piloté de l'EMS ; échanges avec A. Laptev sur l'intérêt et les moyens à mettre en place pour que l'EMS soit plus présente au niveau national, par exemple en l'associant à des actions conduites par les sociétés nationales ;
- délégués SMAI à la CNFM : J.-B. Hiriart-Urruty et E. Godlewski se proposent pour remplacer C. Graffigne (qui ne souhaitait pas se représenter) et C. Picard (qui ne pouvait pas se représenter) ;
- "Prix Louis Bachelier de la Fondation Natixis et de la SMAI, décerné par l'Académie des Sciences" : le CA approuve le fait que le prix Natixis-SMAI, créé en

---

## COMPTES RENDUS CA & BUREAU

---

2007, ne soit pas remis cette année et prenne ce nouveau nom après avis du Conseil d'Administration de la Fondation Natixis.

- proposition de parrainage par la SMAI d'un cycle d'écoles d'été en mathématiques financières ;
- un compte-rendu sera communiqué par C. Picard à propos du récent CA du CIRM ;
- discussion sur smai-info : prévue comme une revue contenant des liens vers des informations complètes ; l'esthétique de la lettre peut être améliorée ; le CA propose de rajouter un lien html en haut de la lettre, lien pointant vers un fichier html à générer automatiquement. Alain Prignet étudie la faisabilité technique de cette solution.

---

## Session restreinte aux administrateurs et responsables de GT

### 7. Approbation des comptes 2008 de la SMAI

Les comptes 2008 de l'association sont présentés en détail par le Trésorier de la SMAI. Les adhérents sont en nombre très stable. Les produits sont en augmentation, notamment en raison de reliquats à recevoir de 2007, d'un excellent résultat pour le Canum'2008. Les charges sont en légère augmentation, liée probablement à celle de notre activité. Une partie de nos actifs en actions ont été vendus fort judicieusement en juin 2008. Le CA remercie Robert Eymard pour la tenue des comptes. Les comptes sont approuvés.

### 8. Proposition d'un nouveau GT "Mathématiques et Informatique pour les réseaux"

Beaucoup de réponses positives aux derniers contacts pris ont été reçues. Le document présentant le GT (le projet a avancé sous le nom de "Mathématiques et Informatique pour les Réseaux", nom qui n'est pas encore définitivement arrêté) a beaucoup évolué très récemment. Des contributions, dont un certain nombre provenant de la recherche privée, concernent l'interaction entre les mathématiques et l'informatique mais aussi des architectures informatiques, notamment les réseaux avec configurations spatiales stationnaires. Le Conseil d'Administration vote sur le fait de proposer ce nouveau GT à l'Assemblée Générale du 26 mai 2009, l'alternative étant de continuer à faire mûrir le projet : 10 voix pour, 3 abstentions, 3 voix contre. Le projet de GT (nom à affiner, projet et texte à achever) sera soumis au vote de l'Assemblée Générale.

## Compte-rendu – Bureau SMAI – 17/6/2009

Au téléphone, J. Droniou, M. J. Esteban, R. Eymard, E. Godlewski, P. Lascaux, S. Piperno, D. Talay.

### 1. Elections CA SMAI

- *candidats élus* : examen des professions de foi des nouveaux administrateurs ;
- *préparation de l'ordre du jour du prochain CA* : outre les élections d'un nouveau Président et d'un nouveau Bureau, les points suivants pourraient être abordés lors du prochain CA de la SMAI (8 juillet) :
  - tarifs 2010 et adhésions (et adhésions jointes),
  - publications,
  - réflexion sur les activités de secrétariat à la SMAI,
  - avis du CA sur les réformes en cours dans le monde de l'enseignement et de la recherche,
  - initiative à propos des PEDR,
  - rédaction d'une convention en cours avec la SFDS,
  - point d'avancement sur le Groupe Thématique SMAI-MAIRCI
  - avis du CA sur le soutien par la SMAI d'une série d'Ecoles d'été

### 2. Publications

- *publicité des revues* : réunion avec EMS P.H. à propos d'une proposition SMAI / EDP Sciences / EMS P.H. pour la publicité autour de nos revues. Le montage semble possible et fera l'objet d'une réunion tri-partite à la rentrée. Une première opération ponctuelle avec EMS P.H. est à l'étude (il serait intéressant de s'en servir pour en mesurer l'efficacité).
- *subventions revues* : réflexion sur nos demandes de subventions pour nos revues (notamment auprès du CNRS) ;
- *accord SIAM* : réflexion sur des liens avec SIAM pour la diffusion des revues ou la publicité croisée lors de congrès (une publicité est déjà faite annuellement dans la gazette de SIAM) ou dans les collections de livres ;
- *relations avec EDP Sciences* : passage au MMS (outil de gestion plus automatisée des soumissions, passage de COCV dans un premier temps), opérations de promotion en réflexion (comme par exemple des accès gratuit temporaires à des revues).

### 3. Relations internationales

---

## COMPTES RENDUS CA & BUREAU

---

Dans le cadre de son ouverture à d'autres pays européens, le Conseil d'Administration et l'Assemblée Générale du CIMPA réfléchissent à l'adéquation de ses structures. Les sociétés savantes pourraient quitter le CA et faire partie d'un comité de pilotage scientifique.

### 4. Divers

- *finances* : achat d'obligations EDF par notre Trésorier.

## Compte-rendu – CA SMAI – 8 juillet 2009

**Présents.** G. Allaire, D. Aussel, F. Bonnans, A. de Bouard, D. Chapelle, A. Cohen, S. Cordier, J. Droniou, M. J. Esteban, R. Eymard, E. Godlewski, M. Lavielle, B. Lucquin, F. Murat, S. Piperno, B. Prum, D. Talay. M. Théra.

**Excusés et/ou représentés.** M. Bouhtou, T. Goudon, C. Gout, J.-B. Hiriart-Urruty, P. Lafitte, P. Lascaux, J. Mairesse, P. Maréchal.

**Invités.** R. Abgrall (SMAI-GAMNI, absent), G. Carlier (SMAI-MODE, absent), L. Decreusefond (SMAI-MAIRCI), J.-F. Delmas (SMAI-MAS), B. Garel (représentant de la SFdS, excusé), V. Girardin (représentante de la SMF, absente), Y. Maday (président du Conseil Scientifique, absent), M.-L. Mazure (SMAI-AFA, absente), A. Prignet, V. Rivoirard (représentant de la SMAI au CA de la SFdS).

---

### 1. Décisions électroniques prises depuis le dernier CA

- approbation du compte-rendu du CA du 13 mai 2009 ;
- approbation du soutien pour la création d'un site de suivi des PEDR/PES en mathématiques.

### 2. Élections du Président et du Bureau

Denis Talay remercie les membres du Conseil d'Administration pour leur travail sous ses trois mandats successifs de président. Les membres du CA félicitent en retour le président sortant pour le travail accompli.

Le Conseil d'Administration procède à l'élection d'un nouveau président et d'un nouveau bureau (Jean-Marc Bonnisseau, arrivé en cours de vote, ne prend pas part à celui-ci) :

- pour le siège de Président, Maria J. Esteban est élue à l'unanimité moins une abstention. Elle remercie les membres du CA pour la confiance qui lui est témoignée.

---

## COMPTES RENDUS CA & BUREAU

---

- Serge Piperno et Robert Eymard sont respectivement élus Secrétaire Général et Trésorier à l’unanimité moins une abstention.
- proposition de composition du bureau : Jérôme Droniou (vice-président publications), Patrick Lascaux (vice-président en charge des relations avec l’industrie, qui souhaite passer le relais l’année prochaine), Edwige Godlewski (déléguée enseignement) continuent à faire partie du bureau. Suite à la sortie de Denis Talay, Anne de Bouard (chargée de mission “opérations grand public”) et François Murat (Secrétaire Général adjoint) rejoignent le bureau. Cette composition étendue est approuvée à l’unanimité moins deux abstentions.

### 3. Nouvelles des Groupes Thématiques

- nouvelles du GT AFA : Organisation d’une journée SMAI-AFA le 13 novembre prochain à Chevaleret ;
- nouvelles du GT GAMNI : des élections pour le comité de liaison auront lieu en septembre ; à signaler, le séminaire de mécanique des fluides numériques (avec le CEA) à l’IHP, les 25 et 26 jan 2010 ;
- nouvelles du GT MAS : MAS : la journée “Fiabilité” a eu lieu à l’IHP le 22 juin ; préparation des Journées MAS à Bordeaux (1-3 septembre 2010), précédées par une journée en hommage à Jacques Neveu (31/8/2010) ;
- nouvelles du GT MODE : organisation des journées MODE en mars 2010 à Limoges, lancement du GDR “Mathématiques de l’Optimisation et Applications” à Porquerolles (juin 2009) ; le comité de liaison sera renouvelé en septembre prochain ; colloque en l’honneur d’Hedy Attouch à Montpellier (9 au 12 septembre 2009) ;
- nouvelles du GT MAIRCI : le processus de composition du comité de liaison se poursuit (de nombreux industriels sont intéressés et des réflexions sur des participations croisées entre comités de liaison des différents GT sont en cours). Une proposition de constitution du comité de liaison devrait être faite en septembre. Par ailleurs, une réunion a eu lieu avec les responsables du GDR (CNRS) “Informatique Mathématique” pour ré-étudier les possibles difficultés qu’ils craignent suite à la création du GT. Une autre réunion aura lieu avec le comité de liaison lorsqu’il sera constitué.

### 4. Adhésions

- tarifs 2010 et adhésions (et adhésions jointes) : la proposition de reconduction des tarifs 2009 est adoptée à l’unanimité. La gestion des adhésions couplées (avec les autres sociétés Françaises) est parfois compliquée, notamment pour la base. S’il faut changer les tarifs, il faut le faire plutôt au printemps.
- réflexion sur la relance des adhésions : différentes pistes sont imaginées pour

## COMPTES RENDUS CA & BUREAU

---

relancer les adhésions :

- adhésion gratuite aux étudiants en thèse en maths applis, en transmettant le lien d’adhésion à ces doctorants ;
- adhésions pluriannuelles (si nécessaires via des dons couplés à des adhésions gratuites, même si notre base n’y est pas adaptée).
- défiscalisation : l’utilité publique est une condition suffisante mais pas nécessaire pour l’obtenir ; notre expert comptable émet des doutes sur l’intérêt qu’il y aurait à rentrer dans la mécanique de la défiscalisation (évaluation de la part de nos activités pour lesquelles il n’y a pas de retours attendus ).
- représentativité : il est difficile de dépasser le seuil des mille adhésions sur une communauté d’entre 3000 et 4000 mathématiciens appliqués ; même si on multiplie les relances et les liens pour adhérer à divers endroits bien placés, l’adhésion reste in fine un acte de foi.
- par ailleurs, un éventuel retard pris par le secrétariat peut décourager d’adhérer passée une certaine date.

### 5. SMAI’2009

Anne de Bouard fait un bref compte-rendu de SMAI’2009 (25-29 Mai à la Collesur-Loup). Organisé par le CMAPX (V. Giovangigli (resp.), G. Allaire, F. Alouges, R. Belaouar, R. Brizzi, A. Chambolle, A. de Bouard, S. Ferrand, C. Graham, K. Hamdache, A. Lefebvre-Lepot, A. Mazari, P. Tankov, N. Touzi), il a attiré 245 participants (un peu moins que SMAI’2007, peut-être à cause des journées de la SFDS, on a noté peu de communications orales proposées en proba-stats) dont 25% de femmes. A signaler : des conférences plénières et des mini-symposiums sur des thèmes très variés, 36 posters présentés, 3 exposés industriels, 27 bourses pour les jeunes. La soirée du mardi a été consacrée à l’AG de la SMAI. L’équipe tient à remercier Colette Picard pour sa participation à l’organisation et les équipes précédentes pour la constitution de l’outil support (conçu pour être réutilisable) : l’équipe 2009 était la première équipe complètement novice sur l’outil. Le bilan financier est à venir.

La SMAI remercie chaleureusement les organisateurs.

A propos des choix de dates, la question est évoquée pour SMAI’2011 : il n’y a jamais beaucoup de latitude pour trouver une semaine sans jour férié à cette période. La localisation de SMAI’2011 est à décider rapidement maintenant.

### 6. Publications

- sujets d’actualité et négociations en cours sur un partenariat tri-parti pour la promotion de nos revues (EDP Sciences, SMAI et un troisième partenaire) ;

---

## COMPTES RENDUS CA & BUREAU

- à propos du changement de l'équipe éditoriale de RAIRO-RO (éditeurs et comité éditorial), les bureaux des deux sociétés savantes (SMAI et ROADEF) doivent donner leur accord formel.
- l'outil de gestion d'EDP Sciences va être utilisé pour le journal COCV et son utilisation pour les autres journaux sera ensuite étudié (le passage en cours d'année est à éviter, par exemple pour les statistiques) ;
- réflexion sur les activités d'édition/secrétariat à la SMAI,

### 7. Réformes en cours, Ministère

- l'avis du CA est sollicité sur les réformes en cours dans le monde de l'enseignement et de la recherche : quel est le bon niveau de vigilance et de réactivité du CA sur les actions envisagées ? La SMAI doit participer quand elle le juge nécessaire, mais aussi être force de proposition et assurer une meilleure communication de ses actions/participations. Il serait probablement souhaitable de donner mandat à la Déléguée Enseignement pour réagir rapidement si besoin est pour des propositions qui lui semblent non fondamentales. Une discussion plus longue doit être inscrite à l'ordre du jour du prochain CA (avec un rapide bilan de notre fonctionnement récent) ;
- initiative à propos des PEDR/PES : l'initiative est bien accueillie, mais le positionnement du site pose quelques difficultés qu'il reste à aplanir ;
- en réponse à notre demande, V. Péresse accorde son parrainage à une manifestation autour du "Livre Blanc" : il s'agirait de convier au Ministère des décideurs industriels (responsables R&D, DRH) à une discussion sur le sujet et d'en rapporter les principales interventions dans un addendum au Livre Blanc, qui sera ainsi achevé pour le colloque "Maths à Venir".
- l'organisation du colloque "Maths à Venir" avance (F. Murat y participe) ; à ce stade, il y a surtout un besoin d'en assurer la publicité (les 1er et 2 décembre 2009 à la Mutualité).

### 8. Divers

- convention avec la SFDS : nous devons redéfinir avec la SFdS les présences croisées de chaque société dans le conseil d'administration de l'autre (le juste milieu entre le rôle d'un membre à part entière et celui d'un observateur est à préciser, peut-être celui d'un ambassadeur).
- série d'écoles d'été organisées par N. Touzi : ces écoles pourraient devenir des manifestations SMAI si le CA donne son accord, ce qu'il fait à condition qu'une convention d'accord annuelle soit passée.
- dans le cadre de l'ICIAM, la SMAI cherche à contribuer d'ici la mi-septembre sur le thème des initiatives à l'interface entre les mathématiques et le monde

- professionnel : la valorisation du diplôme de doctorat est une idée à creuser ;
- Y. Maday, président du conseil scientifique de la SMAI, a obtenu le Grand Prix Jacques-Louis Lions 2009 de l'Académie des Sciences.

## Compte-rendu – Bureau – 10 septembre 2009

**Présents.** *Au téléphone, A. de Bouard, J. Droniou, M. J. Esteban, R. Eymard, P. Lascaux, F. Murat S. Piperno.*

### 1. International

Prix de l'ICIAM 2011 : le Conseil Scientifique s'occupe de proposer des candidats ; école hispano-française SEMA-SMAI 2010 : la SMAI participe activement à cette école (en proposant des membres pour le Comité Scientifique et des personnes pour faire des mini-cours et des conférences) ;

### 2. Affaires en cours

Relation avec les autres sociétés de maths : M. J. Esteban a déjeuné avec A. Bar Hen et S. Jaffard, présidents de la SFdS et de la SMF. Quelques projets communs ont été envisagés (contact commun vers l'INSMI, projet de préparer du matériel de vulgarisation pour les salons, appel à idée de contacts, réflexion sur le site commun emath, etc.) ; par ailleurs, les participations croisées des sociétés de mathématiques dans les CA vont être clarifiées. infos sur réunion avec le CNU 26 : parmi les sujets évoqués, l'évaluation prochaine des enseignants-chercheurs (seulement par le prochain CNU) et la place donnée aux sujets aux interfaces ; demande d'infrastructure au niveau européen : le président de l'EMS a fait passer les mathématiques comme thème possible pour le call 'infrastructures' ; Table ronde sur le "Livre Blanc sur le Doctorat en mathématiques appliquées dans l'industrie" au Ministère de la Recherche : D. Talay pilote l'organisation de cette manifestation avec la participation de nombreux industriels et quelques représentants du monde académique proches de l'industrie, sous le parrainage de V. Péresse ; organisation Maths-à-Venir : au cours des récentes réunions du comité d'organisation, les conférenciers ont été arrêtés et le programme quasiment fixé ; le dépliant sera imprimé fin septembre ; le Premier Ministre F. Fillion et la Ministre V. Péresse ont donné leur parrainage et un comité de parrainage industriel a été mis en place pour mobiliser les industriels ; pour la SMAI, F. Murat et D. Chapelle participent à l'organisation, et J. Garnier et N. Anantharaman vont rentrer dans le comité d'organisation pour s'occuper des contacts avec l'extérieur ; Manifestation "prix maths/info" : le bureau est favorable à organiser une manifestation commune avec la SMF (qui organise une cérémonie similaire pour les prix en mathématiques) ; pour avancer, les avis de l'INRIA, de la SPECIF, et de

---

## COMPTES RENDUS CA & BUREAU

l'Académie des Sciences doivent être sollicités ; si l'organisation pratique d'une manifestation commune pose problème, un affichage commun pourra être proposé a minima.

### 3. Organisation SMAI

Présentation des chantiers pour l'automne :

Une nouvelle présentation de smai-info est à l'étude ; observatoire PEDR/PES : P. Lafitte prépare un petit prototype, les avis des sociétés seront sollicités avant de rendre le site public ; une relance de l'action des correspondants régionaux/locaux est à mettre en place ;

Dates et lieu congrès SMAI'2011 (Tours-Orléans) : la première date envisagée (autour du 27 mai 2011) pose problème car c'est aussi la semaine choisie pour la conférence de la SFdS ; une autre date est possible : du 6 au 10 juin 2011, qui est retenue (sauf tarif prohibitif) ; pour le lieu, l'option du choix d'un lieu 'confiné' comme un VVF est privilégiée ; tarifs CANUM 2010 : C. Picard nous a transmis la proposition des organisateurs de garder les mêmes tarifs que pour le Canum'2008, le bureau approuve ; organisation du secrétariat : V. Vacelet souhaiterait être déchargée d'un certain nombre de petites choses qui l'interrompent dans les t,ches de fond qu'elle effectue (journaux, base des adhérents). Le bureau réfléchit à lui donner l'autorisation de faire appel à de la main d'oeuvre occasionnelle (sous forme de Chèques Emploi Service) ;

### 4. Publications

Collection "Mathématiques et Applications" : la succession de M. Benaïm pour la co-direction de la collection est discutée.

### 5. Divers

Rencontres maths/industrie : les projets en cours sont une journée début février en géomécanique (Univ. Orléans, BRGM) et début mai sur les 'statistiques et pharmacie' (Ensa Rennes) ; P. Lascaux demande des renforts pour prendre le relais, notamment en organisation et diffusion ; divers : Virginie Bonnaillie reprend la rubrique 'news du cnrs' pour Matapli et Nicolas Vauchelet remplace Olivier Glass comme 'Correspondant Régional du Laboratoire Jacques-Louis Lions'.

# L'essentiel de la science expliqué par les chercheurs du monde entier

Découvrez la revue de référence  
de l'actualité scientifique.

Tous les mois, *Pour la Science* vous  
donne la primeur des découvertes  
les plus marquantes.

Abonnez-vous !

1 an • 12 numéros

**56 €\***

\*au lieu de 74,70 € en kiosque

POUR LA  
**SCIENCE**

Retrouvez nos offres d'abonnement  
sur [www.pourlascience.fr](http://www.pourlascience.fr)



## BULLETIN D'ABONNEMENT

**Oui, je m'abonne à Pour la Science pour 1 an (12 numéros et leur version numérique)**  
56 € au lieu de 74,70 € Participation aux frais de port : Europe (hors France) 12 €, autres pays 25 €

Mes coordonnées :

Nom : \_\_\_\_\_

Prénom : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

Code Postal : \_\_\_\_\_

Ville : \_\_\_\_\_

Pays : \_\_\_\_\_

E-mail\*\* : \_\_\_\_\_

Téléphone\*\* : \_\_\_\_\_

Date de naissance\*\* : \_\_\_\_\_

Je règle par :

Chèque à l'ordre de *Pour la Science*

Carte bancaire

Numéro de la carte

\_\_\_\_\_

Date d'expiration

\_\_\_\_\_

Code de sécurité\*\*\*

\_\_\_\_\_

Signature obligatoire

MATAPLI

En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-contre sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès de Pour la Science. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres organismes. En cas de refus de votre part, il vous suffit de nous prévenir par simple courrier. \*\*facultatif \*\*\* Merci d'inscrire les 3 chiffres figurant au dos de votre carte

## Nouvelles du CNRS

*par* Virginie Bonnaillie-Noël

### Nouvelles du CNRS, section 01

par Virginie Bonnaillie-Noël et Yann Brenier

La section 01 du comité national du CNRS entame la deuxième année de son mandat de quatre ans. Comme chacun sait, la première année a été particulièrement agitée et riche en rebondissements (création de l’institut de mathématiques, apparition des chaires CNRS/universités avec plusieurs avatars, futur et réforme du CNRS, mouvement universitaire, etc...). Néanmoins, le travail de section a pu s’effectuer dans de bonnes conditions, notamment grâce à la solide infrastructure, nationale, du CNRS. Voici quelques informations récentes.

## 1 Organisation de l’INSMI

Guy Métivier a été nommé directeur scientifique de l’INSMI (Institut des sciences mathématiques et de leurs interactions). Il a pris ses fonctions le 15 mai dernier. Ce nouvel institut fonctionne avec plus de moyens humains. Outre le directeur scientifique, il y a également deux directeurs scientifiques adjoints, Patrick Dehornoy pour le suivi des laboratoires et Pascal Chossat pour les relations internationales, ainsi que 4 chargés de mission : Marc Massot pour le calcul, Valérie Berthé pour l’interface informatique, Frédéric Coquel pour les relations avec l’industrie et Élise Janvresse pour la communication scientifique.

## 2 Session Printemps 2009

### 2.1 Intervention de Jean-Marc Gambaudo et Guy Métivier

Selon Jean-Marc Gambaudo et Guy Métivier, la création d’un institut de mathématiques peut présenter plusieurs avantages :

- Pour la première fois, notre politique nationale est écrite et actée par la direction.

- Jusqu’à présent, le budget des mathématiques a été de 3.5 millions d’euros. Avec la création de l’INSMI, il devrait augmenter substantiellement.
- Les mathématiques ont désormais accès au comité de direction du CNRS tous les mercredis matins. Il est reconnu que les instituts peuvent avoir des politiques différentes et l’idée d’animation de réseau national des mathématiques est désormais acceptée par la direction.

Guy Métivier rappelle que la mobilité a permis un essaimage et que c’est un principe auquel il faut déroger le moins possible.

L’interdisciplinarité prend une part de plus en plus importante dans les moyens attribués. À noter en particulier que, dorénavant, une partie des délégations est réservée à des candidats souhaitant travailler dans un laboratoire relevant d’une autre section que la section 01.

## 2.2 Intervention des élus C, approuvée par l’ensemble de la section

Nous attirons l’attention de la direction de l’INSMI et du CNRS sur les conséquences graves, en terme d’organisation du travail dans les laboratoires, du mandat de gestion unique donné aux universités pour la majorité des unités de mathématiques. Les personnels des B.A.P. I, dès maintenant, E et F dans l’avenir proche, se trouvent en porte-à-faux entre deux modes de travail, aux techniques et aux cultures en forte divergence. Leurs spécificités et leur engagement doivent être explicitement reconnus et pris en compte dans l’évolution de leur carrière.

L’alternative est de voir les laboratoires saignés à blanc de leurs personnels ITA, ceux-ci préférant déjà changer de discipline, afin de conserver de bonnes conditions d’évaluation de leur carrière, et d’éviter de perdre le lien avec le CNRS.

Les élus C de la section 01

## 2.3 Bibliothèques

La section partage la vive inquiétude des bibliothécaires et des mathématiciens en charge des bibliothèques de mathématiques, sur l’avenir du financement de leurs ressources documentaires et de la présence dans les bibliothèques d’un personnel de haut niveau.

Rappelons que l’accès aux ressources documentaires, qu’il s’agisse des revues

électroniques ou de collections de livres, joue en mathématiques un rôle vital dans l’élaboration d’une recherche de qualité. En outre, la mutualisation de ressources documentaires mathématiques au niveau national au cours des dernières années a joué un rôle important dans le fonctionnement «en réseau» de la communauté mathématique française – notamment en permettant aux chercheurs en dehors des «grands centres» d’avoir accès à une documentation de qualité.

L’importance des ressources documentaires et du rôle des bibliothèques en mathématiques n’est pas toujours facile à faire comprendre en dehors de la communauté mathématique. Nous espérons vivement que l’INSMI pilote une politique d’accès aux ressources électroniques en mathématiques mutualisée au niveau national, indispensable à la vie scientifique de beaucoup d’unités. Il nous paraît aussi essentiel que l’INSMI s’attache à préserver le bon fonctionnement des bibliothèques mathématiques en y affectant des personnels de rang A.

## 2.4 Direction des unités de recherche

À l’occasion de divers changements de directeurs d’unités, qu’elle a approuvés, la section 01 estime que les directeurs d’unités doivent se choisir parmi les chercheurs et enseignants-chercheurs dont la carrière est suffisamment avancée. En effet, cette charge est devenue et va devenir de plus en plus lourde : il est important que les directeurs d’unités aient assez d’expérience pour pouvoir mener de front cette tâche ardue et complexe et le développement harmonieux d’une activité de recherche.

## 2.5 Unités et chercheurs

La section a émis un avis très favorable au soutien par le CNRS des unités examinées lors de la session de printemps, suite à leur évaluation par l’AERES. Rappelons que la section est impliquée dans les évaluations de l’AERES par la présence statutaire de l’un de ses membres A ou B. Hélas la présence de représentants C n’est pas prévue par le dispositif actuel, ce que déplore le comité national. Par ailleurs, la section a également évalué les chercheurs des unités en renouvellement et ceux des unités à mi-parcours. La section rappelle que les chercheurs sont tenus de fournir, à la date prévue et sans aucun délai, un rapport tous les deux ans en plus du compte-rendu annuel, ceci suivant les modalités rappelées en temps utiles par le CNRS. L’envoi d’un rapport à temps est une obligation statutaire. En l’absence de rapport, la section émet un avis différé et réservé en cas d’absences répétées.

Le compte-rendu complet de chaque session est disponible sur le site du comité national à l’adresse suivante :

<http://cn.math.cnrs.fr>

### 3 Concours CNRS

#### 3.1 Chaires CNRS / enseignement supérieur

Cette année, 4 chaires CNRS / enseignement supérieur rattachées à l’INSMI étaient à pourvoir. Celles de Nantes et Paris 13 ont été prises respectivement par Nicolas Pétrélis et Antoine Touzé (ce dernier ayant été classé au concours CR2). Les chaires proposées à Bordeaux et à Rennes n’ont pas été pourvues car les candidats classés ont apparemment tous préféré d’autres postes (un poste CR CNRS, un poste à l’école polytechnique et un poste de maître de conférences parisien, semble-t-il). La section se réjouit que le ministère ait finalement renoncé à créer les chaires au détriment de postes CR2, comme cela avait été prévu au départ, ce qui a permis le recrutement de quatre CR2 supplémentaires (voir plus loin). Néanmoins, elle n’est toujours pas satisfaite du double fléchage thématique et géographique des chaires, ainsi que du mode de sélection des candidats.

#### 3.2 Concours chercheurs CNRS

Il y a eu 4 postes supplémentaires de chargés de recherche. Des candidats des listes complémentaires ont donc été appelés. Simone Diverio, Sylvain Ervedoza et Alexandre Gaudillière sont ainsi admis sur le concours 01/04 et François Gay-Balmaz sur le concours 01/07 (avec affectation dans un laboratoire de mécanique). À noter aussi une recrue CR2 supplémentaire pour la physique (section 02), avec affectation dans un laboratoire de mathématiques : Fabien Vignes-Tourneret. Dans les deux derniers cas, l’interdisciplinarité a joué un rôle crucial dans la récupération des postes (sinon, il n’y aurait sans doute eu que trois recrues supplémentaires).

### 4 Membres de la section 01

Parmi les membres élus, Frédéric Patras a été nommé chargé de mission à l’INSHS et a donc du être remplacé. C’est Frank Loray, DR2 à l’IRMAR, qui prend la suite à partir de cet automne.

## En direct des universités

par Christian GOUT

### Qualification 2010

*GALAXIE, le portail des candidats à la qualification et au recrutement*

On rappelle que ce portail est destiné aux candidats à la qualification et au recrutement en qualité d'enseignant-chercheur (maîtres de conférences et professeur des universités).

Il offre de nouveaux services, tel l'abonnement à une lettre d'information, et sera prochainement enrichi de nouvelles fonctionnalités.

Il donne également accès au domaine applicatif de GALAXIE et à ses composantes : ANTARES, ANTEE, FIDIS...

La campagne de **qualification 2010** est ouverte. Vous pouviez saisir vos candidatures jusqu'au **jeudi 29 octobre 2009, 16 heures, heure de Paris**.

*Les candidats en attente d'un résultat de qualification peuvent enregistrer normalement leurs candidatures aux postes offerts au recrutement.*

### CALENDRIER

- **15 septembre 2009, 10 heures** : Ouverture de l'application ANTARES.
- **29 octobre 2009, 16 heures** : Clôture de l'application ANTARES.
- À partir du **16 novembre 2009** : Affichage des rapporteurs sur le site ANTARES.
- **10 décembre 2009** : Date limite de soutenance de la thèse ou de l'habilitation à diriger des recherches.
- **14 décembre 2009** : Date limite d'envoi des dossiers aux rapporteurs du CNU, le cachet de la poste faisant foi.
- Date limite d'envoi des pièces complémentaires éventuelles : **23 décembre 2009**.
- Affichage des résultats : à partir de **début février 2010**.

URL :

<https://www.galaxie.enseignementsup-recherche.gouv.fr/ensup/candidats.html>

### Recrutement

- Le Laboratoire de Mathématiques et Applications (LMA) de Poitiers accueille cette année trois nouveaux membres

IBAZIZEN Mohamed, MCF 26 (IUT Niort), Statistiques

LOUIS Pierre-Yves, MCF 26, Probabilités et Statistiques

MOREAU Anne, MCF 25, Théorie de Lie

*Communiqué par Morgan Pierre.*

- Le Laboratoire de Mathématiques et Applications (LAMAV) de Valenciennes accueille cette année deux nouveaux membres

VENEL Juliette, MCF 26.

DE COSTER Colette, PR 25/26.

## Bilan du Comité Scientifique Disciplinaire Mathématiques et Interactions (CSD 5) de l'ANR

par P. Collet, F. James, P. Lefèvre, J.-C. Saut

### 1 Bilan.

Nous avons dressé un bilan à la suite de l'édition 2007 (voir [1]). Le resserrement du calendrier de l'appel à projets ANR 2009 [2] ne nous a pas permis de publier une note similaire pour l'édition 2008. Nous souhaitons combler ici cette lacune et informer au mieux notre communauté. Le changement de calendrier devrait permettre une installation des crédits plus en phase avec les calendriers universitaires, donc une gestion plus sereine pour les porteurs.

Depuis 2007, il y a eu un renouvellement partiel du comité. Voici la composition des deux comités successifs :

En 2008 : Gilles Aubert, Naoufel Ben Abdallah, Christophe Besse, Christian Blanchet, Patrick Cattiaux, Antoine Chambert-Loir, Jean Clairambault, Pierre Collet (vice-président), Fabienne Comte, Jean Esterle, Stéphane Gaubert, Martin Hairer, Marc Herzlich, Marc Quincampoix, Jean-Claude Saut (président), Rémi Sentis.

En 2009 : Gilles Aubert, Christophe Besse, Patrick Cattiaux, Pierre Collet (vice-président), Jean Clairambault, Fabienne Comte, Jean Esterle, Stéphane Gaubert, Martin Hairer, Marc Herzlich, Pascal Hubert, Ariane Mézard, Marc Quincampoix, Jean-Claude Saut (président), Rémi Sentis, Christian Schmeiser, Christoph Sorger

Chargés de mission Usar [3] : François James (depuis 2005), Pascal Lefèvre (depuis 2007).

Chargé de mission ANR pour les mathématiques et STIC dans le programme “Blanc-JCJC” : Mohamed Amara (depuis 2007)

Le CSD examine les projets postulant pour un financement de l'Agence Nationale de la Recherche au titre des programmes “Blanc” et “Jeunes Chercheuses et Jeunes Chercheurs” (JCJC), puis propose une sélection, examinée *in fine* par le comité de pilotage de l'ANR. Le nombre de projets sélectionnés dépend de l'enveloppe préliminaire attribuée par l'ANR, la décision finale est du ressort du comité de pilotage. Le CSD a aussi la possibilité d'établir une petite liste de projets bidisciplinaires qui, examinés par deux CSD, sont financés, s'ils sont sélectionnés, sur une enveloppe budgétaire spécifique.

## Bilan du Comité Scientifique Disciplinaire Mathématiques et Interactions (CSD 5) de l'ANR

---

### 1.1 Programme JCJC

En 2008 : Nous avons 30 dossiers dont 24 concernaient le seul CSD 5. Dix projets ont été financés (soit plus de 33% des projets proposés en CSD5 uniquement ou ayant la CSD5 comme section principale). Aucun projet bi-disciplinaire n'a été classé.

Pour les projets financés, le financement attribué varie entre 60 k€ et 150 k€. Les budgets demandés variaient entre 60 k€ et 190 k€ pour les projets acceptés (entre 25 k€ et 477 k€ globalement). Ils ont été selon les cas acceptés en l'état, ou diminués, ce dernier cas correspondant en général à un nombre trop élevé de post-docs.

Le budget moyen attribué pour un projet financé est donc de 94 k€ environ (97 k€ en 2007), l'enveloppe globale étant de 938 k€.

En 2009 : Nous avons 34 dossiers dont 29 concernaient le seul CSD 5. Au moment où nous rédigeons cette note, douze projets ont été financés (soit plus de 35% des projets proposés en CSD5 uniquement ou ayant la CSD5 comme section principale). Trois projets figurent sur une liste complémentaire, leur financement dépend d'arbitrages budgétaires au niveau de l'ANR. Aucun projet bi-disciplinaire n'a été classé.

Pour les projets financés, le financement attribué varie entre 50 k€ et 150 k€. Les budgets demandés variaient entre 83 k€ et 238 k€ pour les projets acceptés (entre 45 k€ et 626 k€ globalement), la politique du CSD vis-à-vis du budget étant maintenue par rapport à 2008. Plus spécifiquement, le comité a décidé de ne pas financer les post-docs et thèses sur ce programme JC 2009.

L'enveloppe globale est de 1090 k€ (soit une moyenne d'environ 90 k€ par projet).

### 1.2 Programme Blanc

En 2008 : Nous avons 55 dossiers recevables dont 24 concernaient le seul CSD 5. Vingt et un projets ont été financés (soit plus de 38 % des projets proposés en CSD5 uniquement ou ayant la CSD5 comme section principale). Ainsi une majorité des projets concernaient également un autre Comité Scientifique. Ces associations se font avec des mathématiques dites “pures” comme avec des mathématiques “appliquées”.

Deux projets bi-disciplinaires ont été classés (en commun avec la CSD4 : Physique), avec un financement moyen de 271 k€.

Pour les projets financés, le financement attribué varie entre 75 k€ et 340 k€. Les budgets demandés variaient entre 95 k€ et 671 k€ pour les projets acceptés (entre 48 k€ et 650 k€ globalement).

Le budget moyen attribué pour un projet financé est donc de 202 k€ environ (208 k€ en 2007), l'enveloppe globale (sans les bidisciplinaires) étant de 4238 k€.

## Bilan du Comité Scientifique Disciplinaire Mathématiques et Interactions (CSD 5) de l'ANR

En 2009 : Nous avons 64 dossiers dont 41 concernaient le seul CSD 5. Au moment où nous rédigeons cette note, vingt-trois projets ont été financés (soit environ 36% des projets proposés en CSD5 uniquement ou ayant la CSD5 comme section principale). Deux projets bi-disciplinaires ont été classés, avec un financement moyen de 265 k€.

Pour les projets financés, le financement attribué varie entre 93 k€ et 260 k€. Les budgets demandés variaient entre 131 k€ et 783 k€ pour les projets acceptés (entre 48 k€ et 783 k€ globalement).

Le budget moyen attribué pour un projet financé est donc de 194 k€ environ, l'enveloppe globale (sans les bidisciplinaires) étant de 4457 k€.

Comme pour le programme Jeunes Chercheurs, certains budgets ont été maintenus. D'autres ont été drastiquement réduits (mais de manière à ne pas dénaturer les projets). Cela correspond souvent à des postes de post-docs trop nombreux (par exemple un ou plusieurs post-docs par équipe concernée, alors que le vivier est relativement réduit), et/ou à un budget “missions/conférences” surdimensionné.

A contrario, nous avons, comme en 2007, rejeté un projet scientifiquement excellent (au sens de la qualité des participants et des thématiques proposées), mais demandant un énorme budget. En effet, ce projet (qui ressemblait plus à un projet de GDR) aurait été complètement dénaturé par une diminution drastique de son budget.

## 2 Commentaires

Nous avons essayé d'équilibrer les thématiques et tenu compte d'une sensibilité décentralisatrice mais sans qu'elle soit dommageable à la qualité scientifique. Nous insistons sur le fait que ce sont les projets qui sont jugés (en adéquation avec les qualités scientifiques bien sûr) et pas seulement la stature scientifique du porteur ou des participants.

Il est recommandé que le porteur principal soit fortement impliqué tout en respectant bien sûr la règle d'une implication totale inférieure ou égale à 100% dans tous les projets auxquels il participe. L'émiettement de nombreux participants à très faible pourcentage n'est pas non plus un facteur positif pour un projet, sauf cas particulier d'une expertise très pointue à justifier. D'une manière générale, la cohérence scientifique du dossier doit bien être mise en valeur.

Pour le programme JCJC, l'aspect structurant du projet doit apparaître clairement. Le critère d'âge n'est pas absolu, pas plus que le volume de budget demandé. Typiquement, le projet peut être porté par un(e) jeune professeur(e) ou maître de conférences/chargé(e) de recherches proche de l'habilitation, mais il faut prendre en compte l'impact global du projet. Rappelons que désormais, il y a possibilité d'inclure dans le projet le financement de décharges de services (voir le texte de l'appel d'offre). Les projets doivent rester de taille raisonnable (voir le budget moyen attribué). Les budgets de missions et d'organisation de conférences doivent être argumentés et correspondre à des scénarios réalisables et le plus précis possible. L'ANR ne peut pas assurer un financement de type GDR. Il est bien sûr possible de demander des budgets plus importants mais ces demandes doivent être justifiées très en détail. Pour les demandes de post-docs, sujet sensible, il faut en particulier

## Bilan du Comité Scientifique Disciplinaire Mathématiques et Interactions (CSD 5) de l'ANR

---

s'assurer qu'il existe un vivier suffisant dans le domaine et éventuellement mentionner si des candidats sont en vue (voire contactés). L'ANR exigera un suivi de plus en plus précis du recrutement effectif, mais aussi du devenir des post-docs recrutés.

### 3 Programme blanc international.

Cette année, l'ANR a lancé un programme blanc international, distinct du programme blanc. Il est réservé à certains pays et pour ces pays à certaines disciplines. Nous avons eu cette année cinq projets soumis en CSD5. Ils ont été évalués et classés selon la même procédure que pour le programme blanc. Au moment où nous écrivons ces lignes, le budget n'est pas encore définitivement alloué et le comité de pilotage ne s'est pas encore réuni pour établir la liste des projets financés.

### 4 Conclusion

Le comité a été impressionné par la qualité scientifique des dossiers présentés, notamment pour le Programme Jeunes Chercheurs. Les choix ont donc été difficiles. Le CSD a regretté par contre que certains dossiers, au demeurant excellents, présentent des budgets surdimensionnés. Le bouclage définitif des budgets des programmes Blanc et JCJC pour cette année ne se fera probablement que tardivement. Il est donc recommandé aux porteurs des projets qui se trouvent sur la liste supplémentaire de soumettre à nouveau lors du nouvel appel d'offres. Globalement, pour les appels, se référer au site de l'ANR [2], onglet “Appels à projets”, chercher ensuite en “non thématique” pour trouver les informations liées aux programmes “Blanc”, “JCJC”, “international”. Un autre site à consulter est celui de “l'unité support” du CNRS, l'Usar [3].

### Références

- [1] P. Collet, F. James, J.-C. Saut, *Bilan du Comité Scientifique Disciplinaire Mathématiques et Interactions (CSD 5) de l'ANR*, Gazette SMF **115** (2008), et MATAPLI **85** (2008)
- [2] <http://www.agence-nationale-recherche.fr/>
- [3] <http://www.sg.cnrs.fr/usar/>

## Du côté des industriels

### TOTAL et l'INRIA : un exemple d'action stratégique "Mathématiques et Industrie"

L'INRIA considère que le partenariat avec des acteurs industriels de premier plan, à même de proposer des défis scientifiques majeurs, est primordial pour définir ses actions de recherche et de transfert. Avec le groupe Total <http://www.total.com>, société pétrolière et gazière internationale qui investit considérablement dans la recherche, plusieurs collaborations sont déjà en cours avec nos équipes-projets. En particulier, Total a souhaité approfondir et élargir ses compétences dans le domaine de l'imagerie en profondeur (imagerie du sous-sol). Total et l'INRIA ont donc décidé de mettre en place une collaboration de recherche structurée appelée DIP pour « Depth Imaging Partnership ».

L'objectif de cette collaboration est de contribuer de façon significative à la simulation numérique de la propagation des ondes en tectonique complexe avec pour application l'imagerie sismique par des techniques de migration ou en résolvant le problème inverse, afin de produire des images suffisamment précises et exploitables du sous-sol.

L'imagerie profondeur de milieux fortement hétérogènes constitue un des enjeux majeurs pour l'exploration et la production pétrolière. Elle offre un procédé non invasif d'imagerie du sous-sol à partir de la propagation d'ondes artificielles qui est simulée numériquement grâce à la résolution d'équations d'ondes.

Une telle recherche doit s'appuyer sur un réseau pluri-disciplinaire de chercheurs comprenant des mathématiciens, des géophysiciens et des informaticiens car il est difficile de concevoir des codes de calcul capables de délivrer une image précise du sous-sol sans combiner ces différentes compétences. À cette fin, DIP doit développer de nouvelles méthodes numériques pour l'imagerie profondeur, ce qui nécessite l'implication de plusieurs de nos équipes dont les domaines de compétences devront se situer au niveau de la modélisation mathématique et géophysique, de l'analyse numérique et du calcul haute-performance.

**Contacts :**

Hélène Barucq ([helene.barucq@inria.fr](mailto:helene.barucq@inria.fr)) et Salvatore Spinello ([salvatore.spinello@inria.fr](mailto:salvatore.spinello@inria.fr)).

SOCIÉTÉ de MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES et INDUSTRIELLES

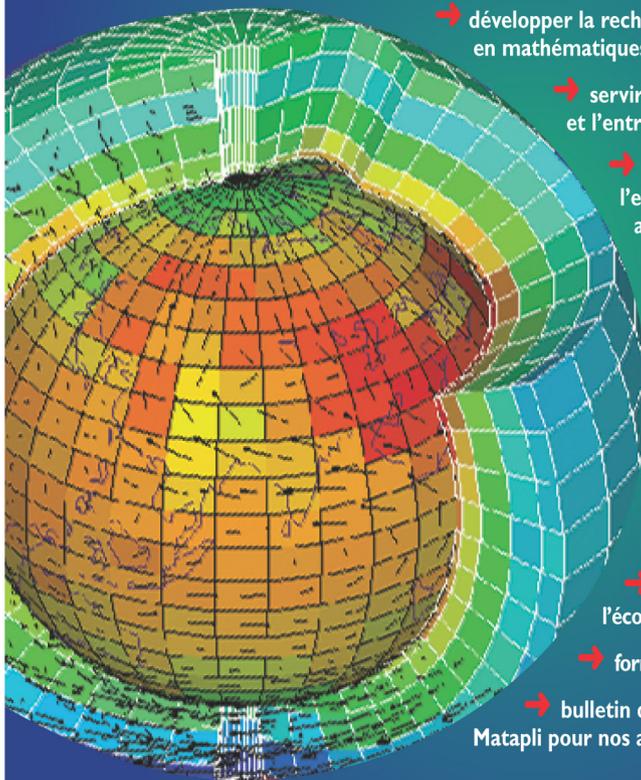
# SMAI

## NOS OBJECTIFS :

- développer la recherche en mathématiques appliquées
- servir d'interface entre l'université et l'entreprise
- contribuer à la réflexion sur l'enseignement des mathématiques appliquées à tous les niveaux

## NOS ACTIVITÉS :

- édition scientifique : collection de livres Mathématiques et applications, revues Esaim : COCV, P & S, Proc et M2AN
- organisation de congrès, rencontres et journées industrielles
- en liaison avec le monde industriel, l'école d'été du CEMRACS
- formation continue
- bulletin de liaison Matapli pour nos adhérents



FABRIQUE COMMUNICATION - 03 83 79 54 00 - www.unic.fr

SMAI - Institut Henri Poincaré

11, rue Pierre et Marie Curie - 75 231 Paris Cedex 05 - Tél : 01 44 27 66 62 - Fax : 01 44 07 03 64

<http://smai.emath.fr>

## Vie de la communauté

par Stéphane Descombes

### CHERCHEURS INVITÉS

Université Joseph Fourier, Laboratoire Jean Kuntzmann, Grenoble

**José R. León**, Université Centrale du Vénézuéla,  
2 mars au 31 mai 2010,

*Spécialité* : équations différentielles stochastiques dirigées par un mouvement brownien fractionnaire, estimation dans des modèles fractionnaires, équations d’ondes stochastiques non linéaires à deux dimensions, modélisation stochastique de la houle.

*Contact* : Clémentine Prieur UJF, LJK/MOISE, [Clementine.Prieur@imag.fr](mailto:Clementine.Prieur@imag.fr)

LAMAV, Université de Valenciennes

**Lucia Romani**, Université de Milan-Bicocca, Italie.

Octobre 2009

*Spécialité* : Approximation.

### UNE NOUVELLE REVUE DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE STATISTIQUE (SFDS)

Statistique et Enseignement

<http://www.statistique-et-enseignement.fr/ojs>

A tous les niveaux de l’enseignement, de l’école à l’enseignement supérieur, on s’accorde à dire que doit figurer une éducation à la statistique ; il en est de même dans de nombreuses formations hors du cadre scolaire ou universitaire. La statistique est en effet à la fois un outil au service d’autres disciplines (biologie et médecine, économie, sciences humaines et sociales, géographie, sciences physico-chimiques ...) et un élément essentiel de la formation citoyenne. Cette nécessité s’est traduite par des évolutions de contenus (en phase d’accroissement en général en France), d’objectifs et de programmes. Mais en même temps l’enseignement de la statistique par et pour des non-statisticiens se cherche encore : ses contenus subissent des variations répétées et ceux qui ont à enseigner se sentent parfois démunis.

Il y a ainsi un grand besoin de diffusion et de réflexion sur les concepts, les outils ainsi que les travaux que l’on peut mener avec les élèves et les étudiants en prenant en compte la diversité de leurs connaissances et de leurs aptitudes ainsi que les finalités des filières.

En langue française de tels outils existent déjà, mais de façon dispersée et pas toujours en libre accès ; citons ainsi :

## VIE DE LA COMMUNAUTÉ

- des articles dans les revues de l'Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public (" Bulletin Vert " de l'APMEP, PLOT ...) ou des Instituts de Recherche sur l'Enseignement des mathématiques (en particulier " Repères IREM "),
- des sites internet tels que " Statistix ", " St@tNet " ...

Par ailleurs des rencontres donnent l'occasion de partager leurs expériences à tous ceux que préoccupe l'enseignement de la statistique : la Société Française de Statistique (SFdS) propose des sessions spécialisées dans ses journées annuelles et a organisé à Lyon en 2008 le " premier congrès francophone sur l'enseignement de la statistique ", la commission Inter-IREM Statistique et Probabilités organise des réunions régulières.

Sur le plan international, c'est-à-dire le plus souvent en anglais, on trouve des revues électroniques telles que " Teaching Statistics ", " Journal of Statistics Education ", " Statistics Education Research Journal (SERJ) ", " Technology Innovations in Statistics Education (TISE) ". L'International Association for Statistics Education organise tous les quatre ans le congrès mondial ICOTS.

Il manquait cependant une revue spécialisée, orientée vers le public francophone, lieu naturel et exigeant pour publier des articles consacrés à l'enseignement de la statistique et pouvant tirer profit de l'expérience acquise dans d'autres langues.

C'est pourquoi la SFdS a décidé de créer Statistique et Enseignement, revue électronique en libre accès dont le premier numéro (consacré à des articles issus de communications présentées au congrès de Lyon en septembre 2008) paraîtra courant 2009. Statistique et Enseignement vise ainsi à publier des contributions relatives à l'enseignement, mais aussi à la formation extra-scolaire, voire à la popularisation " grand public " en statistique. Statistique et Enseignement n'est pas un centre de ressources mais une revue à comité de lecture accueillant des réflexions critiques, des analyses, des présentations d'activités accompagnées de commentaires (objectif, conditions d'expérimentation, conclusions de cette étude). Sans être un forum, Statistique et Enseignement comportera aussi des débats, des points de vue, des notes de lecture.

Ces contributions prendront généralement la forme d'articles (d'une vingtaine de pages au maximum). Toutefois, sans être un forum, Statistique et Enseignement désire aussi proposer des débats et des points de vue, ainsi que des notes de lecture sur des ouvrages ou revues touchant à l'enseignement et à la formation en statistique.

Les articles peuvent être accompagnés d'annexes contenant des documents, des données, des résultats ou du code source qui seront mis à la disposition des lecteurs par téléchargement libre. Dans ce cas, les auteurs devront signer un formulaire dégageant la revue Statistique et Enseignement de toute responsabilité.

Les contributions publiées dans Statistique et Enseignement sont rédigées en français (de préférence) ou en anglais (il est toutefois convenu que, à titre exceptionnel et motivé, le comité de rédaction puisse décider d'accepter un texte dans une autre langue) et sont soumises à un processus classique d'évaluation par les pairs. Un effort particulier sera fait pour que ce processus soit le plus rapide possible.

Nous vous invitons à visiter le site de la revue

(<http://www.statistique-et-enseignement.fr/ojs>),

## VIE DE LA COMMUNAUTÉ

y proposer des articles, la lire et la faire connaître.

*Pour le comité de rédaction de Statistique et Enseignement*

*Jean-Pierre Raoult et Catherine Vermandele, rédacteurs en chef*

### PRIX “ IBNI OUMAR MAHAMAT SALEH ”

Le 3 février 2008 notre collègue Ibni Oumar Mahamat Saleh disparaissait, enlevé à son domicile à N’Djamena par les forces armées tchadiennes. Il est, selon toute vraisemblance, mort en détention dans les jours suivants. Ibni Oumar Mahamat Saleh était professeur et ancien recteur de l’université de N’Djamena. Ancien ministre, il était l’une des figures majeures de l’opposition démocratique. Il était à l’origine d’accords inter-universitaires unissant le Tchad à la France, ainsi qu’à d’autres pays africains. Il souhaitait par ces accords contribuer à la qualité de la formation des enseignants de son pays.

La Société Française de Statistique, la Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles et la Société Mathématique de France créent un prix en sa mémoire, pour que celle-ci reste vivante, et afin de poursuivre son engagement pour une formation de qualité des jeunes mathématiciens africains.

Le prix “ Ibni Oumar Mahamat Saleh ” sera décerné annuellement. Il permettra à un étudiant d’un établissement d’Afrique Centrale ou d’Afrique de l’Ouest<sup>1</sup>, en mathématique ou statistique, en master ou en thèse, de faire un séjour scientifique dans un pays autre que le sien. Tous les pays seront éligibles comme pays d’accueil.

Le stage aura en général une durée de trois mois. Il sera effectué dans un laboratoire de mathématiques dont l’équipement permette un stage dans des conditions satisfaisantes, sous la conduite d’un encadrant désigné dans ce laboratoire. Il sera souhaitable qu’il y ait un co-encadrant du pays de l’étudiant. L’organisation matérielle du stage de l’étudiant sera gérée par l’administration du laboratoire d’accueil.

Le prix fera l’objet d’un appel d’offres annuel, le premier étant lancé début octobre 2009. Chaque candidat devra présenter un projet de recherche, avec une proposition d’accueil dans un laboratoire. Le choix du récipiendaire sera effectué par un comité scientifique mis en place par le CIMPA.

Une souscription a été lancée le 1er octobre 2009 pour assurer le financement du prix.

- **Lancement de la souscription le 1er octobre 2009**
- **Premier appel a candidatures le 1er octobre 2009, avec date limite le 15 novembre,**
- **Choix du premier récipiendaire avant le 31 décembre 2009**

Des informations complémentaires sont disponibles sur le site

<http://smf.emath.fr/SouscriptionSaleh/>

Contacts : *Aline Bonami, Alain Godinot, Marie-Françoise Roy*

<sup>1</sup>Plus précisément : Burundi, Bénin, Burkina Faso, Cap-Vert, Cameroun, Côte d’Ivoire, Gabon, Gambie, Ghana, Guinée, Guinée-Bissau, Guinée équatoriale, Libéria, Mali, Mauritanie, Niger, Nigeria, République centrafricaine, République du Congo, République démocratique du Congo, Rwanda, Sénégal, Sao Tomé-et-Principe, Sierra Leone, Tchad, Togo.

## VIE DE LA COMMUNAUTÉ

### JÉRÔME MALICK, PRIX ROBERT FAURE 2009

Le prix Robert Faure 2009, parrainé par la ROADEF, la SNCF et Eurodécision, a été remis le 11 février dernier à Nancy. Le lauréat du premier prix en est Jérôme Malick (JM).

JM est chargé de recherche CNRS au Laboratoire Jean Kuntzmann (LJK) de Grenoble. Ses travaux s’inscrivent en optimisation au sens large, avec un intérêt particulier pour les problèmes mettant en jeu les valeurs propres de matrices. Ses contributions portent sur de nouvelles méthodes en optimisation sous contraintes de semidéfinie positivité (les dits problèmes SDP) dans le contexte de l’optimisation combinatoire. Il s’intéresse aux applications de l’optimisation convexe en sciences de l’ingénieur (finance et mécanique) et dans d’autres disciplines telles que la statistique et l’automatique ; il a des collaborations industrielles avec EDF et avec une PME en ingénierie financière (RaisePartner).

JM a effectué son travail de thèse sous la direction de C. Lemaréchal à l’Inrialpes, puis a effectué un postdoc à l’ORIE (Operations Research and Information Engineering School) de Cornell University, avant d’entrer au CNRS en octobre 2006. JM est marié et père d’un enfant. Pour plus d’information, consulter [bipop.inrialpes.fr/people/malick](http://bipop.inrialpes.fr/people/malick).

Félicitations à Jérôme.

Communiqué par JBHU

### LES THÈSES : ÉVOLUTIONS PRÉVISIBLES, INÉVITABLES, OU SOUHAITÉES.

Des concours de circonstances récents ont fait que, dans un intervalle de neuf mois, j’ai participé à des jurys de thèses dans trois pays différents : au sud de l’Europe (en Espagne), au nord de l’Europe (en Finlande), en Asie (à Hong-Kong). Bien que connaissant en gros comment se passent la préparation et la soutenance finale d’une thèse de doctorat dans la plupart des pays industrialisés, ces soutenances rapprochées m’ont permis de faire des comparaisons, entre elles et/ou avec ce qui se fait en France.

- Tout d’abord, la thèse (ou PhD selon sa terminologie internationale) est un diplôme bien répertorié, “docteur” étant le grade le plus élevé décerné par les universités et bien mis en évidence par elles.

- Les soutenances, quand il y en a (ce qui est le plus fréquent) obéissent à des rites et un cérémonial parfois curieux mais bien ancrés localement : il y a un *opponent* ou pas ; la soutenance est publique ou pas ; le (ou les) superviseur(s) participent au jury ou pas... un habit peut être imposé au candidat ou aux membres du jury, un rituel de repas ou réception peut être imposé, la famille est présente ou au contraire exclue ; bref les coutumes sont diverses et variées mais toujours empreintes d’une certaine solennité.

- La thèse est valorisée lors de la recherche d’emploi du nouveau docteur, lequel premier emploi n’est pas nécessairement lié au domaine scientifique de la thèse.

- La forme du contenu peut différer (je ne parle que des mathématiques), avec parfois une insistance sur l’entrée progressive dans le sujet ; par exemple, le premier chapitre est du niveau Master 2, voire Master 1. Les formateurs et superviseurs que nous sommes savons ce qui est exigé d’un travail conduisant à une thèse de doctorat. Il me semble cependant observer une dérive : le tapuscrit final est quelquefois une suite de contributions, pas toutes

## VIE DE LA COMMUNAUTÉ

consistantes, marquant la progression des résultats, avec quelques redites... En clair, dès qu'un résultat est obtenu, il est publié... cela donne ce qu'on appelle parfois du *salami publishing*, ou bien des publications en crotte de brebis (pour ceux qui savent comment c'est fait).

Et en France, me direz-vous ?

- Le contenu de la thèse doit donner lieu à une publication consistante (même si celle-ci n'est pas encore parue au moment de l'évaluation) ; je pense qu'il est raisonnable et sensé de s'en tenir à cela, et c'est de fait le critère que retiennent les sections du CNU en mathématiques, pour la partie recherche, pour "qualifier" un candidat (qualification Maître de conférences)<sup>2</sup>.

- Quelques universités, Paris VI entre autres, ont souhaité marquer davantage l'obtention de la thèse en organisant une manifestation publique annuelle de "remise des diplômes" comme cela se fait dans les écoles d'ingénieurs ou lors de la "graduation" dans les universités étrangères. Ca me semble une initiative intéressante et à étendre, j'avoue avoir essayé sans succès auprès de mon université.

- "La France est le pays qui accorde le plus d'importance aux diplômes... à l'exception du doctorat". Ce jugement lapidaire n'est pas de moi, mais extrait de [1] (article "Jeunes docteurs : la France peut mieux faire", pages 24-25). D'expérience, j'observe que les thésards CIFRE se placent très bien, à des postes de recherche-développement fort intéressants, pas forcément dans l'entreprise co-encadrante de leur thèse (ce qui n'a jamais été une donnée du problème). Pour les autres, cela peut être plus difficile : au fond, c'est le niveau de leur diplôme Bac + 5 qui leur est reconnu, et l'embauche peut se faire dans un secteur quelque peu éloigné du souhait du docteur. Bref, la lisibilité du système reste encore faible pour les recruteurs non académiques, contrairement à ce qui se passe dans d'autres pays. Je termine courtement en laissant à la réflexion du lecteur deux appréciations :

. L'une extraite de [3, §3.2.2], à propos des ingénieurs : "Le fait même d'avoir une thèse n'est pas du tout considéré comme valorisant pour leur métier en général, voire dévalorisant dans certains cas"

. L'autre tirée de [1, p.24], par la directrice de l'Association Bernard Grégory (créée en 1980 pour promouvoir les docteurs) : "Avec l'internationalisation de l'économie, le diplôme de référence est devenu le PhD, autrement dit en France le doctorat".

Références.

[1] L'Officiel de la Recherche et du Supérieur, numéro spécial (été 2008).

[2] 9400 jeunes ont soutenu une thèse en 2005, dont 39% en sciences. Deux tiers des docteurs (en moyenne) s'insèrent dans le secteur public.

[3] SMAI : Rapport de prospective sur les mathématiques appliquées et industrielles (novembre 2008). Disponible sur le site web de la SMAI.

**J.-B. HIRIART-URRUTY,**

**Institut de mathématiques**

**Université Paul Sabatier de Toulouse**

<sup>2</sup>Cela dépend bien sûr des sections du CNU et, surtout, des habitudes de publications dans les différentes disciplines (Mathématiques, Informatique, Mécanique, etc.).

**JEAN DELLA DORA NOUS A QUITTÉS...**

2 juin 2009 Jean Della Dora avait pris sa retraite à l’automne dernier, mais il restait très attaché à l’université et participait encore à des activités scientifiques et à la réflexion que mènent les établissements universitaires grenoblois sur leur restructuration.

Pur produit, au sens scientifique et universitaire, de la filiation grenobloise initiée par Jean Kuntzmann, il a été l’un des derniers élèves mais certainement le plus proche de Noël Gastinel. Sa contribution personnelle à l’évolution des mathématiques appliquées et à l’informatique grenobloise au cours des trente dernières années en porte témoignage.

Titulaire d’une licence de Mathématiques (« pures ») en 1967, puis d’un DEA de Mathématiques en théorie des nombres en 1968 sous la direction de Claude Chabauty, il choisit de s’orienter vers les mathématiques appliquées au côté de Noël Gastinel.

Nommé Assistant à l’université Joseph Fourier (alors dénommée Université Scientifique Technologique et Médicale de Grenoble - USTMG), il consacra sa première année à obtenir la Maîtrise de Mathématiques et Applications Fondamentales et à commencer son premier travail de recherche qui fut conclu en 1973 par une thèse de troisième cycle : « Sur quelques algorithmes de recherche de valeurs propres » dans laquelle, en particulier, les algorithmes étudiés étaient vus à travers l’analyse de certains sous-groupes de matrices.

Maître-Assistant à l’USTMG en 1975, il orienta son travail vers l’approximation des fonctions de variable complexe (Padé–Hermite, cadre hilbertien, . . .) qui aboutit à la soutenance d’une thèse de Doctorat d’État en 1980 dont le deuxième sujet, suggéré par Bernard Malgrange, portait sur les équations différentielles singulières dans le champ complexe.

Avant même sa soutenance, son intérêt pour l’étude de méthodes adaptées au calcul formel l’avait amené à co-diriger des thèses de troisième cycle. Par la suite, au cours de la quarantaine de directions de thèses, d’habilitations à diriger des recherches, il a pu poursuivre la transmission de sa culture mathématique très large, abordant des questions et des chapitres qui pouvaient paraître étrangers aux mathématiques appliquées de l’époque, mais lui permirent d’anticiper l’explosion des moyens de calcul que l’on connut par la suite. Cette culture, il l’a aussi acquise par son goût pour les livres : chacun l’ayant côtoyé se souviendra du plaisir manifesté par Jean lorsqu’on le croisait dans une bibliothèque scientifique ou une librairie de la ville, fouillant les ouvrages de mathématiques mais aussi de science-fiction et d’histoire des sciences. Cela fera de lui, tout au long de sa carrière et plus récemment, un défenseur inlassable des bibliothèques universitaires tant localement que nationalement.

En 1980, alors que Jean Kuntzmann quittait la direction du LA 7 (Laboratoire Associé n° 7 du CNRS), que le laboratoire IMAG naissait, Jean Della Dora prit la responsabilité de l’équipe d’analyse numérique : jusque là, les numériciens évitaient discrètement le contact avec les (grosses) machines de calcul (et ceci malgré les incitations incessantes de Noël Gastinel); mais, bénéficiant de l’apparition des premiers « ordinateurs personnels », Jean Della Dora sut d’une part permettre à l’équipe de disposer d’une machine IBM, puis de quelques Micral et d’autre part encourager les membres de l’équipe à se confronter aux

## VIE DE LA COMMUNAUTÉ

joies de la programmation. Il encourageait et participait aux groupes de travail interdisciplinaire qui se développaient à l'époque (théorie des automates et applications, contrôle et automatique, verres de spin et phénomènes critiques, ...).

Par ailleurs, les cycles de restructuration (déconcentration et reconcentration) des laboratoires, fédérations et autres pôles débutaient. Le premier cycle aboutit en 1983 au découpage du laboratoire IMAG en cinq laboratoires et à la création du laboratoire TIM3 à laquelle Jean Della Dora prit toute sa part : réunir des équipes d'architecture de circuits, de sûreté de fonctionnement, d'analyses d'images biologiques et médicales, d'analyse numérique, de probabilité et statistique fut sa grande œuvre initiale. Bien qu'encore Maître-Assistant à l'USTMG (jusqu'en 1985 date à laquelle il devint Professeur à l'INPG), la direction du laboratoire TIM3 lui incombait de façon évidente.

Dans le contexte favorable d'une politique volontariste au bénéfice des universités et de la décentralisation, Jean Della Dora sut apporter à chacun des membres du laboratoire tout le soutien (recherche de financement, personnel, conditions de travail) nécessaire au développement de leur projet (quand il n'en n'était pas lui-même l'inspirateur) : machine parallèle (Michel Cosnard), informatique médicale et modélisation en médecine (Jacques Demongeot), ... Un peu comme l'avait été Noël Gastinel (qui nous quitta en septembre 1984), Jean se voulait modestement (trop, parfois) générateur d'idées, cherchant toujours à faciliter la réalisation des projets, sans compter ni son temps, ni son énergie, mais avec enthousiasme et humeur joyeuse.

Les réunions au sein du laboratoire étaient vivantes, parfois rugueuses, parce que à contenu scientifique, fondées sur le développement des projets et Jean n'était que peu concerné par les aspects de gestion administrative bien que respectueux et attentif aux personnes qui en avaient la charge. Cette activité a permis, lors de la nouvelle déconcentration de 1989, l'éclatement du laboratoire TIM3 en Laboratoire de Modélisation et Calcul (LMC), laboratoire TIMC et le laboratoire d'informatique de l'ENS de Lyon.

Jean Della Dora a quitté la direction du laboratoire en 1991 mais, jusqu'à la fin de sa carrière, et tout en étant présent et très actif au sein de son équipe de recherche, a continué son rôle d'animation scientifique au sein de la Fédération IMAG en différentes périodes, au Centre Inter-Universitaire de Grenoble (1991–1996) ou au sein des conseils d'administration de l'ENSIMAG et de l'INPG, privilégiant le rôle des échanges, la conviction en la liberté du chercheur plutôt qu'une vision étroite du directeur ou du responsable scientifique.

Dès 1980, Jean Della Dora s'est intéressé au Calcul Formel et a participé à son développement à Grenoble, en France (GRECO de Calcul Formel) et au niveau international (CATHODE, CADE). Plusieurs domaines ont été étudiés : arithmétique des nombres algébriques, algèbre linéaire, équations différentielles linéaires et non-linéaires, équations aux différences, équations algébriques. Il a exploré aussi le calcul formel parallèle et fait créer par ses étudiants le premier système de calcul formel (PAC) tournant sur une machine parallèle.

---

## VIE DE LA COMMUNAUTÉ

Dès le début, ces recherches se sont faites en collaboration avec l’ULP (Jean-Pierre Ramis) et l’ULB (Léon Brenig), puis cette collaboration s’est très vite élargie au niveau international : création du projet européen CATHODE (deux « working groups ») et une collaboration avec les USA (projet CADE) et avec le Canada (Stephen Watt). Jean a eu un rôle majeur dans la communauté Calcul Formel et Équations Différentielles. Il a été très novateur dans les directions de recherche, et précurseur dans sa compréhension et sa vision de l’outil « calcul formel ».

Trait d’union entre ses travaux en algèbre linéaire exacte et ses intérêts pour le calcul, sa curiosité légendaire lui a permis de lancer très tôt les recherches sur la complexité et les modèles de calcul parallèles, à l’origine de l’équipe, puis du laboratoire Informatique et Distribution.

Toujours attentif au développement de sujets aux interfaces entre mathématiques et informatique, Jean Della Dora s’est naturellement investi dans le domaine des systèmes dynamiques hybrides, y voyant une opportunité pour le développement de nouveaux algorithmes de calcul à mi-chemin entre symbolique et numérique, et, en précurseur, un cadre de modélisation à même de nous aider à comprendre les mécanismes de la régulation génétique. Dernièrement, Jean Della Dora se passionnait pour les réseaux de systèmes dynamiques évolutifs et suivait de très près les travaux en cours au sein de l’équipe CASYS.

Jean Della Dora a participé à nombre d’enseignements, de tout niveau, touchant au cours de sa carrière à tous les thèmes de l’analyse numérique, du calcul algébrique et formel et équations différentielles (dans le champ complexe, dynamique, hybride). Il a conçu des enseignements pour ingénieurs introduisant les outils algébriques dont on connaît aujourd’hui l’intérêt non seulement pour le calcul formel mais aussi pour la cryptographie. D’ailleurs, il a mis très tôt cette expérience à disposition des enseignants des classes préparatoires, de ses collègues enseignants dans les écoles d’ingénieurs et au sein d’une commission de modification des programmes de l’agrégation.

Plus récemment, il s’est investi dans l’enseignement des mathématiques aux jeunes en difficulté dans le cadre d’une association, ce qui l’a conduit à de nouvelles interrogations pédagogiques.

Son audace dans la remise en question, sa faculté d’innover, sa large culture scientifique, et sa passion de la recherche ont donné lieu à de grandes avancées dans les domaines qu’il a étudiés. Jean Della Dora a su communiquer cette passion à tant de jeunes chercheurs et il a su les lancer sur des voies souvent originales et novatrices.

On le comprendra, dans l’histoire des mathématiques appliquées et de l’informatique à Grenoble, Jean Della Dora aura la place originale qui revient aux créateurs et aux initiateurs, sans oublier l’enthousiasme et l’humour.

Par

*Ses collègues et amis du LJK*

## Mathématiques et société, ce qui est en train de changer

par Véronique Chauveau<sup>1</sup>, Marie-Françoise Roy<sup>2</sup>

Article déjà publié dans la Gazette de la SMF - numéro 121 (Juillet 2009), p. 95-100.

Dans le cadre de la préparation de MATHS A VENIR 2009<sup>3</sup>, un atelier consacré à la thématique « Mathématiques et Société » a eu lieu à Rennes les 21 et 22 avril 2009. L’atelier a regroupé 35 participantes et participants. Des discussions ont eu lieu sur les thèmes suivants : « Mathématiques pour tous », « Les métiers des mathématiques », « Mathématiques et grand public » et « Mathématiques et société, ce qui est en train de changer ».

Les organisatrices de l’atelier avaient proposé de réfléchir aux questions suivantes :

- Quelles mathématiques enseigner et pour qui ?
- Quels sont les métiers des mathématiques qui n’existaient pas il y a 20 ans ?
- À quoi servent les mathématiques apprises dans les études pour les autres métiers ?
- Quels sont les acteurs de la dissémination mathématique dans le grand public ?
- Comment mettre en évidence pour tout citoyen que les mathématiques font partie de la culture ?
- Les mathématiciens ont-ils de nouvelles responsabilités sociales ? Si oui, lesquelles ? Comment les assumer ?
- Quelle est la place des mathématiciennes dans la communauté ?
- Mathématiques et discriminations. Les renforcent-elles ? Aident-elles à en sortir ?

L’atelier a permis de dégager deux thèmes de tables rondes pour le colloque de la Maison de la Mutualité les 1<sup>er</sup> et 2 décembre, dont les titres provisoires sont les suivants : « Quelle(s) formation(s) pour quelle(s) société(s) ? » et « Professionnel(le)s des mathématiques et société civile : comment développer la compréhension mutuelle ? »

Plutôt que de chercher à résumer pour la *Gazette* tout ce qui s’est dit à Rennes, nous avons préféré nous concentrer sur un des thèmes abordés, en donnant la parole à trois des intervenants dans la discussion.

**René Padieu**, s’est déclaré perplexe, par rapport à l’exercice proposé.

En mathématique, on m’a appris à traiter le problème en lisant l’énoncé : le titre de la table ronde en préparation est « mathématiques et société ». Or, autour de la table ici, nous sommes tous des matheux : des professionnels des mathématiques pour l’essentiel mais de toute façon, tous, avec une formation plus ou moins importante en mathématiques. La partie « mathématiques » est donc largement représentée. Mais où est la « société » ici ? Qui est le porte-parole de la société ? Nous ne tenons qu’un des deux termes du titre !

Les mathématiques sont dans la société. Elles peuvent être une richesse de dialogue : M.-J. Durand-Richard rapporte l’opinion qu’elles permettraient la construction d’interfaces. Il

<sup>1</sup>Vice-présidente de *femmes et mathématiques*.

<sup>2</sup>IRMAR, Université Rennes I.

<sup>3</sup>Voir <http://www.maths-a-venir.org>

## Mathématiques et société, ce qui est en train de changer

ne s’agit plus seulement de l’interface entre maths et société, mais entre les divers acteurs de la société, les mathématiques étant là l’auxiliaire de cette construction. Or, les construire pour des acteurs sociaux suppose qu’ils soient associés à la construction : donc en particulier représentés dans le cadre de la réflexion de MATHS A VENIR 2009 !

Par exemple, j’ai eu à livrer des statistiques à des acteurs sociaux pour servir dans une négociation entre eux. J’étais dans une posture de « sachant » face à des syndicalistes ou des politiques « ignorants » qui ne comprenaient pas ce qu’est une moyenne ou un indice d’évolution ! Il ne s’agissait pas de leur fournir « ma » science, mais un outil pour « leur » dialogue.

Et là, même, les deux termes de fournisseurs et consommateurs conviennent-ils : fournisseurs de maths pour des consommateurs dans la société ? Car, celui qui « applique » les mathématiques est souvent, à l’inverse, fournisseur de concepts que le mathématicien développera (C’est ainsi que Heaviside, ingénieur, et Dirac, physicien, ont inventé la première des distributions, qu’ensuite L. Schwartz a théorisées et enseignées).

Donc, je suis dans ce manque et cette perplexité : comment allons-nous pouvoir donner la parole à cet autre interlocuteur qu’est la société ?

**Pour Catherine Goldstein**, quand nous parlons de « mathématiques et société », nous avons tendance à penser en termes de « nous » et « eux », la société est assimilée au grand public indifférencié des médias, et les discussions se restreignent vite aux problèmes d’enseignement, principalement ceux de formation initiale, ou aux problèmes de diffusion des mathématiques. Les intermédiaires à convaincre et à former sont toujours les mêmes, enseignants, journalistes. Même dans un cadre de distraction pure, comme les conférences de l’Espace des sciences de Rennes ou de la Bibliothèque François Mitterrand, où le public est volontaire et assez ciblé dans sa formation, il y a bien sûr déjà fort à faire pour dépasser l’effet à très court terme d’un simple spectacle. Mais les modes d’interaction entre mathématiques et société sont en réalité bien plus variés, de l’utilisation plus ou moins contrôlée de métaphores mathématiques pour décrire des phénomènes sociaux à l’expertise spécifique des mathématiciens dans des questions contemporaines, en passant par l’identification des besoins éventuels en mathématiques de professionnels multiples (ingénieurs, techniciens, artistes,...) et des canaux de leur information, par la vision des mathématiques véhiculée dans des films ou des séries populaires, etc. Nous-mêmes sommes, toutes et tous, membres de la société de plusieurs façons et lors des discussions de l’atelier, nous avons endossé à l’occasion des casquettes distinctes. Il conviendrait donc de faire la liste des lieux où on peut trouver des mathématiques, identifier les acteurs et les médiateurs dans chacun d’entre eux.

Faute de cette propédeutique, les questions que nous sommes tentés de nous poser en première instance semblent toujours les mêmes, et les solutions également. à cet égard, ce qui m’a frappée dans nos premières discussions est d’abord ce qui n’a pas (assez) changé depuis Maths à venir 1987. Regardons la plaquette « quels mathématiciens pour l’an 2000 ? » (disponible sur le site web de MaV 2009) élaborée dans la foulée du congrès de 1987 et distribuée alors à plusieurs milliers de responsables politiques, économiques, scientifiques. Nous y avons présenté l’importance des mathématiques dans la société à partir d’objets quotidiens, concrets, où intervenaient des mathématiques, nous avons

## Mathématiques et société, ce qui est en train de changer

évoqué la recherche en mathématiques en insistant sur la nécessité de son développement sur le long terme et des interactions fructueuses entre mathématiques théoriques et appliquées, nous avons posé déjà les questions du renouvellement des formations et des recrutements, des vocations (en particulier celles des filles), de la désaffection des études scientifiques, de la dissociation entre une image éventuellement positive de la discipline et l’engagement professionnel dans les métiers des mathématiques. Et de nombreuses suggestions avaient déjà été faites pour améliorer l’image des maths, depuis la mise en valeur de ses dimensions ludique ou historique, jusqu’aux conférences sur des mathématiques récentes, l’animation de stages pour les enseignants, etc. Il me semble donc que nous avons, ou devrions avoir, suffisamment d’acquis sur ces questions, pour en tirer profit, c’est-à-dire en particulier bénéficier d’évaluations sur les effets (bénéfiques ou non) de ces propositions. Le succès des actions ne devrait pas être mesuré seulement en nombre de personnes atteintes, les relations entre mathématiques et société devraient aussi pouvoir être examinées sur le moyen terme, au moins.

D’autres difficultés matérielles sont aussi restées les mêmes, par exemple, celles d’obtenir des données fiables et complètes sur les formations, les orientations des élèves, le rôle des parents, etc. L’enquête « Cinquante Lycées » en 1987 avait fourni des données très précieuses sur l’effet néfaste d’une seconde indifférenciée, le peu de relations entre de bons résultats en mathématiques et une orientation professionnelle en maths, et bien d’autres informations surprenantes. Les enquêtes internationales récentes, comme PISA toujours citée, sont bien plus superficielles, et les interprétations sociologiques souvent hâtives qui en sont faites bien plus sujettes à caution.

Parlons quand même de ce qui a changé.

Jean-François Méla a déjà indiqué certains de ces changements dans des articles antérieurs.

J’en évoque brièvement quelques-uns :

- La nature des applications et donc des interactions sociétales : biologie, banques, etc. impliquent de nouvelles relations avec de nouveaux acteurs et médiateurs, de nouveaux problèmes éthiques ou économiques pour les mathématiciens.
- L’image générale des mathématiques : il y a 20 ans, l’image était celle héritée des années 1960, époque d’un énorme recrutement, les mathématiques étaient considérées par les responsables politiques comme une matière vieille et poussiéreuse, et assimilées aux seules maths pures. Il y avait alors un grand enjeu à les convaincre que les mathématiques étaient diversifiées, applicables et appliquées, et aussi à souligner les passages, tant au niveau des concepts que des personnes, entre les différentes parties des mathématiques. Les problèmes actuels semblent différents : ils sont à la fois de repérer les mathématiques (et les mathématiciens) hors des lieux traditionnels d’exercice, pour mieux intégrer les différentes composantes des maths, et aussi, de remettre en évidence les problèmes propres aux développements les plus théoriques, dont les échelles de temps en particulier ne sont pas nécessairement les mêmes. Un autre problème est que les changements de représentation des mathématiques dans la génération des 30-35 ans n’ont peut-être pas atteint également d’autres groupes, enseignants, formateurs, journalistes.
- Les échelles d’analyse et d’action : nous discutons il y a vingt ans des niveaux locaux, régionaux et nationaux. La dimension internationale est maintenant standard. Comment la prendre en compte de manière utile ne va pas de soi (les comparaisons purement

---

## Mathématiques et société, ce qui est en train de changer

---

disciplinaires de certaines enquêtes internationales ne prennent pas assez en compte les facteurs sociaux encore très différents des pays observés), et en particulier comment transférer de manière efficace des idées ou des informations, d'un pays à l'autre, d'une discipline à l'autre, d'une échelle à l'autre.

Quant à ce qui est en train de changer :

Même s'il est difficile de faire des propositions au moment de transformations importantes, il semble important de prendre mieux la mesure de certaines d'entre elles dès maintenant.

- Les nouveaux modes de management et d'évaluation de la recherche.

Une partie importante commence à échapper aux mathématiciens eux-mêmes, ce qui signifie d'autres cultures, d'autres valeurs et d'autres connaissances de base, avec lesquelles il est nécessaire d'interagir. Par exemple, il est arrivé qu'apparaissent dans des comptes rendus sur des projets d'ANR des questions comme « êtes-vous ou non en position de leadership dans ce domaine ? » être « leader » n'est d'ailleurs pas forcément la meilleure réponse, car une stratégie de leadership systématique peut être très coûteuse. Des problèmes similaires se posent à propos des indicateurs bibliométriques utilisés couramment dans d'autres domaines et qui (malgré de nombreux rapports très négatifs) commencent à intervenir en mathématiques, à l'échelle internationale ; ou encore à propos de la concurrence (entre les formations) comme mode relationnel. Même si une partie importante des mathématiciens semble hostile à ces changements, je ne suis pas sûre qu'un simple refus puisse suffire, s'il n'est pas fondé sur une meilleure connaissance des disciplines (gestion, bibliométrie, etc.) qui les produisent en partie.

- Le rapport du court, du moyen ou du long terme.

La préservation de toutes ces échelles pour la formation en mathématiques semble cruciale. Le succès de certaines branches, qui est un moteur pour le renouvellement du domaine et un facteur de visibilité, ne doit pas nuire à un « développement durable »... Ce problème d'échelle du temps de développement ne se pose pas de la même façon pour toutes les disciplines et il semble important de disposer d'un bon argumentaire sur ce point.

Et une question « entre nous » pour finir : à quel point sommes-nous vraiment fragiles ? Peut-on vraiment envisager une société développée sans recherche mathématique avancée ? Quel est l'effet réel de la suppression des mathématiques dans une formation ? Des exemples récents (voir le rapport sur l'Australie) suggèrent que la vigilance est nécessaire. Il importerait donc de souligner les liens multiples entre mathématiques et sociétés, mais aussi de pouvoir expliquer l'intérêt social de maintenir une recherche hors des besoins dits « sociétaux » immédiats.

**Marie-José Durand-Richard** se fait l'écho des journées d'études organisées en mars dernier par le groupe *M2Real* à Lyon sur le thème : « Les mathématiques dans la société, leur rôle et leur place dans la formation et la pratique de l'ingénieur ».

M2REAL (les mathématiques du monde réel) est une association créée en 2007 à partir d'un projet de recherche sur les « Mathématiques pour l'Ingénieur » piloté par l'INSA de Lyon en partenariat avec des pays d'Amérique latine (Mexique, Argentine, Brésil, Venezuela...). L'initiative en revient à des enseignants de la filière *Amerinsa*, alertés par la dispa-

---

## Mathématiques et société, ce qui est en train de changer

---

rité entre les différents types de difficultés éprouvées par les étudiants selon leur origine géographique et culturelle.

Le thème des journées s’est avéré plus vaste que le titre peut le laisser supposer. La question centrale a d’abord été de comprendre le hiatus trop souvent constaté entre la perception des mathématiques par les enseignants ou l’institution, et par les élèves ou les étudiants : un savoir libérateur pour les uns, mais figé, voire autoritaire pour les autres. La question récurrente : « à quoi ça sert les mathématiques ? » est significative de la difficulté des apprenants à appréhender la façon dont les mathématiques sont investies dans la société technicienne qui est pourtant la leur. Ce questionnement n’est cependant pas impertinence. Il s’inscrit dans une « quête de sens » caractéristique de l’humain, une recherche historiquement récurrente de son propre mode d’inscription dans la société et dans le monde.

Cette dichotomie constatée entre la représentation que l’apprenant et l’enseignant se font des mathématiques est encore plus prégnante lorsque l’enseignement est centré sur les technicités opératoires, notamment en algèbre, où la coupure entre calcul et signification est constamment réaffirmée. La représentation des mathématiques comme manifestation d’ordre et d’automatisme s’en trouve renforcée.

Or, les interventions de ces journées ont d’abord montré que cette coupure entre calculabilité et signification est le fruit d’une histoire enracinée dans une représentation des connaissances bien antérieures à Bourbaki. Elle s’articule sur une conception du langage très clairement exprimée au 17<sup>e</sup> siècle par Descartes, et longuement réaffirmée depuis, selon laquelle il y aurait d’un côté une grammaire – la logique du calcul en mathématiques –, de l’autre un dictionnaire – donnant la signification –. Sous-jacente à cette affirmation de Descartes, on peut lire l’aspiration du philosophe à purifier à la fois cette grammaire et ce dictionnaire des « corruptions de l’usage » pour parvenir à un langage « parfait », et de ce fait, transparent au monde. La supériorité supposée d’une certaine mathématique n’est pas loin, qui s’affirme comme « pure » et regarde avec quelque condescendance toute forme de mathématiques faisant intervenir leur « usage ».

Il est aujourd’hui possible, voire urgent, de se référer à des conceptions renouvelées du langage, envisagé comme représentation de notre expérience sur le monde, renégociant en permanence – mais à long terme – les interactions entre ses acteurs. Les conceptions du langage inspirées de la pragmatique permettent par exemple de considérer la polysémie, non plus comme une « corruption de l’usage », mais comme une richesse du langage permettant à différents contextes de coexister. L’unicité de signification relève alors du contexte spécifique dans lequel il est socialement construit, et qu’il serait fallacieux d’évacuer. Les transferts conceptuels manifestent aussi des transferts de signification qui ne sauraient être négligés, y compris d’un point de vue internaliste, comme dans le cas où la relation d’égalité devient d’équivalence, d’équipollence, d’isomorphisme. Ce problème de la signification va donc bien au delà de l’introduction du ludique dans l’activité mathématique.

L’unité de ces journées réside fondamentalement dans l’idée que l’enseignement des mathématiques ne peut faire l’économie de cette diversité des significations lorsque se rencontrent l’élève, le professeur, et au delà les institutions qui sont derrière eux, la famille

---

## Mathématiques et société, ce qui est en train de changer

pour l’un, l’école et l’université pour l’autre, avec la représentation du statut social des mathématiques qu’elles véhiculent. Il ne s’agit pas de substituer cette perspective sociologique à l’enseignement des mathématiques, mais de l’intégrer dans la pratique collective des mathématiques en classe, en soumettant déjà à un examen critique les manuels, les programmes, et la représentation du statut social des mathématiques et de la fonction d’ingénieur. Une conception plus constructiviste des mathématiques pourra ainsi être investie, les situant comme élaboration d’interfaces pluridisciplinaires, formant un langage commun qu’il ne s’agirait pas de confondre avec une idéologie normative.

Les enquêtes et les expériences présentées au cours de ces journées ont manifesté le souci de prendre en compte la démarche cognitive des élèves en partant de leurs propres pratiques, et d’éclairer le processus de formalisation à partir de situations spécifiques. Cette perspective place l’élève au centre d’un processus d’apprentissage collaboratif, où le professeur préfère accompagner plutôt qu’imposer, et où l’ordinateur joue le rôle de compagnon intellectuel, plutôt que d’un recours pour éviter de penser. Des chercheurs en sciences de l’éducation au Venezuela et au Mexique, qui travaillent sur l’articulation de l’enseignement secondaire et universitaire, se réfèrent ainsi à l’approche contextuelle que Patricia Camarena Gallardo développe depuis 1982 dans *La matemática en el Contexto de las Ciencias*, et dont on peut trouver de nombreuses références en ligne.

Ce qui est perçu comme universel apparaît ici comme ce qui fait consensus à un moment donné, une forme de rationalisation possiblement échangeable entre différents acteurs, pour autant que son utilisation fasse sens pour eux. Cette perspective permet de continuer à interroger la validité de ces formalisations dans leurs interventions en situation, c’est-à-dire d’interroger les conditions de stabilité et de rupture de ces interprétations partagées. Elle est également constitutive de lien social, et participe, dans les présentations qui en ont été faites, d’une recherche de démocratisation de l’enseignement des mathématiques.

Par ailleurs, la relation « mathématiques et société » a fait également apparaître des domaines nouveaux comme la cryptologie ou l’industrie pharmaceutique, qui installent des relations nouvelles entre mathématiciens et ingénieurs, qui supposent ou demandent un changement de culture susceptible d’interrogations. Il semble en effet porteur de deux dangers potentiels, l’un intellectuel, l’autre socioculturel. Pour le premier, les difficultés d’une modélisation à tout prix, auxquels l’ingénieur est souvent soumis, témoignent de la nécessité de maintenir l’exigence d’une recherche fondamentale en mathématiques, en renonçant peut-être à les considérer comme « pures ». Pour le second, il conviendrait que la prise en compte du contexte ne conduise pas à s’enfermer dans une stricte technicité au service de l’entreprise. Poser la question du lieu des savoirs, et des conditions de leur échangeabilité, doit permettre de réfléchir sur les conditions de la démocratisation des connaissances, et non de leur réification.

## Populariser les mathématiques ! Pourquoi, comment ?

par Jean-Baptiste Hiriart-Urruty

C'est quasiment sous le même titre qu'est parue la note d'Elise Janvresse dans le MATAPLI n°88 (Février 2009) ; je choisis ici le terme " populariser " plutôt que " vulgariser ", même si nous parlons des mêmes choses. A vrai dire, je souscris à tout ce qui a été écrit par Janvresse sur " quoi populariser " et " comment populariser " en mathématiques. Ayant un peu d'expérience sur le sujet, j'ajoute à mon tour, dans la présente note, quelques observations et recommandations pour populariser les mathématiques.

- " *Aller proposer des choses et voir les gens là où ils sont* ". Il ne faut pas s'attendre à ce que les mathématiciens soient demandés dans les maisons de la culture, médiathèques, universités du temps libre,... avec la même force que les historiens de l'art (par exemple) ou les auteurs de livres de cuisine (autre exemple)... Vous avez noté que les sujets scientifiques qui reviennent de manière récurrente quand il s'agit de popularisation sont ceux liés aux sciences de l'univers (astrophysique,...) ou à celles du vivant (biologie,...). Première recommandation donc : *proposer* des exposés sans attendre qu'on vienne vous chercher. Cet été, au mois d'août, j'ai proposé une conférence à la médiathèque de Biarritz sur les mathématiques et l'informatique se cachant derrière les sudokus ([1]) ; " malgré " le beau temps et la proximité de la grande plage, plus de soixante personnes, de tous âges, se sont déplacées pour écouter la conférence. Ils sont, de plus, tous partis, avec un texte écrit que j'avais pris soin de dupliquer.

- Pas d'illusion au préalable, " *on joue à l'extérieur* ". Je m'explique : De même qu'une équipe de football qui va jouer sur le terrain de son adversaire s'attend à un accueil froid, l'accueil des mathématiciens et des mathématiques n'est pas des plus enthousiastes... Il faut être bon, au-dessus de la moyenne, pour susciter l'intérêt et " se faire applaudir " (comme l'équipe de football qui, si elle déploie de belles actions, finira par se faire applaudir, même à l'extérieur). Il y a toujours de la concurrence ; cette année, il est clair qu'il fallait se faufiler entre les conférences sur C. Darwin et celles faites à l'occasion de l'année mondiale de l'astronomie.

- " *Il faut tout faire... soi-même* ", c'est-à-dire diffuser le résumé de son intervention auprès des médias locaux, informer le journaliste localier, etc. Dans l'exemple de Biarritz cité au-dessus, j'ai été interviewé (à sa demande) par un journaliste local pendant une demi-heure. J'étais content car j'avais réussi à ce qu'on discute de la désaffection des jeunes pour les études scientifiques, de l'utilisation des mathématiques dans les technologies modernes, et même du prochain congrès " mathématiques à venir " de décembre à Paris... Patatras,

## Populariser les mathématiques ! Pourquoi, comment ?

---

lorsque l'article est paru le lendemain, tout cela avait disparu... il ne restait qu'un simple résumé de la conférence, que le journaliste possédait déjà... Je retiens néanmoins de cette interview la question que le journaliste m'a posée par trois fois : "*Et vous faites ça gratuitement ?*".

- "*Varié les plaisirs*". Il y a des publics variés et très différents : les lycéens (souvent fort curieux et intéressés), les retraités, les abonnés d'un centre culturel... Les TIPE en classes préparatoires aux écoles scientifiques sont par exemple une excellente occasion de s'adresser à un public aux connaissances solides et d'autant plus intéressé que les TIPE sont évalués aux concours.

- "*Assurer le suivi ou le service après-vente*". Ceci est peut-être la chose la plus ennuyeuse à gérer. Après votre conférence (où vous avez laissé imprudemment votre adresse électronique), vous êtes sollicité pour donner un avis sur "la résolution de la conjecture de Goldbach en trois pages", une "nouvelle théorie de l'intégration", etc. A cet égard, les ingénieurs retraités sont les plus redoutables... Je me contente de les diriger vers des centres d'information à proximité de ces personnes (bibliothèques de mathématiques, collègues plus spécialisés, etc.)

- "*Regarder ce qui se fait ailleurs et comment c'est fait*". La popularisation des mathématiques a fait l'objet de débats solides à l'*International Congress of Mathematicians* de Madrid fin août 2006, il en sera sans doute de même à Hyderabad en août 2010. J'y ai noté que certaines communautés de mathématiciens ont réussi des choses extraordinaires ; par exemple, en Angleterre, au moins un collègue (M. Du Sautoy) a une décharge totale d'enseignement (fournie par sa tutelle), "*pour parler des mathématiques à la société*"... et faire d'excellentes émissions à la BBC. Nous n'en sommes pas là en France, mais ça pourrait être aussi utile que certaines (autres) décharges... Les actions "Maths en jeans", "Semaine de la science", associations scientifiques de types divers et variés, sont intéressantes et bien visibles, mais on y retrouve toujours les mêmes collègues... Elles devraient être rémunérées ou prises en compte pour des décharges de service statutaire (d'enseignant-chercheur) en heures EQTD (ou primes dont je me charge de trouver le sigle idoine...). Poursuivons avec l'exemple de Du Sautoy, car nous avons revu ce collègue à Beaumont-de-Lomagne en avril 2008, lors de l'annuelle "Fête à Fermat" ([2]). Il nous avait averti de sa venue mais c'est en fait une armada de la BBC qui a débarqué : camions, preneurs de sons, assistants<sup>1</sup>... Autres pays,

---

<sup>1</sup>Cela dit, les mathématiques menant à tout, la première chose qu'il voulut savoir fut : était-il de la même famille que le joueur international de rugby toulousain T. Dusautoir ? L'émission à la BBC qui a intégré cette visite à Beaumont-de-Lomagne est "*The story of maths, Ep 3 : the frontiers of space*", automne 2008.

---

## Populariser les mathématiques ! Pourquoi, comment ?

---

autres moeurs.

- " *L'oral et l'écrit* ". A défaut de faire des conférences, on peut aussi écrire des articles. Et là, reconnaissons que de grands progrès ont été réalisés en France lors des trente dernières années. Des revues comme *Tangente* et *Quadrature*, ou même *La Revue de la filière mathématique* (ex-*Revue de Mathématiques Spéciales*) sont demandeuses d'écrits de qualité sur les mathématiques.

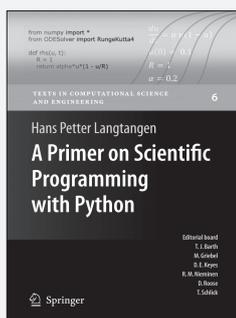
- " *Que chacun fasse comme il le sent* ". La perception de l'intérêt d'une popularisation des mathématiques et de la manière d'y procéder dépendent de ses goûts et aptitudes, et certainement aussi de son histoire et parcours personnels. Qu'elle ne soit pas reconnue et soutenue, peu importe, allez-y, en particulier vous les jeunes, vous en retirerez une gratification pour vous-même.

**J.-B. HIRIART-URRUTY**  
**Institut de mathématiques**  
**Université Paul Sabatier de Toulouse.**

1. " Y a-t-il des mathématiques et de l'informatique derrière les grilles de sudokus ? ". A présent publié dans la revue *Quadrature*, n°73 (juillet-septembre 2009).

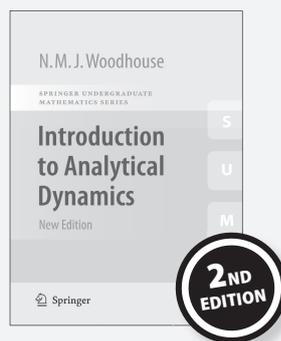
2. Site de l'association Fermat-Lomagne : <http://www.fermat-lomagne.fr/>

## Highlights in Springer's eBook Collection



The book serves as a first introduction to computer programming of scientific applications, using the high-level Python language. The exposition is example- and problem-oriented, where the applications are taken from mathematics, numerical calculus, statistics, physics, biology, and finance.

2009. XXVII, 693 p. (Texts in Computational Science and Engineering, Volume 6) Hardcover  
ISBN 978-3-642-02474-0 ► € 44,95 | £39.99



This is a revised edition of a text on classical mechanics published twenty years ago. The presentation has been simplified, and feedback has been incorporated into the text, thus greatly improving the content and style, making it fresher and more compelling.

► Originally published by Oxford University Press

2nd ed. 2010. Approx. 260 p. 42 illus.  
(Springer Undergraduate Mathematics Series) Softcover  
ISBN 978-1-84882-815-5 ► € 39,95 | £22.95

### For access check with your librarian

#### Elementary Differential Geometry

A. Pressley

This revised and expanded second edition presents the main results in the differential geometry of curves and surfaces suitable for a first course on the subject. Prerequisites are minimized and the most direct and straightforward approach is used throughout.

2nd ed. 2010. Approx. 395 p. 179 illus.  
(Springer Undergraduate Mathematics Series) Softcover  
ISBN 978-1-84882-890-2 ► € 39,95 | £22.95

#### Geometry and Physics

J. Jost

This book gives an introduction to modern quantum field theory and related areas of theoretical high-energy physics from the perspective of Riemannian geometry, and an introduction to modern geometry as needed and utilized in modern physics.

2009. XIV, 217 p. 1 illus. in color. Hardcover  
ISBN 978-3-642-00540-4 ► € 49,95 | £44.99

**Easy Ways to Order for the Americas** ► **Write:** Springer Order Department, PO Box 2485, Secaucus, NJ 07096-2485, USA  
► **Call: (toll free) 1-800-SPRINGER** ► **Fax:** 1-201-348-4505 ► **Email:** orders-ny@springer.com or **for outside the Americas**  
► **Write:** Springer Customer Service Center GmbH, Haberstrasse 7, 69126 Heidelberg, Germany ► **Call:** +49 (0) 6221-345-4301  
► **Fax:** +49 (0) 6221-345-4229 ► **Email:** orders-hd-individuals@springer.com ► Prices are subject to change without notice.  
All prices are net prices.

014491x

## Jean B. Lasserre, Prix Lagrange 2009

par Jean-Baptiste Hiriart-Urruty

Le “MPS-SIAM Lagrange Prize in Continuous Optimization 2009” a été décerné à **Jean B. LASSERRE** (Directeur de recherche au LAAS (\*), Toulouse) pour ses contributions en optimisation continue, un exemple saillant en étant l’article : “*A sum of squares approximation of nonnegative polynomials*”, rubrique SIGEST de SIAM Review (SIREV), vol. 49, n°4 (Décembre 2007), pp. 651-669 ; adaptation (avec quelques commentaires additionnels) d’un article publié dans SIAM J on Optimization 16 (2006), pp. 751-765.

Bien que d’autres prix internationaux se réfèrent au même nom de Lagrange, celui-ci, soutenu conjointement par la Mathematical Programming Society (\*\*) et la Society for Industrial and Applied Mathematics (\*\*\*), est attribué tous les trois ans et concerne plus spécifiquement un article en optimisation continue (terme français pour *continuous optimization*). Le prix lui a été remis lors de la cérémonie d’ouverture de l’IMPS le 23 août à Chicago.

Le site web de Lasserre (<http://www.laas.fr/~lasserre/>) contient la liste complète de ses publications de recherche, ainsi des informations supplémentaires sur ses travaux. En page 649 de la publication de SIREV mentionnée au-dessus, un commentaire élogieux présente le travail, j’en cite simplement la première phrase : “*This paper is an excellent example of deep mathematical analysis, involving a range of mathematical techniques, which is having significant practical algorithmic and computational consequences*”. Il se trouve que cet article est le seul en optimisation continue, sélectionné selon les critères sévères de la rubrique SIGEST de SIREV, durant les trois dernières années. J’avoue avoir hésité dans le choix de l’article pour la nomination, une autre possibilité eût été : “*A semidefinite programming approach to the generalized problem of moments*”, Mathematical programming, Ser. B, 112 (2008), pp. 65-92, faisant suite à la conférence semi-plénière de l’IMPS à Rio de Janeiro en août 2006. J’ajoute que Lasserre a été conférencier plénier invité dans d’importants congrès d’optimisation ces dernières années. Last but (maybe) not least, l’approche de Lasserre a inspiré des travaux récents dans des domaines plus inattendus comme l’informatique ; en voici trois références de l’année passée (où la “hiérarchie de Lasserre” apparaît parfois dans le titre même des travaux)<sup>1</sup> :

E. Chlamtac and G. Singh, *Improved approximation guarantees through higher levels of SDP hierarchies*, in Approximation Randomization and Combinatorial Optimization problems, volume 5171 of LNCS, Springer (2008), pp. 49-62.

C. Schoenebeck, *Linear level Lasserre lower bounds for certain k-CSPs*, in 49-th Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science (2008), pp. 593-602.

<sup>1</sup>voir aussi : Jean-Bernard Lasserre, *Moments, Positive Polynomials and Their Applications*, Imperial College Press, London (2009), ISBN-10 : 1848164459 / ISBN-13 : 978-1848164451

M. Tulsiani, *CSP gaps and reductions in the Lasserre hierarchy*, Electronic Colloquium on Computational Complexity, Report 104 (2008).

Félicitations à Jean B. et bonne continuation.

Il faut espérer que ce prix encouragera des jeunes à se lancer dans ce domaine des mathématiques appliquées où la recherche est très active.

(\*) **LAAS** : Laboratoire d’Analyse et d’Architecture des Systèmes ; laboratoire propre du CNRS à Toulouse, créé en 1968.

(\*\*) La Mathematical Programming Society (**MPS**) est une grande société internationale de mathématiques appliquées, s’intéressant à tous les aspects de l’optimisation continue (plutôt en dimension finie) et de l’optimisation discrète ; elle est forte de près de 1000 membres. La MPS édite deux revues, *Mathematical Programming*, séries A et B, plus une troisième qui vient de démarrer, *Mathematical Programming Computation* (premier numéro en juillet 2009). Elle organise tous les trois ans, l’*International Mathematical Programming Symposium* (IMPS), alternativement aux Etats-Unis et ailleurs : les éditions les plus récentes ont été organisées à Copenhague (août 2003), Rio de Janeiro (août 2006) et Chicago (août 2009). Plus de mille contributions furent présentées dans cette dernière, la vingtième de la série, laquelle démarra en 1949, à Chicago précisément. Conjointement avec d’autres sociétés, comme la SIAM, la MPS décerne des prix tous les trois ans, à l’occasion de l’IMPS ; le plus prestigieux en est le Prix Dantzig (le seul lauréat français à ce jour est C. Lémarchal (Inria Rhône-Alpes), co-lauréat avec R. Wets (U. of Davis, California) en 1994 ; le lauréat de 2009 est G. Cornuéjols (Carnegie Mellon U., d’origine française)). Le Prix Lagrange évoqué dans cette note en est un autre exemple.

La MPS comporte une trentaine de membres en France.

(\*\*\*) La Society for Industrial and Applied mathematics (**SIAM**) est une vaste société savante multinationale, fondée dès les années 1950. Parmi ses multiples activités figure l’édition de quatorze revues dont SIAM Review (SIREV), la plus citée et diffusée des revues de mathématiques appliquées, et SIAM Journal on Optimization (SIOPT). *Mathematical Programming* et SIOPT font assurément partie des meilleures revues en optimisation. Dans des classements récents, de Times Higher Education (mars 2009), des journaux en mathématiques, sur la base de citations de papiers qui y sont publiés, sur une période longue de dix ans, on trouve : SIREV en 1er, SIOPT en 7ème, *Mathematical Programming* en 12ème. Un des derniers numéros de SIAM News (bulletin d’informations de la société, de juillet-août 2009) contient d’autres données intéressantes sur le nombre d’adhérents par pays, le groupes thématiques (une quinzaine), les facteurs d’impact des ses journaux sur les cinq dernières années, etc.

La SIAM a environ 11000 membres, dont une centaine en France. Récemment la SMAI a signé des accords de réciprocité avec cette société. Nous sommes une dizaine en France à être membres à la fois de MPS et de SIAM.

**J.-B. HIRIART-URRUTY,**

**Institut de mathématiques**

**Université Paul Sabatier de Toulouse**

## Prix Henri Poincaré : Cédric Villani

Cédric Villani, lauréat du prix Henri Poincaré 2009 (financé par la fondation Daniel Iagolnitzer), décerné au XVIème Congrès International de Physique Mathématique à Prague en août dernier, pour “ses travaux novateurs en théorie cinétique et en transport optimal appliqués aux systèmes physiques dissipatifs et à la géométrie riemannienne”.

*Par Clément Mouhot (CNRS & ÉNS, Paris).*

### Parcours de Cédric Villani

Villani a 36 ans, il est actuellement directeur de l’Institut Henri Poincaré (depuis juillet dernier), après avoir occupé le poste de professeur à l’ÉNS de Lyon durant 8 ans. Il est membre de l’IUF (junior) depuis 2006. Il a déjà reçu de nombreux prix parmi lesquelles le prix de la Société Mathématique Européenne. Il vient de recevoir le prix Henri Poincaré délivré lors du dernier Congrès International de Physique Mathématique.

Le prix Henri Poincaré est l’un des prix les plus prestigieux en physique mathématique. Il consacre ainsi une série de travaux impressionnants par leur quantité, leur qualité et leur diversité, effectués depuis le milieu des années 1990. Nous ne pouvons dans un court article tous les détailler, mais nous allons nous concentrer sur la description de quatre séries de travaux.

### De Ludwig Boltzmann à Lev Landau...

Les recherches de Villani ont pour point de départ les équations mathématiques de la théorie cinétique. Cette théorie décrit un système de particules en interaction par une équation aux dérivées partielles (non locale) sur la probabilité de densité de présence d’une “particule typique”, du type

$$\frac{\partial f}{\partial t} + v \cdot \nabla_x f = Q(f, f), \quad 0 \leq f = f(t, x, v), \quad x \in \Omega \subset \mathbb{R}^3, \quad v \in \mathbb{R}^3$$

où  $\Omega$  est un domaine et  $Q(f, f)$  est un opérateur intégro-différentiel en la variable de vitesse  $v$ , qui décrit de façon statistique le processus de collision.

Au moment où Villani démarre sa thèse (1994-1998) sous la direction de Pierre-Louis Lions, son directeur vient alors de recevoir la Médaille Fields et poursuit durant plusieurs années une production phénoménale d’articles novateurs concernant les équations cinétiques [DL89a, DL89b, DL89c, DL91, Li94a, Li94b, Li94c, Li94d, Li94e, Li95]. En particulier la théorie des solutions renormalisées est obtenue avec DiPerna en 1989 [DL89b].

Un problème ouvert intéressant physiquement et mathématiquement difficile est alors d’étendre cette théorie aux interactions à longue portée (particules chargées électriquement par exemple). Dans cette description cinétique, les interactions à longue portée se traduisent par un nombre très important de collisions où les particules ne dévient que très peu de leur trajectoire. La théorie de DiPerna et Lions est originellement écrite pour des

interactions à courte portée, typiquement de type “sphères dures” selon le terme consacré (c’est-à-dire des collisions de contact que l’on peut imaginer comme dans un billard). P.-L. Lions vient alors [Li94b, Li94e] de proposer plusieurs pistes intéressantes et une conjecture sur l’apparition de compacité dans le cas d’interactions à longue portée.

Ce idée générale initiale va conduire Villani à une série de travaux qui s’étendront de 1996 à 2004 et qui culmineront avec les deux articles [AV02, AV04] (en collaboration avec Alexandre) qui répondent en grande partie au problème (existence de solutions renormalisées avec mesure de défaut pour l’équation de Boltzmann avec noyaux “sans cutoff”, preuve de la conjecture de P.-L. Lions sur l’apparition de compacité, et preuve de la limite de collision rasante de l’équation de Boltzmann vers l’équation de Landau-Coulomb sur des temps finis), tout en identifiant clairement et avec lucidité les limitations de ces résultats en terme de portée physique (ils ne permettent pas de traiter les termes de champ moyen, qui sont dominants sur les temps courts).

Entre temps, et de manière consciente et orientée, une série de travaux auront permis d’avancer pas à pas dans la compréhension et de “défricher” le problème : plusieurs travaux d’une part pour comprendre les phénomènes de régularisation pour l’équation de Landau au niveau spatialement homogène [Vi98a, DV00a] et pour l’équation de Boltzmann au niveau spatialement homogène [Vi99, ADVW00], et d’autre part la construction de solutions pour l’équation inhomogène de Landau [Vi96] puis pour l’équation de Boltzmann spatialement homogène avec interaction à longue portée [Vi98b], avec les premiers résultats rigoureux de limite de collision rasante dans le cas homogène (voir aussi [Vi98b]). Toute cette série de travaux s’articule autour d’un but précis, et sans jamais perdre de vue le contexte physique du problème.

### Du second principe de la thermodynamique à l’hypocoercivité...

Une autre idée forte que va suivre Villani (et qui se différencie fortement de l’approche “solution faible” initiée par Lions dans ses travaux précédents) est celle de prouver des formes quantifiées du second principe de la thermodynamique. L’équation de Boltzmann a rendu son auteur célèbre entre autre par le fait de lui avoir permis de “prouver” mathématiquement la croissance de l’entropie (ou plutôt selon la terminologie de Boltzmann, la décroissance de la fonctionnelle “ $H$ ”). Autrement dit la théorie de Boltzmann permettait de faire entrer le second principe de la thermodynamique dans le champ de l’analyse mathématique. Dès les premiers résultat de Carleman sur cette équation dans le cas spatialement homogène [Ca32], une preuve du “théorème  $H$ ” (la croissance de l’entropie en langage moderne) était proposée. Néanmoins il faudra attendre les années 1990 pour que les premières versions *quantitatives* soient démontrées, c’est-à-dire des estimations reliant la fonctionnelle de production d’entropie avec l’entropie relative à l’équilibre, avec les travaux pionniers [De89, CC92, CC94] (comparativement, pour des équations paraboliques de type Fokker-Planck, ce type d’inégalités était démontré depuis les années 1970 en utilisant l’inégalité de Sobolev logarithmique [Gr75]). Cependant ces premiers résultats ne permettent pas de répondre à une conjecture soulevée par Cercignani dans les années 1980 : est-il possible de

relier *linéairement* la production d’entropie à l’entropie relative ?

La première découverte de Villani dans ce domaine [TV99,Vi03] (en partie en collaboration avec Toscani) est la possibilité surprenante et très élégante d’utiliser le semi-groupe d’Ornstein-Uhlenbeck pour relier les fonctionnelles de production d’entropie des équations de Boltzmann et Landau. Utilisant ainsi ses résultats précédents en collaboration avec Desvillettes pour l’équation de Landau [DV00b], Villani a pu ainsi répondre à la question de Cercignani dans le cas spatialement homogène : la réponse est en fait négative dans les cas physiquement réalistes [BC99], mais elle est vraie dans certains cas non physiques, et des versions “presque vraies” peuvent être démontrées [Vi03] – ceci sera directement à l’origine du début d’un autre chantier, la connection de méthodes linéarisées aux méthodes non-linéaires pour obtenir mathématiquement les échelles de temps physiques de relaxation [Mo06]. . .

La deuxième découverte de Villani, en collaboration avec Desvillettes, est le fait que, dans le cas spatialement inhomogène, bien que la fonctionnelle de production d’entropie s’anule sur l’ensemble de tous les équilibres locaux, qui est bien plus grand que l’état d’équilibre final attendu, les dérivées en temps successives de cette production d’entropie (ou encore de fonctionnelles modifiées, relativement à des sous-espaces des équilibres locaux) permettent de saisir et quantifier la façon dont l’opérateur de transport se combine aux mécanismes collisionnels pour empêcher l’“arrêt” sur un équilibre local mais non global. Cette intuition physique et géométrique fondamentale du problème sera développée mathématiquement dans les articles [DV01, DV05], et suscitera de nouveaux résultats d’analyse fonctionnelle [DV02].

Enfin, Villani poursuivra les intuitions développées dans ces travaux pour les simplifier et les unifier en un tout théorique cohérent avec d’autres travaux qui se développent au même moment (citons par exemple [Gu03,HN04,HN05,MN06]) autour de la notion d’“hypocoercivité”, ce qui sera l’objet du mémoire [Viprea]. Ce soucis de synthèse, de clarification et d’unification a donné un formidable élan à cette théorie en germe dans différents travaux isolés (voir les travaux récents [DMS09,DMSxx] par exemple).

### Du transport optimal à la géométrie

Au début des années 2000, un pont va s’effectuer dans les recherches de Villani vers la géométrie. Ce pont va être, dans la lignée de l’axe précédent de quantifier la production d’entropie et le retour à l’équilibre, l’étude des structures métriques abstraites (sur l’espace des probabilités) dans lesquelles interpréter des équations dissipatives (typiquement des équations de diffusion de type Fokker-Planck ou McKean-Vlasov) comme des flot gradient. Ces structures métriques sont définies naturellement au moyen de la théorie du transport optimal. C’est l’article d’Otto [Ot01] qui apporte cette avancée théorique d’interprétation en terme de flot gradient pour une certaine métrique faible.

Le premier travail de Villani dans ce domaine est l’article avec Otto [OV00], qui utilise le point de vue d’Otto pour étudier les inégalités de type Sobolev (en particulier les inégalités de Sobolev logarithmiques) et la convergence vers l’équilibre de certaines équations de

diffusion. Cet article contient en germe deux idées importantes qui vont devenir des axes de recherche de Villani dans les années qui suivent : (1) l’utilisation du transport optimal et d’équations dissipatives “flot gradient” pour étudier des inégalités fonctionnelles de type Sobolev (et plus seulement l’inégalité isopérimétrique) ; (2) la connection avec des objets proprement géométriques puisque les résultats sont obtenus sur une variété riemannienne et la courbure de Ricci fait son apparition dans cet article.

Le premier axe sera développé dans l’article [CNV04] avec Cordero-Erausquin et Nazaret, où les auteurs utilisent le transport optimal pour obtenir des inégalités de Sobolev et Gagliardo-Nirenberg avec constantes optimales sur  $\mathbb{R}^n$ . Cette approche, simple et efficace, permet de traiter le cas d’égalité et se généralise à n’importe quelle norme sur  $\mathbb{R}^n$ .

Le deuxième axe sera quant à lui développé dans l’article [LVpreb] avec Lott. Il avait été remarqué dans les travaux [OV00, RS05] que les propriétés des géodésiques dans l’espace des mesures sur une variété, muni de la distance de Wasserstein, avait un lien très fort avec la courbure de Ricci de cette variété. Cette intuition de départ sera transformée en une théorie complète dans les articles (obtenus indépendamment) [LVpreb] et [St06a, St06b]. En réexprimant les bornes sur la courbure de Ricci en terme de certaines inégalités fonctionnelles de convexité sur l’espace des mesures de probabilité, ces auteurs peuvent ainsi développer une théorie purement *métrique* des espaces à courbure de Ricci minorée de dimension  $n$  (ce qui rappelle la notion de courbure-dimension de Bakry-Emery). Cette notion est d’une part assez robuste pour être stable sous la notion de convergence de Gromov-Hausdorff, et d’autre part assez forte pour permettre de démontrer des résultats non-triviaux, comme par exemple des inégalités de Sobolev, le théorème de Bishop-Gromov et aussi une version faible du théorème de Bonnet-Myers.

Enfin Villani poursuit actuellement cet axe de recherche avec l’étude de la régularité du transport optimale : en effet il avait été remarqué dans les travaux [MTW05, Loprea] que la régularité du transport sur une variété est très différente de  $\mathbb{R}^n$ , et une condition dite “MTW” sur la distance avait été obtenue dans [MTW05]. Cette dernière condition semble imposer de très fortes contraintes sur la variété [LVprea, Viprec, FRVxx] (voir également les travaux connexes [FRpre, Lopreb]). Pour conclure sur cet axe, on y voit s’affirmer deux aspects importants de la recherche de Villani : le goût pour les méthodes et résultats constructifs et quantitatifs, et également pour les problèmes fortement nonlinéaires.

#### L’“amortissement Landau” ou la relaxation sans dissipation...

Ce dernier travail, en collaboration avec l’auteur de cette notice, est né fortuitement à partir de discussions sur une toute autre question au départ. Il s’est étalé sur une dizaine de mois de recherche et de rédaction assez intenses, ponctué de moment de découragements ou d’illuminations.

L’objet d’étude est le phénomène de “relaxation non collisionnelle”, connu en physique sous le nom célèbre d’*amortissement Landau*. Ce dernier prédit la stabilité de la configuration homogène dans un plasma sans collision, à une échelle de temps relativement courte. Cette échelle de temps doit être comparée avec la stabilité collisionnelle autour de la distri-

bution maxwellienne sur des temps bien plus longs. Cette séparation d’échelles de temps est importante théoriquement et en pratique ; dans les modèles de mécanique classique en astrophysique par exemple, cette relaxation non collisionnelle est la seule explication qualitative des temps de relaxation étonnamment courts pour les galaxies.

Le plasma non collisionnel ou le “gaz d’étoiles” utilisé pour modéliser la dynamique galactique sont décrits par l’équation cinétique de Vlasov-Poisson :

$$\frac{\partial f}{\partial t} + v \cdot \nabla_x f + F[f] \cdot \nabla_v f = 0, \quad 0 \leq f = f(t, x, v), \quad x \in \Omega \subset \mathbb{R}^3, \quad v \in \mathbb{R}^3$$

où la force  $F[f]$  (terme de champ moyen) est définie de façon auto-consistante par une convolution  $F = \phi \star \rho$  avec la densité spatiale  $\rho(t, x) = \int f \, dv$  de la distribution.

L’effet d’amortissement Landau a été découvert en 1946 ([La46]), et abondamment étudié depuis (un article de revue datant d’une dizaine d’années estimait qu’environ un tiers des articles publiés en physique des plasmas faisait directement référence au “Landau damping”). Cependant les études théoriques ne couvrait jusqu’ici que le niveau linéaire (rigoureusement) et en partie le niveau quasi-linéaire (non rigoureusement). Mais ces derniers régimes ne sont valides que sur des temps relativement courts. Il y a 50 ans déjà Backus [Ba60] avait remarqué ce problème et émis des doutes sur la validité du procédé de linéarisation. Son objection s’applique également au cas quasi-linéaire, et était alors restée sans réponse.

Dans l’article [MVpre] nous établissons l’effet d’amortissement Landau au niveau non-linéaire, et en temps infini, pour toute interaction moins singulière que les interactions coulombiennes (électrostatisme) et newtoniennes (gravitation). Dans le cas des interactions de Coulomb ou Newton, nous prouvons l’amortissement sur des temps finis mais exponentiellement grands en l’inverse de la taille de la perturbation.

Voici quelques avancées dans la compréhension physique obtenues dans ce travail :

- Sous des hypothèses adéquates, il y a bien convergence en temps grands pour l’équation non-linéaire complète. Ceci n’était apparemment pas attendu dans la littérature physique : par exemple la théorie quasi-linéaire des plasmas ne prédit la convergence qu’après un procédé de moyennisation statistique.
- La régularité du noyau définissant le champ de force joue un rôle crucial : pour une régularité donnée de ce noyau, il y a une régularité correspondante pour les solutions au-dessus de laquelle il est naturel de s’attendre à voir l’amortissement, alors qu’en-dessous de cette régularité nous conjecturerons qu’il n’ait pas lieu (du moins sous la forme prouvée dans notre article). Dans le cas des interactions de Coulomb et Newton, cette régularité critique est l’analyticité ! L’analyticité était utilisée dans le cas linéaire mais n’y jouait aucun rôle particulier, alors que dans le cas non-linéaire cela semble totalement différent.
- Il semble y avoir un lien profond entre l’amortissement Landau, les échos plasmas et la théorie KAM en systèmes dynamiques. En bref, la propriété de mélange de phase qui assure l’amortissement est vérifiée au niveau linéaire (elle correspond intuitivement à une “ergodisation” macroscopiquement au niveau des observables comme la densité,

mais microscopiquement elle correspond au contraire à un défaut d’ergodicité de type structure de tores invariants d’un système complètement intégrable), et nous montrons que cette propriété survit à une perturbation non-linéaire. La stabilité sur des temps très longs n’est possible que grâce à la structure particulière de la non-linéarité qui lui confère une réponse “en échos” très localisée en temps.

- Nous construisons suffisamment de trajectoires hétéroclines et homoclines pour remplir tout un voisinage (en norme analytique) d’un profil homogène vérifiant certaines conditions de stabilité. Ceci n’est possible que grâce à la structure de dimension infinie de ce système d’évolution.

### Un mathématicien qui écrit pour les autres...

Comme on le voit dans ce bref survol, Villani mêle de façon créative une intuition physique et géométrique avec la puissance technique de l’analyse mathématique. Il n’hésite pas non plus à franchir les barrières entre les classifications “mathématiques pures” et “mathématiques appliquées”. Pour conclure cette notice, je souhaiterais ajouter qu’en parallèle de cette production de résultats nouveaux, Villani a mené de front une activité fournie d’écriture de livres [Vi02a, Vi03b, Vi09] et d’articles de revue [Vi02b, Vi08, Vipreb]. Les introductions de ses articles sont également souvent très détaillées et riches en explications. Il a contribué ainsi à enthousiasmer et inspirer toute une jeune génération de mathématiciens.

### Références

- [ADVW00] ALEXANDRE, R., DESVILLETES, L., VILLANI, C. ET WENNBERG, B. Entropy dissipation and long-range interactions. *Arch. Rat. Mech. Anal.* 152, (2000), 327–355.
- [AV02] ALEXANDRE, R., ET VILLANI, C. On the Boltzmann equation for long-range interactions. *Comm. Pure Appl. Math.* 55, 1 (2002), 30–70.
- [AV04] ALEXANDRE, R., ET VILLANI, C. On the Landau approximation in plasma physics. *Ann. Inst. H. Poincaré Anal. Non Linéaire* 21, 1 (2004), 61–95.
- [Ba60] BACKUS, G. Linearized plasma oscillations in arbitrary electron distributions. *J. Math. Phys.* 1, (1960), 178–191.
- [BC99] BOBYLEV, A. V., ET CERCIGNANI, C. On the rate of entropy production for the Boltzmann equation. *J. Statist. Phys.* 94, 3–4 (1999), 603–618.
- [Ca32] CARLEMAN, T. Sur la théorie de l’équation intégrodifférentielle de Boltzmann. *Acta Math.* 60, (1932), 369–424.
- [CC92] CARLEN, E. A., CARVALHO, M. C. Strict entropy production bounds and stability of the rate of convergence to equilibrium for the Boltzmann equation. *J. Statist. Phys.* 67, 3–4 1992, 575–608.
- [CC94] CARLEN, E. A., ET CARVALHO, M. C. Entropy production estimates for Boltzmann equations with physically realistic collision kernels. *J. Statist. Phys.* 74, 3–4 (1994), 743–782.
- [Ce88] CERCIGNANI, C. The Boltzmann equation and its applications. Springer, Berlin, 1988.

- [CMS01] CORDERO-ERASQUIN, D., MCCANN, R. J., ET SCHMUCKENSCHLAGER, M. A Riemannian interpolation inequality à la Borell, Brascamp and Lieb. *Invent. Math.* 146, 2 (2001), 219–257.
- [CNV04] CORDERO-ERASQUIN, D., NAZARET, B., ET VILLANI, C. A mass-transportation approach to sharp Sobolev and Gagliardo-Nirenberg inequalities. *Adv. Math.* 182, 2 (2004), 307–332.
- [De89] DESVILLETES, L. Entropy dissipation rate and convergence in kinetic equations. *Comm. Math. Phys.* 123, 4 (1989), 687–702.
- [DV00a] DESVILLETES, L., ET VILLANI, C. On the spatially homogeneous Landau equation for hard potentials. Part I : Existence, uniqueness and smoothness. *Comm. P.D.E* 25, 1-2 (2000), 179–259.
- [DV00b] DESVILLETES, L., ET VILLANI, C. On the spatially homogeneous Landau equation for hard potentials. II.  $H$ -theorem and applications. *Comm. Partial Differential Equations* 25, 1–2 (2000), 261–298.
- [DV01] DESVILLETES, L., ET VILLANI, C. On the trend to global equilibrium in spatially inhomogeneous entropy-dissipating systems : the linear Fokker-Planck equation. *Comm. Pure Appl. Math.* 54, 1 (2001), 1–42.
- [DV02] DESVILLETES, L., ET VILLANI, C. On a variant of Korn,Åôs inequality arising in statistical mechanics. *ESAIM Control Optim. Calc. Var.* 8, (2002), 603–619 (electronic). A tribute to J.-L. Lions.
- [DV05] DESVILLETES, L., ET VILLANI, C. On the trend to global equilibrium for spatially inhomogeneous kinetic systems : the Boltzmann equation. *Invent. Math.* 159, 2 (2005), 245–316.
- [DL89a] DIPERNA, R., ET LIONS, P.-L. Global weak solutions of Vlasov-Maxwell systems. *Comm. Pure Appl. Math.* 42 (1989), 729–757.
- [DL89b] DIPERNA, R., ET LIONS, P.-L. On the Cauchy problem for the Boltzmann equation : Global existence and weak stability. *Ann. of Math. (2)* 130 (1989), 312–366.
- [DL89c] DIPERNA, R., ET LIONS, P.-L. Ordinary differential equations, transport theory and Sobolev spaces. *Invent. Math.* 98 (1989), 511–547.
- [DL91] DIPERNA, R., ET LIONS, P.-L. Global solutions of Boltzmann,Åôs equation and the entropy inequality. *Arch. Rational Mech. Anal.* 114 (1991), 47–55.
- [DMS09] DOLBEAULT, J., MOUHOT, C., ET C. SCHMEISER Hypocoercivity for kinetic equations with linear relaxation terms. *C. R. Acad. Sci. Paris (2009)*, Ser. I vol. 347, 511–516.
- [DMSxx] DOLBEAULT, J., MOUHOT, C., ET C. SCHMEISER Hypocoercivity for kinetic equations with linear relaxation terms. En préparation.
- [FRpre] FIGALLI, A., ET RIFFORD, L. Continuity of optimal transport maps on small deformations of  $\mathbb{S}^2$ . Prépublication, 2008.
- [FRVxx] FIGALLI, A., RIFFORD, L., ET VILLANI, C. On the stability of Ma-Trudinger-Wang curvature conditions. En préparation.
- [Gr65] GRAD, H. On Boltzmann’s  $H$ -theorem. *J. Soc. Indust. Appl. Math.* 13, 1 (1965), 259–277.
- [Gr75] GROSS, L. Logarithmic Sobolev inequalities. *Amer. J. Math.* 97, (1975), 1061–1083.

- [Gu03] GUO, Y. Classical solutions to the Boltzmann equation for molecules with an angular cutoff. *Arch. Ration. Mech. Anal.* 169, 4 (2003), 305–353.
- [HN05] HELFFER, B., ET NIER, F. In *Hypoellipticity and spectral theory for Fokker-Planck operators and Witten Laplacians*, Vol. 1862 of lecture Notes in Math., Springer, Berlin, 2005.
- [HN04] HERAU, F., ET NIER, F. Isotropic hypoellipticity and trend to the equilibrium for the Fokker-Planck equation with high degree potential. *Arch. Ration. Mech. Anal.* 171, 2 (2004), 151–218.
- [La46] LANDAU, L. On the vibration of the electronic plasma. *J. Phys. USSR* 10, 25 (1946). Traduction anglaise dans *JETP* 16, 574. Reproduit dans *Collected papers of L.D. Landau*, édité et avec une introduction par D. ter Haar, Pergamon Press, 1965, pp. 445–460 ; et dans *Men of Physics : L.D. Landau*, Vol. 2, Pergamon Press, D. ter Haar, ed. (1965).
- [Li94a] LIONS, P.-L. Compactness in Boltzmann’s equation via Fourier integral operators and applications, I. *J. Math. Kyoto Univ.* 34, 2 (1994), 391–427.
- [Li94b] LIONS, P.-L. Compactness in Boltzmann’s equation via Fourier integral operators and applications, II. *J. Math. Kyoto Univ.* 34, 2 (1994), 429–461.
- [Li94c] LIONS, P.-L. Compactness in Boltzmann’s equation via Fourier integral operators and applications, III. *J. Math. Kyoto Univ.* 34, 3 (1994), 539–584.
- [Li94d] LIONS, P.-L. Conditions at infinity for Boltzmann’s equation. *Comm. Partial Differential Equations* 19, 1-2 (1994), 335–367.
- [Li94e] LIONS, P.-L. On Boltzmann and Landau equations. *Philos. Trans. Roy. Soc. London Ser. A*, 346 (1994), 191–204.
- [Li95] LIONS, P.-L. Régularité optimale des moyennes en vitesses. *C.R. Acad. Sci. Paris, Série I*, 320, 8 (1995), 911–915.
- [Loprea] LOEPER, G. On the regularity of solutions of optimal transportation problems. *Acta Math.*, à paraître.
- [Lopreb] LOEPER, G. Regularity of optimal maps on the sphere : The quadratic cost and the reflector antenna. Prépublication, 2008.
- [LVprea] LOEPER, G., ET VILLANI, C. Regularity of optimal transport in curved geometry : the nonfocal case. Prépublication, 2008.
- [LVpreb] LOTT, J., ET VILLANI, C. Ricci curvature via optimal transport. *Ann. of Math.*, à paraître.
- [MTW05] MA, X. N., TRUDINGER, N. S., ET WANG, X. J. Regularity of potential functions of the optimal transportation problem. *Arch. Ration. Mech. Anal.* 177, 2 (2005), 151–183.
- [Mo06] MOUHOT, C. Rate of convergence to equilibrium for the spatially homogeneous Boltzmann equation with hard potentials. *Comm. Math. Phys.* 261, (2006), 629–672.
- [MN06] MOUHOT, C., ET NEUMANN, L. Quantitative perturbative study of convergence to equilibrium for collisional kinetic models in the torus. *Nonlinearity* 19, (2006), 969–998.
- [MVpre] MOUHOT, C., ET VILLANI, C. On Landau damping. Soumis, prépublication hal-00376547 (voir également la note d’introduction hal-00383920).
- [Ot01] OTTO, F. The geometry of dissipative evolution equations : the porous medium equation. *Comm. Partial Differential Equations* 26, 1–2 (2001), 101–174.

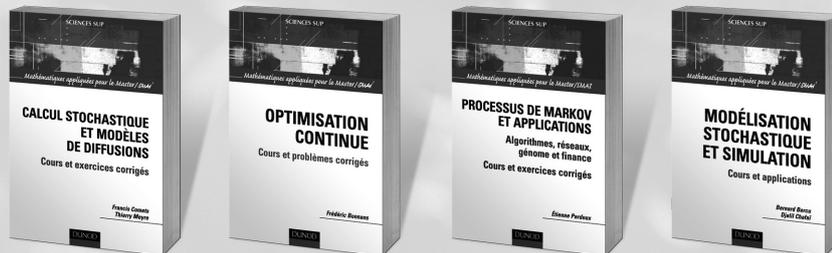
- [OV00] OTTO, F., ET VILLANI, C. Generalization of an inequality by Talagrand and links with the logarithmic Sobolev inequality. *J. Funct. Anal.* 173, 2 (2000), 361–400.
- [RS05] VON RENESSE, M.-K., ET STURM, K. T. Transport inequalities, gradient estimates, entropy, and Ricci curvature. *Comm. Pure Appl. Math.* 58, 7 (2005), 923–940.
- [St06a] STURM, K. T. On the geometry of metric measure spaces. I. *Acta Math.* 196, 1 (2006), 65–131.
- [St06b] STURM, K. T. On the geometry of metric measure spaces. II. *Acta Math.* 196, 1 (2006), 133–177.
- [TV99] TOSCANI, G., ET VILLANI, C. Sharp entropy dissipation bounds and explicit rate of trend to equilibrium for the spatially homogeneous Boltzmann equation. *Comm. Math. Phys.* 203, 3 (1999), 667–706.
- [Vi96] VILLANI, C. On the Landau equation : weak stability, global existence. *Adv. Diff. Eq.* 1, 5 (1996), 793–816.
- [Vi98a] VILLANI, C. On the spatially homogeneous Landau equation for Maxwellian molecules. *Math. Meth. Mod. Appl. Sci.* 8, 6 (1998), 957–983.
- [Vi98b] VILLANI, C. On a new class of weak solutions to the spatially homogeneous Boltzmann and Landau equations. *Arch. Rat. Mech. Anal.* 143, 3 (1998), 273–307.
- [Vi99a] VILLANI, C. Conservative forms of Boltzmann’s collision operator : Landau revisited. *Math. Mod. An. Num.* 33, 1 (1999), 209–227.
- [Vi99b] VILLANI, C. Regularity estimates via the entropy dissipation for the spatially homogeneous Boltzmann equation without cut-off. *Rev. Matem. Iberoam.* 15, 2 (1999), 335–352.
- [Vi02a] VILLANI, C. A review of mathematical topics in collisional kinetic theory. In *Handbook of Mathematical Fluid Dynamics*, S. Friedlander and D. Serre, Eds, Elsevier, 2002.
- [Vi02b] VILLANI, C. Limites hydrodynamiques de l’équation de Boltzmann (d’après C. Bardos, F. Golse, C. D. Levermore, P.-L. Lions, N. Masmoudi, L. Saint-Raymond). Séminaire Bourbaki, Exp. 893 (Juin 2001). *Astérisque* 282, (2002).
- [Vi03a] VILLANI, C. Cercignani’s conjecture is sometimes true and always almost true. *Commun. Math. Phys.* 234 (2003), 455–490.
- [Vi03b] VILLANI, C. Topics in optimal transportation. Graduate Studies in Mathematics, 58. American Mathematical Society, Providence, RI, 2003.
- [Vi08] VILLANI, C. Paradoxe de Scheffer-Shnirelman revu sous l’angle de l’intégration convexe (d’après C. De Lellis, L. Székelyhidi). Séminaire Bourbaki, Exp. 1001 (Nov. 2008).
- [Vi09] VILLANI, C. Optimal transport, old and new. *Grundlehren der mathematischen Wissenschaften*, 338. Springer-Verlag, Berlin, 2009.
- [Viprea] VILLANI, C. Hypocoercivity. *Memoirs Amer. Math. Soc.* 202, 950 (2009).
- [Vipreb] VILLANI, C. Mathematics of granular media. To appear in *J. Stat. Phys.*
- [Viprec] VILLANI, C. Stability of a 4th-order curvature condition arising in optimal transport theory. Prépublication, 2008

# Mathématiques appliquées pour le Master/SMAI

Les ouvrages de la série « Mathématiques appliquées pour le Master/SMAI » s’adressent aux étudiants en Master ou en écoles d’ingénieurs. Adaptés aux nouveaux cursus LMD, ils répondent à une double exigence de qualité scientifique et pédagogique. La SMAI assure la direction éditoriale grâce à un comité renouvelé périodiquement, et largement représentatif des différents thèmes des mathématiques appliquées. Son ambition est de constituer un ensemble d’ouvrages d’enseignement de référence.

## Déjà parus :

- **Calcul stochastique et modèles de diffusions**  
*Francis Comets, Thierry Meyre*
- **Optimisation continue**  
*Frédéric Bonnans*
- **Processus de Markov et applications**  
*Étienne Pardoux*
- **Modélisation stochastique et simulation**  
*Bernard Bercu, Djalil Chafai*



## À paraître :

- **Analyse numérique matricielle**  
*Luca Amodei, Jean-Pierre Dedieu*
- **Chaînes de Markov**  
*Carl Graham*



.com

*Mathématiques & Applications*  
Collection de la SMAI éditée par Springer-Verlag  
Directeurs de la collection : M. Benaïm et G. Allaire

- Vol. 54 J. P. Dedieu, *Points Fixes, Zéros et la Méthode de Newton*,  
2006, 196 p., 35,95€- tarif SMAI : 28,76€
- Vol. 55 P. Lopez, A. S. Nouri, *Théorie Élémentaire et Pratique de la Commande  
par les Régimes Glissants*, 2006, 336 p., 64,95€- tarif SMAI : 51,96€
- Vol. 56 J. Cousteix, J. Mauss, *Analyse Asymptotique et Couche Limite*,  
2006, 396 p., 79 €- tarif SMAI : 63,20 €
- Vol 57 J. F. Delmas, B. Jourdain, *Modèles aléatoires. Applications aux sciences de  
l'ingénieur et du vivant*, 2006, 433 p., 84 €- tarif SMAI : 67,20 €
- Vol 58 G. Allaire, *Conception optimale de structures*, 2006 - 2007, 280 p., 58 €-  
tarif SMAI : 46,40 €
- Vol 59 M. Elkadi, B. Mourrain, *Introduction la résolution des systèmes  
polynomiaux*, 2007, 307 p., 59 €- tarif SMAI : 47,20 €
- Vol 60 N. Caspard, B. Monjardet, B. Leclerc, *Ensembles ordonnés finis :  
concepts, résultats et usages*, 2007, 340 p., 58 €- tarif SMAI : 46,60 €
- Vol 61 H. Pham, *Optimisation et contrôle stochastique appliqués à la finance*,  
2007, 188 p., 35 €- tarif SMAI : 28 €
- Vol 62 H. Ammari, *An Introduction to Mathematics of Emerging Biomedical  
Imaging*, 2008, 205 p., 46 €- tarif SMAI : 36,80 €
- Vol 63 C. Gaetan, X. Guyon, *Modélisation et statistique spatiales*  
2008, 330 p., 64 €- tarif SMAI : 51.20 €
- Vol 64 J.-M. Rakotoson, *Réarrangement Relatif*  
2008, 320 p., 64 €- tarif SMAI : 51.20 €
- Vol 65 M. Choulli, *Elementary Feedback Stabilization of the Linear  
Reaction-convection-diffusion Equation and the Wave Equation*,  
2010, 300 p., 95 €- tarif SMAI : 76 €
- Vol 66 W. Liu, *Une introduction aux problèmes inverses elliptiques et paraboliques*,  
2009, 270p., 64 €- tarif SMAI : 51.20 €

*Le tarif SMAI (20% de réduction) et la souscription (30% sur le prix public) sont réservés  
aux membres de la SMAI.*

Pour obtenir l'un de ces volumes, adressez votre commande à :

Springer-Verlag, Customer Service Books -Haberstr. 7

D 69126 Heidelberg / Allemagne

Tél. 0 800 777 46 437 (No vert) - Fax 00 49 6221 345 229 - e-mail : orders@springer.de

Paiement à la commande par chèque à l'ordre de Springer-Verlag ou par carte de crédit  
(préciser le type de carte, le numéro et la date d'expiration).

Prix TTC en France (5,5% TVA incl.). Au prix des livres doit être ajoutée une participation  
forfaitaire aux frais de port : 5 €(+ 1,50 €par ouvrage supplémentaire).

Seventh International Conference  
**CURVES and SURFACES**  
Organized by SMAI-AFA  
Avignon, June 24-30, 2010



### Conference Topics

Representation and approximation of curves and surfaces and applications

- Computer-aided geometric design
- Computer graphics and visualisation
- Computational geometry and topology
- Geometry processing
- Image and signal processing
- Interpolation and smoothing
- Mesh generation, finite elements and splines
- Scattered data processing and learning theory
- Sparse and high-dimensional approximation
- Subdivision, wavelets and multi-resolution methods

### Invited speakers and mini-symposia organizers

Pierre Alliez, Annalisa Buffa, Frédéric Chazal, Shai Dekel, Mathieu Desbrun, Ron DeVore, Herbert Edelsbrunner, Michael Elad, Charles Fefferman, Kai Hormann, Bert Jüttler, Gitta Kutyniok, Simon Masnou, Niloy Mitra, Partha Niyogi, Hans-Peter Seidel, Johannes Wallner, Holger Wendland



### Organizers

Jean-Daniel Boissonnat  
Patrick Chenin  
Albert Cohen  
Christian Gout  
Tom Lyche  
Marie Laurence Mazure  
Larry Schumaker

Deadline for submission  
January 15, 2010

Information : <http://avignon2010.lille.ensam.fr/avignon2010/>



## Prix de thèse SMAI GAMNI 2009

par Bruno Després (*pour le GAMNI*)

Le prix de thèse financé et organisé par le SMAI-GAMNI (Groupe pour l’Avancement de Méthodes Numériques de l’Ingénieur) a été créé en 2005. Son objectif est de distinguer une thèse de Doctorat en calcul scientifique et en analyse numérique apportant des contributions significatives en sciences de l’ingénieur. Cette occasion permet d’annoncer aux futurs candidats que le prix de thèse SMAI-GAMNI 2010 va bientôt être relancé sur les bases des années précédentes.

Le prix 2009 a été attribué à Vivien Clauzon pour sa thèse soutenue à l’Université Blaise Pascal sous la direction conjointe de Stéphane Clain et Thierry Dubois, sur le sujet *Analyse de schémas d’ordre élevé pour les écoulements compressibles. Application à la simulation numérique d’une torche à plasma*. Ce prix a été remis lors du congrès SMAI 2009. Vivien Clauzon a rédigé l’article qui suit dans lequel il présente son travail.

Vivien Clauzon est en post-doc depuis janvier 2009 pour un transfert de compétences entre le laboratoire de mathématiques de l’université Blaise Pascal (Clermont Ferrand) et l’entreprise Clermontoise “Numtech”, avant d’y prendre ces fonctions définitives comme ingénieur de recherche. Il travaille principalement sur l’optimisation numérique et informatique des codes de calcul de météorologie et de dispersion mis en œuvre à Numtech et sur le développement d’un code de mécanique des fluides atmosphérique sur GPU (langage CUDA). C’est un sujet de recherche très actif en ce moment, il fera d’ailleurs un exposé sur ce thème aux premières journées du groupe Calcul à l’IHP.

### **Analyse de schémas d’ordre élevé pour les écoulements compressibles. Application à la simulation numérique d’une torche à plasma.**

*Vivien Clauzon, Université Blaise Pascal, clauzon@math.univ-bpclermont.fr*

## 1 Motivations

L’objet de mon travail de thèse était de mettre en œuvre des outils numériques pour la simulation numérique des torches à plasma. Nous n’avons considéré que l’hydrodynamique du problème en ne modélisant pas les autres aspects tels que l’électromagnétisme, les mouvements du pied d’arc ou le transfert thermique de l’arc vers les électrodes (le lecteur intéressé pourra se référer à [1] ou [2] pour plus de détails). Notre objectif était de fournir des méthodes numériques précises et robustes dans le cadre d’une simulation tridimensionnelle de l’écoulement dans la partie interne de la torche et du jet de plasma.

La projection thermique consiste en l’ensemble des procédés de revêtement de surface où le matériau d’apport est fondu par une source de chaleur et projeté sur la pièce à revêtir. Ce procédé est le fruit de phénomènes non linéaires très instables qui sont liés à la génération

de l’arc dans la tuyère, aux interactions entre le jet de particules et le jet de plasma, en particulier au point d’injection, et aux interactions entre ce jet de particules et le substrat. En effet, le jet de plasma est chauffé par un arc électrique entre deux électrodes concentriques entre lesquelles circule le gaz plasmagène ( $Ar-H_2$ ). Le flux gazeux porté ainsi à haute température (12 000 à 20 000 K) est partiellement ionisé. En sortie de torche, le plasma atteint des vitesses de l’ordre de 1 500 à 2 000  $m.s^{-1}$ . Les particules à projeter sont alors injectées par l’intermédiaire d’un gaz porteur dans le jet où elles fondent et sont accélérées à des vitesses de l’ordre de 200  $m.s^{-1}$  (voir Figure 1). Ainsi, le temps caractéristique d’exposition des particules est de l’ordre de 0,1 à 10 ms et rend donc le processus susceptible d’être perturbé par les instabilités de l’écoulement.

Le dépôt, réalisé par projection plasma, est constitué par l’empilement de particules projetées à grande vitesse qui s’écrasent, dans un état fondu ou semi-fondu, sur la pièce à recouvrir. Ce dépôt présente une structure lamellaire avec des inclusions éventuelles de particules non-fondues. Celles-ci se forment, généralement, pendant le refroidissement du dépôt. Cette micro structure qui conditionne les propriétés du dépôt dépend à la fois des paramètres des particules à l’impact (taille, vitesse, température, état de fusion, état chimique) et des paramètres du substrat (nature, état de surface, chimie de surface, température). Les paramètres des particules sont eux-mêmes conditionnés par les caractéristiques de l’écoulement (champs de vitesse, température, composition), ses propriétés thermophysiques (enthalpie, conductivité thermique et viscosité) et les conditions d’injection du matériau dans cet écoulement. Dans ce contexte, les simulations numériques constituent un outil privilégié pour comprendre l’influence d’un paramètre donné sur le procédé, aider à la définition d’une fenêtre de fonctionnement plus étroite pour les paramètres opérateurs, limiter le nombre des essais réels très coûteux, et à terme permettre la mise au point d’un contrôle en ligne du procédé.

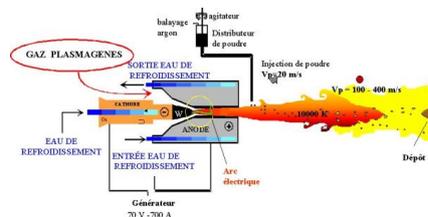


FIG. 1 – Schéma de principe d’une torche à plasma. Extrait de [3].

Ce travail a été réalisé en deux parties. La première traite des schémas volumes finis et de la simulation à l’intérieur de la torche. Nous donnons en particulier une démonstration de la stabilité  $L^\infty$  de la méthode MUSCL classique du gradient et introduisons une nouvelle méthode volumes finis MUSCL dont nous étudions la stabilité. L’étude numérique de cette nouvelle méthode est d’abord menée dans le cas de problèmes scalaires pour lesquels nous vérifions sa précision et son efficacité. Les équations d’Euler et quelques solveurs de Riemann [4], [5] sont ensuite testés avec cette nouvelle méthode dans le cadre vectoriel sur des cas standards en deux dimensions d’espace puis dans un cadre pleinement tridimensionnels. Enfin les outils décrits sont utilisés pour simuler l’écoulement non visqueux dans une géométrie de torche à plasma.

La seconde partie est consacrée à l’étude du jet de plasma. Nous décrivons la modélisation adoptée pour simuler numériquement le jet de gaz très chaud et très perturbé et nous explicitons les schémas numériques mis en œuvre pour résoudre le problème par simulation numérique directe (DNS). Nous utilisons de nombreuses données expérimentales et montrons comment les caractéristiques spécifiques du gaz utilisé sont prises en compte. Nous nous attachons particulièrement à justifier le choix fait au niveau du traitement des conditions aux limites.

## 2 La méthode multi-pente

La méthode MUSCL pour les schémas de type volumes finis a été introduite par Van Leer [6] dans le but de fournir des solutions numériques plus précises aux problèmes de lois de conservation. L’idée principale de la méthode est de maintenir la stabilité et la monotonie tout en augmentant l’ordre du schéma. L’avantage majeur de cette méthode est qu’elle permet d’obtenir une solution plus précise sans modifier le calcul du flux numérique et le schéma en temps.

Décrite simplement, la méthode MUSCL consiste à définir une nouvelle approximation de l’inconnue au niveau de chaque face d’un volume de contrôle. Pour ce faire, un gradient est calculé dans chaque cellule puis une correction est effectuée pour maintenir la stabilité. La stabilité non-linéaire est un outil fondamental pour l’étude des schémas volumes finis. Pour les problèmes hyperboliques scalaires, la stabilité  $L^\infty$  est requise pour prouver la convergence de la solution numérique vers la solution entropique lorsque les pas d’espace et de temps tendent vers zéro. Le schéma explicite d’ordre un utilisant une fonction flux monotone est stable [7], mais la situation devient plus complexe pour les schémas du second ordre utilisant une reconstruction, comme le schéma MUSCL [7], [8], [9]. Pour la situation monodimensionnelle, la stabilité  $L^\infty$  et le contrôle de la variation totale ont été démontrés [6]. Pour les dimensions supérieures, le critère TVD réduit la méthode à l’ordre un [10], [11], et ce même critère n’est plus possible sur les maillages non-structurés [12].

Dans le but de traiter ce type de problème en dimension supérieure, une généralisation du schéma incrémental 1D a été introduite : les schémas à coefficients positifs [13], et étendue pour traiter les problèmes sur maillages non-structurés : les schémas LED [14], [15].

### 2.1 Stabilité

Pour prouver la stabilité  $L^\infty$  d’un schéma volumes finis, il faut le récrire sous la forme d’un schéma à coefficients positifs compris entre 0 et 1. Ceci est généralement accompli en utilisant une condition CFL [16], [17]. Nous avons tenté de généraliser ce résultat. Nous proposons d’abord une définition différente de la reconstruction des valeurs de l’inconnue aux interfaces où seules les valeurs reconstruites sont considérées et non la fonction de reconstruction. Deux propriétés fondamentales sont ensuite mises en avant : la convexité du schéma et la propriété d’inversion de signe. Des concepts similaires ont déjà été introduits en utilisant des arguments géométriques (voir [18], [19]). On prouve que, sous une condition CFL appropriée, le schéma volumes finis muni d’un flux numérique monotone et d’une reconstruction satisfaisant aux deux propriétés ci-dessus est stable au sens  $L^\infty$ .

Nous montrons aussi que ces deux propriétés sont vérifiées par une large classe de méthode MUSCL dont la méthode classique du gradient (mono-pente) et la méthode multi-pente introduite [20]. La méthode classique est une méthode à deux étapes : un gradient est d’abord prédit pour chaque élément du maillage en utilisant les valeurs aux points voisins, puis il est modifié afin de respecter un principe du maximum ou un principe TVD [21], [8]. Cette méthode est nommée mono-pente car la valeur reconstruite sur chaque interface provient d’une même estimation du gradient dans la maille. La méthode introduite, dite multi-pente, utilise une pente scalaire indépendante pour chaque interface d’une même maille qui correspond à une évaluation du gradient dans la direction considérée. Un limiteur de pente est ensuite utilisé afin d’obtenir la stabilité. Une telle méthode a été construite pour deux points de collocation différents : le barycentre des interfaces et le point d’intersection entre les interfaces et la droite reliant les centres de deux éléments voisins entre eux. On introduit au passage deux définitions importantes : l’ $\alpha$ -convexité et le paramètre  $\tau_{lim}$  qui contrôlent le maillage et le limiteur de pente [20]. L’avantage principal d’une telle technique est que l’on traite uniquement des problèmes 1D indépendants. Les résultats s’étendent à des formulations semi-discrètes immédiatement.

## 2.2 Résultats numériques

Nous donnons ici quelques résultats numériques permettant de comparer la méthode introduite avec la méthode d’ordre 1 et la méthode MUSCL standard du gradient. Le code de calcul réalisé a été développé à l’aide de la bibliothèque de calcul OFELI et en fait maintenant partie intégrante [22]. Le premier de ces tests est un cas scalaire linéaire, pour lequel les démonstrations de stabilité de la méthode sont donc valables. Il s’agit du test de la rotation comme décrit dans [23]. On observe, après un tour de rotation d’une fonction indicatrice à support sur un disque, le tracé des isocontours pour les 3 méthodes : ordre 1, gradient et multi-pente. Il apparaît clairement que la méthode multi-pente permet d’obtenir un meilleur résultat que celle du gradient ou que la méthode d’ordre 1.

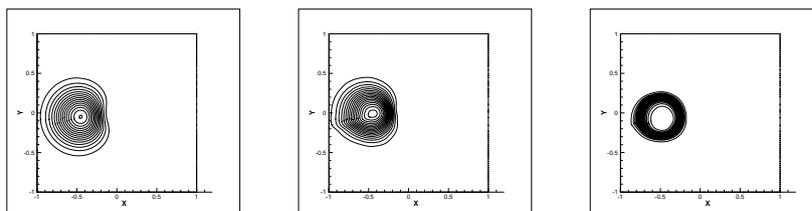


FIG. 2 – *Gauche* : Ordre 1. *Centre* : Gradient. *Droite* : Multi-pente. Cas test de la rotation [23] d’un profil discontinu à support sur un disque.

Un point fondamental est que cette augmentation de la précision, qui n’est pas faite au détriment de la stabilité, n’est pas contre balancée par une dégradation des performances (en terme de coût calcul) trop importante. En effet, il serait vain de concevoir une méthode précise mais très lente du point de vue de son exécution. On trouve dans [24] des estimations en terme de gain de performance montrant à quel point la méthode multi-pente est

efficace.

Les tests suivants sont menés dans le cadre vectoriel des équations d’Euler. Le modèle utilisé est donc le suivant

$$\begin{aligned} \rho t + \nabla \cdot (\rho u) &= 0, \\ t(\rho u) + \nabla \cdot (u \otimes (\rho u)) + \nabla p &= 0, \\ Et + \nabla \cdot (u(E + p)) &= 0, \end{aligned}$$

où  $\rho$  est la densité,  $u$  le vecteur vitesse,  $p$  la pression et  $E$  l’énergie totale définie par

$$E = \frac{p}{\gamma - 1} + \frac{1}{2} \rho \|V\|^2.$$

Le système est clos par la loi des gaz parfaits

$$\rho T = \gamma p.$$

Les démonstrations de stabilité ne sont ici plus valables mais on s’attache à utiliser un jeu d’inconnues favorisant le maintien de la positivité des variables comme la densité ou l’énergie. Le premier de ces tests est celui du tube à choc de Sod [25]. On observe sur la Figure 3 l’apport de la méthode multi-pente en terme de représentation des chocs. La solution obtenue avec la méthode multi-pente présente moins de diffusion numérique. Les maillages 3D utilisés lors de ce test sont équivalents à un maillage 1D de seulement 40 points environ.

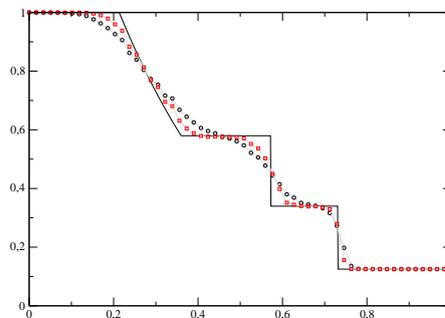


FIG. 3 – Cas test 3D du tube à choc de Sod [25], densité. Comparaison entre la méthode d’ordre 1 (noir) et la méthode multi-pente (rouge).

Le second cas test vectoriel est celui de la marche montante 2D [26]. La structure des chocs sur le champ de densité est représenté plus finement par la méthode multi-pente. On peut observer cela plus précisément sur les zooms fournis au niveau d’un choc. Alors que la méthode d’ordre 1 étale le choc sur environ 8 mailles, la méthode du gradient sur 6, la méthode multi-pente permet de capter le choc sur seulement 4 ou 5 mailles sans dégradation de la stabilité.

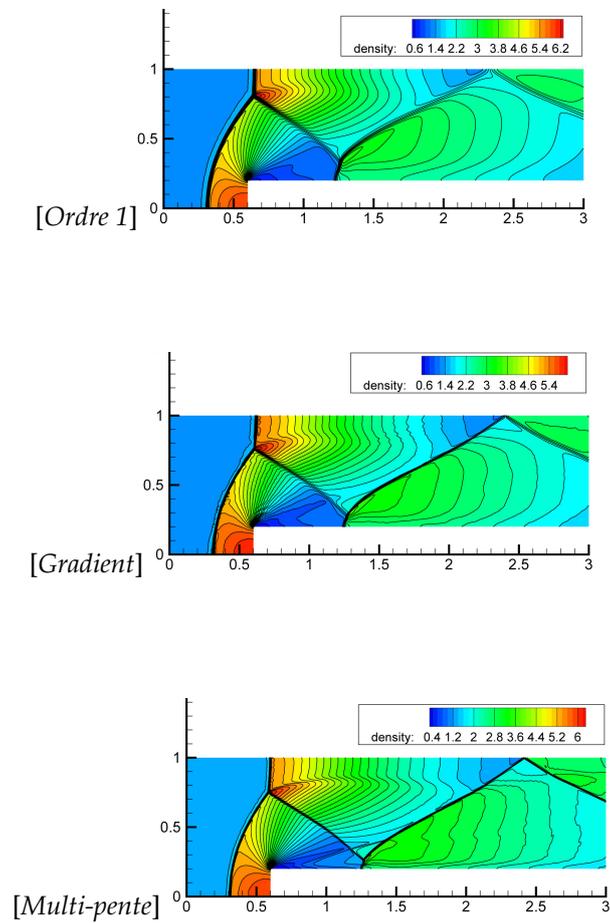


FIG. 4 – Cas test 2D de la marche montante [26]. Champs de densité à  $t = 4$ .

### 2.3 Perspectives

Les principales perspectives envisagées à la suite de ces travaux sont en cours d'étude. Il s'agit principalement de traiter les cas où plusieurs points de collocation sont utilisés sur une même interface de sorte à obtenir une meilleure approximation du flux numérique. De plus, il est important d'étendre la méthode à tous les types de maillage et pas seulement aux mailles triangles ou tétraédriques. Finalement, un couplage avec un solveur éléments finis permettra de traiter des problèmes plus complexes où des termes de dissipation sont présents. L'ensemble de ces axes de recherche est actuellement traité par Stéphane Clain *et al.* à l'université de Toulouse.

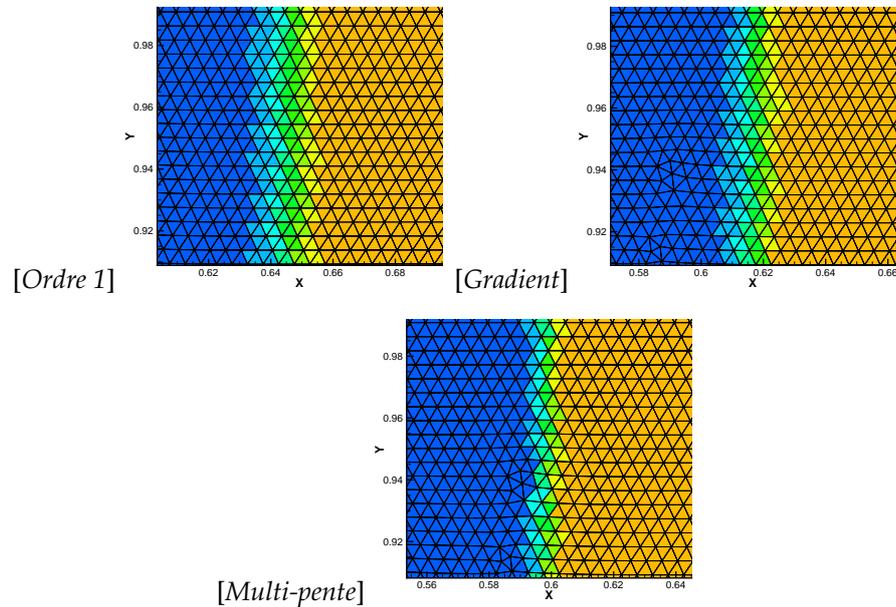


FIG. 5 – Cas test 2D de la marche montante [26]. Champs de densité à  $t = 4$ , zoom au niveau d’une discontinuité.

### 3 Simulation des jets chauds turbulents fortement pulsés

Lorsqu’une torche à plasma est en régime *restrike*, le jet est forcé par le comportement chaotique de l’arc. Cela induit un écoulement fortement perturbé. A cause de l’importante différence de température entre le jet de plasma et le milieu ambiant, le nombre de Reynolds basé sur les caractéristiques de l’environnement est d’environ 55 000. La simulation numérique directe (DNS) à un tel nombre de Reynolds n’est pas possible avec les ressources computationnelles à notre disposition (machine vectorielle SX-8 de l’IDRIS, CNRS). Nous avons ainsi choisi de concentrer l’étude sur l’effet des fortes pulsations en étudiant des jets chauds dans un milieu ambiant de plus en plus froid, jusqu’à atteindre un nombre de Reynolds de 3 500 (milieu ambiant 4 fois plus froid que le jet). Les perturbations imposées à la base du jet pour simuler le comportement de l’arc électrique à l’intérieur de la chambre de la torche sont de l’ordre de 30%.

Les équations de Navier Stokes compressibles sont utilisées comme modèle. Le système est clos par la loi des gaz parfaits. Les variables sont adimensionnées par leurs valeurs de référence à la base du jet. Les équations de Navier-Stokes compressibles sous forme

adimensionnelle s'écrivent ainsi

$$\begin{aligned}\rho t + \nabla \cdot (\rho u) &= 0, \\ \rho u t + \nabla \cdot (u \otimes (\rho u)) + \nabla p - \nabla \cdot \tau &= 0, \\ Et + \nabla \cdot (u(E + p)) - \nabla \cdot (\tau \cdot u) - \nabla \cdot q &= 0,\end{aligned}$$

où le tenseur des contraintes visqueuses est

$$\tau = \frac{\mu(T)}{\text{Re}} \left( \nabla u + {}^t \nabla u - \frac{2}{3} (\nabla \cdot u) I \right).$$

Le flux thermique adimensionnel vérifie

$$q = \frac{\kappa(T)}{\text{RePr}} \frac{c_p^0}{\gamma R} \nabla T,$$

où  $R$  est la constante spécifique du gaz considéré. Les nombres sans dimensions de Reynolds et Prandtl sont définis ainsi

$$\text{Re} = \frac{\rho_0 c_0 r_0}{\mu_0}, \quad \text{Pr} = \frac{c_p^0 \mu_0}{\kappa_0},$$

à partir des valeurs de références ( $\mu$  est la viscosité,  $\kappa$  la conductivité thermique,  $c_p$  la capacité calorifique à pression constante,  $r_0$  le rayon du jet à sa base et  $c$  la vitesse du son). La température ambiante est supposée plus faible que la température à la base du jet. Les variations de température dans l'écoulement induisent de fortes variations de viscosité : la viscosité à température ambiante étant nettement plus faible que celle dans le jet. La viscosité est pour cette raison tabulée en fonction de la température. Les dérivés spatiales sont approchées en utilisant un schéma différences finis compact d'ordre 6 [27]. La discrétisation en temps est réalisée par un schéma de Runge Kutta *low storage* d'ordre 3 [28].

### 3.1 Aspects numériques

Les perturbations sont rapidement dissipées autour du jet et l'utilisation d'un domaine de calcul suffisamment large et d'une zone éponge permet de s'affranchir de réflexion non-physique au niveau des bords latéraux. Les conditions non-réflexives ([29], [30], [31]) de Poinso-Lele [32] sont appliquées aux niveaux de l'entrée et de la sortie du domaine. Une zone éponge est utilisée au niveau de la sortie dans la direction axiale. Une condition faible [33] est mise en œuvre pour la pression de sortie pour la forcer progressivement vers la pression du milieu ambiant. La vitesse et la température du jet sont prérites au niveau de l'entrée ; un profil classique en tangente hyperbolique est utilisé. Le maillage dans les directions transverses est choisi dans le but d'obtenir au moins 10 points de grille au niveau de la zone de cisaillement. Pour modéliser l'influence des mouvements d'arc sur l'écoulement, des perturbations axiales et hélicoïdales de l'ordre de 30% sont imposées au niveau de la vitesse d'entrée. Notons que Boersma *et al.* ([34],[35]) ont utilisé des perturbations deux fois moins intenses dans leur étude sur la bifurcation des jets incompressibles.

### 3.2 Résultats numériques

Les premiers tests numériques que nous avons réalisés pour étudier l’effet des fortes perturbations sur le développement du jet compressible ont montrées des résultats très semblables à ceux de [34]. Les modes d’excitation axial et hélicoïdal notamment, présentent les mêmes structures que dans le cas incompressible (Figure 6) : les *vortex rings* dans le cas de la pulsation axiale, zone de forte vorticité et de faible pression en forme de tore ; l’hélice de faible pression caractéristique et éponyme dans le cas du mode hélicoïdale.

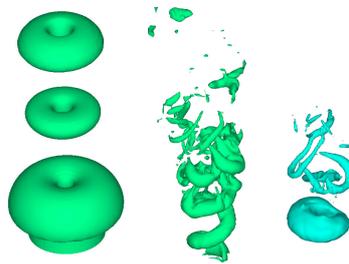


FIG. 6 – Cas test des perturbations [24].

Des tests ont ensuite été conduits, à perturbation constante (mimant le comportement en sortie de la chambre de la torche à plasma), pour déterminer l’influence de la température du milieu ambiant. On observe ainsi sur les images de la Figure 7 que le jet semble de plus en plus turbulent au fur et à mesure que la température du milieu ambiant diminue. Ce phénomène a été expliqué en introduisant un nombre de Reynolds de l’écoulement basé sur les caractéristiques du milieu ambiant et non sur celles au niveau de la base du jet [24].

Finalement, des simulations fines, 120 millions de points de grille, ont été menées, pour une température du milieu ambiant 4 fois plus petit que celle du jet. Le nombre de Reynolds de l’écoulement est alors d’environ 3500. On observe sur la Figure 8 une représentation 3D d’une iso-vorticité. On constate que l’écoulement est rapidement développé notamment à cause des fortes pulsations.

### 3.3 Perspectives

Les perspectives sur cette partie de l’étude visent principalement à mieux traiter la physique de l’écoulement. D’abord, bien qu’une méthode LES du type de [36] ait déjà été utilisée pour permettre une montée en Reynolds, il serait intéressant d’utiliser des maillages plus fins afin de mieux capter les phénomènes dans la zone de cisaillement. Les propriétés de la viscosité et de la conductivité thermique dans la gamme de température varient en effet assez fortement. Il serait de plus intéressant d’utiliser une physique un peu plus complexe en n’utilisant plus la loi des gaz parfaits mais plutôt une tabulation de l’énergie interne en fonction de la température. Ces travaux sont en cours à Clermont-Ferrand où Thierry Dubois va lancer des simulations utilisant 300 millions de points.

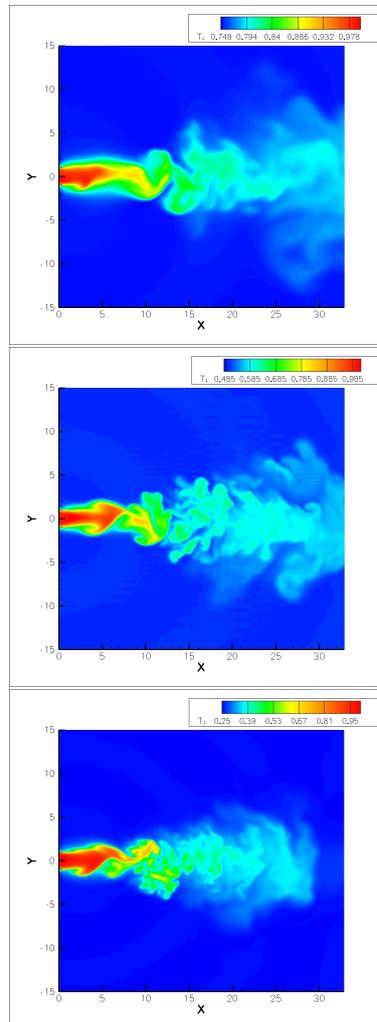


FIG. 7 – *Haut* : Rapport de température de 0.75. *Milieu* : Rapport de température de 0.5. *Bas* : Rapport de température de 0.25. Développement du jet en fonction de la température du milieu ambiant (champ de température) [24].

## Références

- [1] L. KLINGER, *Simulation Numérique 3D d'une Torche à Plasma par une Méthode de Volumes Finis*, Ph.D. thesis, EPFL, 2002.
- [2] E. LEGROS, G. MARIAUX, A. VARDELLE, *3-D Time-Dependant Modeling of the Plasma Spray Process : Particle Behavior in Plasma Jet*, Proceedings of the 4th ICCHMT, 2005.

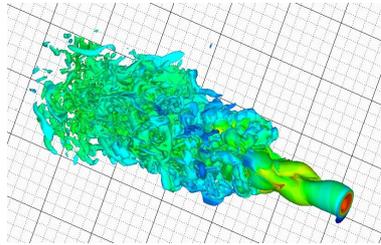


FIG. 8 – Champs de vorticité en 3D.

- [3] C. BAUDRY, *Contribution à la modélisation instationnaire et tridimensionnelle du comportement dynamique de l'arc dans une torche de projection plasma*, thèse de l'université de Limoges, 2003.
- [4] S. K. GODUNOV, *A finite-difference method for the numerical computation and discontinuous solutions of the equations of fluid dynamics*, Mat. Sb., Vol. 7, pp 271-306, 1959.
- [5] P.L. ROE, *Approximate Riemann Solvers, Parameter Vectors, and Difference Schemes*, Journal of Computational Physics, Vol. 43, pp 357-372, (1981).
- [6] B. VAN LEER, *Towards the Ultimate Conservative Difference Scheme. V. A Second Order Sequel to Godunov's Method*, Journal of Computational Physics, Vol. 32, 1979.
- [7] E. GODLEWSKY, P. A. RAVIART, *Numerical approximation of hyperbolic conservation laws*, Springer-Verlag, 1996.
- [8] M.E. HUBBARD, *Multidimensional Slope Limiters for MUSCL-Type Finite Volume Schemes on Unstructured Grids*, Journal of Computational Physics, Vol. 155, 1999.
- [9] B. DESPRÈS, *An explicit a priori estimate for a finite volume approximation of linear advection on non-cartesian grids*, SIAM journal of numerical analysis, Vol. 42, 2004.
- [10] A. HARTEN, *High resolution schemes for hyperbolic conservation laws*, Journal of Computational Physics, Vol. 49, 1983.
- [11] J. B. GOODMAN and R. J. LEVEQUE, *On the Accuracy of Stable Schemes for 2D Scalar Conservation Laws*, Mathematics of Computation, Vol. 45, No 171, 1985.
- [12] R. EYMARD, T. GALLOUET and R. HERBIN, *Finite Volume Method*, Handbook for Numerical Analysis, Ph. Ciarlet J.L. Lions eds, North Holland, pp 715-1022, 2000.
- [13] S. SPEKREIJSE, *Multigrid Solution of Monotone Second-Order Discretizations of Hyperbolic Conservation Laws*, Mathematics of Computation, Vol. 49, 1987.
- [14] A. JAMESON, *Analysis and Design of Numerical Schemes for Gas Dynamics 1. Artificial Diffusion, Upwind Biasing, Limiters and their Effect on Accuracy and Multigrid*, 1994.
- [15] P.H. COURNÈDE, C. DEBIEZ and A. DERVIEUX, *A Positive MUSCL Scheme for Triangulations*, rapport de recherche INRIA, No 3465, 1998.
- [16] R. COURANT, E. ISAACSON and M. REES, *On the solution of non-linear hyperbolic differential equations by finite differences*, Commun. Pure Appl. Math., Vol. 5, pp 243-255, 1952.

- [17] T. BARTH, *Numerical Methods for conservative Laws on Structured and Unstructured Meshes*, VKI March 2003 Lecture Series, 2003.
- [18] C. CHAINAIS-HILLAIRET, *Second-order Finite-volume Schemes for Non-linear Hyperbolic Equation : Error Estimate*, Mathematical Methods in the Applied Sciences, 2000.
- [19] P. K. SWEBY, *High resolution schemes using flux limiters for hyperbolic conservation laws*, SIAM J. Numer. Anal., Vol. 21, pp 995-1011, 1984.
- [20] S. CLAIN and V. CLAUZON,  *$L^\infty$  stability of the MUSCL methods*, submitted to Numerische Mathematik, 2009.
- [21] T. BUFFARD and S. CLAIN, *Multi-Slope MUSCL Methods for Unstructured Meshes*, preprint 2007.
- [22] R. TOUZANI, *An Object Oriented Finite Element Toolkit*, Proceedings of the FifthWorld Congress on Computational Mechanics (WCCM V), Vienna, Austria, July 7-12, 2002.
- [23] R. ABGRALL and M. MEZINE, *Construction of second order accurate monotone and stable residual distribution schemes for unsteady flow problems*, Vol. 188, Issue 1, pp 16-55, 2003.
- [24] V. CLAUZON, *Analyse de schémas d'ordre élevé pour les écoulements compressibles. Application à la simulation numérique d'une torche à plasma*, 2008.
- [25] E.F. TORO, *Riemann Solvers and Numerical Methods for Fluid Dynamics*, Springer-Verlag, Second Edition, 1999.
- [26] P. WOODWARD and P. COLELLA, *The Numerical Simulation of Two-Dimensional Fluid Flow with Strong Shocks*, Journal of Computational Physics, Vol. 54, pp 115-172, 1984.
- [27] S. K. LELE, *Compact Finite Difference Schemes with Spectral-like Resolution*, Journal of Computational Physics, No 103, pp 16-42, 1992.
- [28] C. KENNEDY, M.H. CARPENTER and R.M. LEWIS, *Low-storage, Explicit Runge-Kutta Schemes for the Compressible Navier-Stokes Equations*, ICASE Report No. 99-22, 1999.
- [29] T. COLONIUS, *Numerically Nonreflecting Boundary and Interface Conditions for Compressible Flow and Aeroacoustic Computations*, AIAA Journal, Volume 35, No 7, pp 1126-1133, 1997.
- [30] K. W. THOMPSON, *Time Dependant Boundary Conditions for Hyperbolic Systems*, Journal of computational physics, Vol. 68, pp 1-24, 1987.
- [31] K. W. THOMPSON, *Time Dependant Boundary Conditions for Hyperbolic Systems, II*, Journal of computational physics, Vol. 89, pp 439-461, 1990.
- [32] T. J. POINSOT, S. K. LELE, *Boundary Conditions for direct Simulations of Compressible Viscous Flows*, Journal of Computational Physics, No 101, pp 104-129, 1991.
- [33] D. H. RUDY, J. C. STRIKWERDA, *A Nonreflecting Outflow Boundary Condition for Subsonic Navier-Stokes Calculations*, J. of Computational Physics, Vol. 36, pp 55-70, 1980.
- [34] I. DANAILA and B.J. BOERSMA, *Mode interaction in a forced homogeneous jet at low Reynolds numbers*, CTR, Proceedings of the summer program, 1998.
- [35] B. J. BOERSMA, A. HILGERS, *Optimization of turbulent jet mixing*, Fluid Dynamics Research, Vol. 29, pp 345-368, 2001.
- [36] C. BOGEY and C. BAILLY, *Large eddy simulation of round free jets using explicit filtering with/without dynamic Smagorinsky model*, International Journal of Heat and Fluid Flow, 2006.

## Jeux déterministes et EDP du second ordre

par Robert V. Kohn<sup>1</sup> et Sylvia Serfaty<sup>2</sup>

### Résumé

On présente une version introductive de notre récent travail sur l’interprétation des EDP du second ordre paraboliques et elliptiques via des jeux déterministes.

## 1 Introduction

Le but de cet article est de donner une présentation simplifiée de notre récent travail sur l’interprétation par jeux déterministes de certaines Equations aux Dérivées Partielles (EDP) non linéaires du second ordre. Ceci se décline en deux thèmes :

- *L’interprétation par contrôle déterministe d’équations d’évolution géométriques* [10], et
- *L’interprétation par contrôle déterministe des EDP complètement non linéaires paraboliques et elliptiques.* [11].

Nous allons ici nous concentrer sur quelques exemples simples et présenter les arguments heuristiques qui mettent en lumière les idées principales. Pour une présentation rigoureuse et générale, nous renvoyons le lecteur aux deux articles originaux [10, 11].

## 2 Interprétation par contrôle déterministe des équations d’évolution géométriques

La méthode des “lignes de niveau” (“level set method”, en anglais) a été introduite dans les années 80 comme une méthode numérique pour simuler les évolutions géométriques, dans [12]. Par évolution géométrique, on entend une évolution sur des ensembles géométriques, ou l’évolution d’une fonction qui ne dépend que de la donnée des lignes de niveau de la fonction (et non de ses valeurs). La méthode des lignes de niveau a rapidement été reconnue comme étant également un outil puissant pour analyser l’existence et l’unicité de telles équations d’évolution, voir [3, 7].

Quand la vitesse d’une interface en mouvement ne dépend que de la normale à l’interface, la description du mouvement par lignes de niveau est une EDP du premier ordre (une équation de Hamilton-Jacobi). Quand la vitesse dépend aussi de la courbure, l’équation du mouvement décrit en lignes de niveau est une EDP du second ordre parabolique ou elliptique. On considère en général que les EDP du premier et du second ordre sont de nature différente. Par exemple,

<sup>1</sup>Professeur, Courant Institute of Mathematical Sciences, New York Univ., USA, <http://www.math.nyu.edu/faculty/kohn/>

<sup>2</sup>Professeur, Courant Institute of Mathematical Sciences, New York Univ., USA et Laboratoire Jacques-Louis Lions, Paris 6, <http://www.ann.jussieu.fr/2007/SylviaSerfaty.php3>

Jeux déterministes et EDP du second ordre

- Les EDP du premier ordre ont des caractéristiques, tandis que les EDP du second ordre (paraboliques et elliptiques) n’en ont pas.
- Les équations de Hamilton-Jacobi ont des liens bien connus avec les problèmes de contrôle déterministes (ceci est par exemple l’essence de la formule de Hopf-Lax pour la solution de  $u_t - H(\nabla u) = 0$  lorsque  $H$  est convexe); pour les équations du second ordre, l’interprétation habituelle en termes de contrôle se fait par contrôle stochastique plutôt que déterministe.

Le point de départ de [10] était l’observation que pour certaines évolutions géométriques, les cas du premier et second ordre sont en fait assez similaires. Pour expliquer l’idée, examinons deux exemples-clés :

- (i) *Mouvement à vitesse constante.* Considérons l’évolution d’une région  $\Omega$  du plan dont le bord bouge vers l’intérieur à vitesse 1 (Figure 1, à gauche). L’évolution est complètement caractérisée par le temps d’arrivée

$$u(x) = \text{temps que prend le bord en mouvement pour passer par le point } x.$$

Cette fonction est solution de l’équation d’Hamilton-Jacobi stationnaire

$$|\nabla u| = 1 \text{ dans } \Omega \tag{1}$$

avec  $u = 0$  au bord, et elle est caractérisée par le problème d’optimisation

$$u(x) = \min_{z \in \partial\Omega} \text{dist}(x, z). \tag{2}$$

- (ii) *Mouvement par courbure moyenne.* Considérons à présent l’évolution d’un domaine convexe  $\Omega$  du plan dont le bord bouge à vitesse égale à sa courbure, vers l’intérieur si la courbure est positive, vers l’extérieur si elle est négative (Figure 1, droite). Pour suivre l’évolution du bord comme courbe paramétrée, on doit résoudre une équation parabolique non linéaire. Mais si le domaine est initialement convexe, il reste convexe, donc son évolution est de nouveau complètement caractérisée par son temps de passage en chaque point  $u$ . On voit assez facilement que la courbure d’un ensemble de niveau de  $u$  est égale à  $-\text{div}(\nabla u/|\nabla u|)$ , et que la vitesse du front en mouvement est  $1/|\nabla u|$ , donc le temps de passage du front en mouvement par courbure moyenne est solution de

$$|\nabla u| \text{div}(\nabla u/|\nabla u|) + 1 = 0 \text{ dans } \Omega \tag{3}$$

avec  $u = 0$  au bord. Cette EDP est au mouvement par courbure moyenne ce que l’équation eikonale (1) est au mouvement à vitesse constante.

Nous suggérons que ces évolutions sont similaires au sens où *le mouvement par courbure moyenne admet aussi une interprétation par contrôle déterministe* analogue à (2). Celle-ci utilise un jeu répété à deux joueurs, Paul et Carole, et un petit paramètre  $\varepsilon$ . Nous n’avons pas inventé ce jeu ! Il a été introduit il y a plus de trente ans par Joel Spencer, comme une heuristique pour l’étude de certains problèmes de combinatoire [18].

Dans ce jeu, tel que formulé par Spencer, Paul part d’un point  $x \in \Omega$ ; son but est de sortir du domaine aussi vite que possible, tandis que Carole veut le retarder autant que possible. Les règles du jeu sont

Jeux déterministes et EDP du second ordre

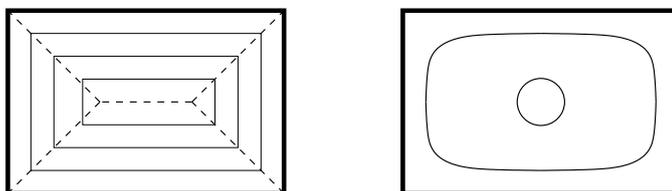


FIG. 1 – Gauche. Mouvement à vitesse constante. Droite. Mouvement par courbure moyenne.

- Paul choisit une direction, c’est-à-dire un vecteur unitaire  $|v| = 1$ .
  - Carole peut soit accepter ce choix de vecteur soit l’inverser, c’est-à-dire qu’elle choisit  $b = \pm 1$ .
  - Paul se déplace ensuite d’une distance  $\sqrt{2}\varepsilon$  dans la direction éventuellement inversée, c’est-à-dire qu’il se déplace de  $x$  à  $x + \sqrt{2}\varepsilon bv$ .
  - Les étapes précédentes sont répétées jusqu’à ce que Paul atteigne  $\partial\Omega$ .
- Par exemple, si Paul se trouve près du bord supérieur du rectangle, on pourrait penser qu’il devrait choisir  $v$  pointant vers le haut. Mais c’est un mauvais choix, puisqu’alors Carole pourrait l’inverser et il se retrouverait à devoir aller vers le bas (Figure 2, gauche).

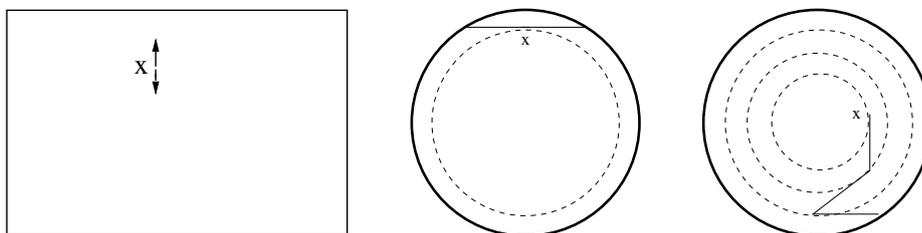


FIG. 2 – Gauche. Le dilemme de Paul – s’il essaie d’aller vers le haut, Carole l’envoie vers le bas. Droite. Paul peut sortir en un seul coup d’un cercle concentrique bien choisi. Milieu. On peut répéter cette construction.

Paul peut-il être sûr de sortir? En fait oui. Il est plus facile de comprendre pourquoi dans le cas où  $\partial\Omega$  est un cercle de rayon  $R$ . Les milieux des sécantes de longueur  $2\sqrt{2}\varepsilon$  décrivent un cercle concentrique de rayon environ  $R - \varepsilon^2/R$ . Paul est sûr de sortir en un coup si et seulement s’il démarre sur ou à l’extérieur de ce cercle concentrique (Figure 2, droite). On peut bien sûr répéter cette construction, cela donne une suite de cercles concentriques à partir desquels Paul peut sortir en un nombre de coups fini (Figure 2, milieu). Au facteur d’échelle  $\varepsilon^2$  près, ces cercles évoluent (en se rétrécissant) à vitesse normale égale à leur courbure  $1/R$ . Nous avons donc déterminé la stratégie optimale de Paul :  $\Omega = B_R(0)$  et

Jeux déterministes et EDP du second ordre

s’il est en  $x$ , son choix de  $v$  optimal est perpendiculaire à  $x$ . De plus, nous avons relié son temps de sortie minimal au mouvement par courbure moyenne.

Ce calcul est fondamentalement local, donc il n’est pas vraiment limité à des disques. Il indique que la fonction

$$u_\varepsilon(x) = \varepsilon^2 \cdot \left\{ \begin{array}{l} \text{nombre de coups qu'il faut à Paul pour sortir partant} \\ \text{de } x, \text{ en supposant que Carole suit sa stratégie optimale,} \end{array} \right\} \quad (4)$$

converge lorsque  $\varepsilon \rightarrow 0$  vers le temps de passage du mouvement par courbure moyenne. Il fournit même quelque chose d’analogue aux caractéristiques pour les EDP du second ordre (3). En effet les trajectoires de Paul se comportent comme des caractéristiques, au sens que l’EDP restreinte à la trajectoire devient une équation différentielle ordinaire. ( $u_\varepsilon$  décroît d’exactly  $\varepsilon^2$  à chaque coup le long de la trajectoire de Paul).

Le cas du disque était cependant un peu trop simplifié. Comment analyser le cas de domaines plus généraux ? Un outil essentiel pour cela est le *principe de programmation dynamique* :

$$u_\varepsilon(x) = \min_{|v|=1} \max_{b=\pm 1} \left\{ u_\varepsilon(x + \sqrt{2}\varepsilon bv) + \varepsilon^2 \right\}. \quad (5)$$

Autrement dit : partant de  $x$ , Paul choisit la meilleure direction  $v$  (en tenant compte du fait que Carole lui fait obstruction), en se rendant compte de ce qu’après *ce coup-ci*, il devra suivre un trajet optimal. Ce principe contient l’essence de l’idée que nous avons utilisée pour passer du schéma de droite de la figure 2 à celui du milieu.

L’équation elliptique dégénérée (3) est par essence l’équation de Hamilton-Jacobi-Bellman associée au principe de programmation dynamique. Pour le voir, on utilise un argument bien connu en théorie du contrôle optimal (voir par exemple le chapitre 10 de [6]). Supposant que  $u_\varepsilon$  est assez régulière pour effectuer un développement de Taylor, (5) donne

$$u_\varepsilon(x) \approx \min_{|v|=1} \max_{b=\pm 1} \left\{ u_\varepsilon(x) + \sqrt{2}\varepsilon bv \cdot \nabla u_\varepsilon(x) + \varepsilon^2 \langle D^2 u_\varepsilon(x) v, v \rangle + \varepsilon^2 \right\}, \quad (6)$$

ou

$$0 \approx \min_{|v|=1} \max_{b=\pm 1} \left\{ \sqrt{2}\varepsilon bv \cdot \nabla u_\varepsilon(x) + \varepsilon^2 \langle D^2 u_\varepsilon(x) v, v \rangle + \varepsilon^2 \right\}.$$

Paul doit donc choisir  $v$  tel que  $v \cdot \nabla u_\varepsilon(x) = 0$ , puisque sinon ce terme dominerait le membre de droite et Carole choisirait le signe de  $b$  qui le rende positif. En dimension 2, ceci impose  $v = \pm \nabla^\perp u / |\nabla u|$ . Les deux choix conviennent : le signe choisi n’a pas d’importance puisque le terme suivant est quadratique. On conclut (formellement, dans la limite  $\varepsilon \rightarrow 0$ ) que

$$\langle D^2 u \frac{\nabla^\perp u}{|\nabla u|}, \frac{\nabla^\perp u}{|\nabla u|} \rangle + 1 = 0.$$

Un calcul algébrique révèle qu’en dimension 2 ceci est la même équation que (3).

Pour résumer, le mouvement par courbure moyenne est similaire au mouvement à vitesse constante au sens où les deux évolutions peuvent être décrites par des problèmes de contrôle déterministes (le jeu de Paul et Carole contre l’équation (2)). L’EDP décrivant le temps d’arrivée est dérivée dans les deux cas à partir du problème de contrôle à l’aide du principe de programmation dynamique. Il y a cependant une différence : le jeu de Paul et

## Jeux déterministes et EDP du second ordre

Carole contient un petit paramètre  $\varepsilon$ , et on ne dérive le mouvement par courbure moyenne que dans la limite  $\varepsilon \rightarrow 0$ ; en revanche l’interprétation contrôle optimal de l’équation eikonale ne contient pas de petit paramètre.

Cette discussion a été formelle, et on s’est concentré sur les exemples les plus simples. Mais ces principes peuvent être justifiés et étendus à d’autres mouvements géométriques. En particulier :

- La convergence du temps d’arrivée de Paul (mis à l’échelle) vers le temps de passage du mouvement par courbure moyenne peut être démontrée en utilisant le cadre des “solutions de viscosité”, suivant [3, 7]. Lorsque  $u$  est assez régulière, on peut alternativement utiliser un “argument de vérification” qui fournit un résultat plus fort, en donnant une vitesse de convergence. La régularité requise est vraie pour le temps d’arrivée du mouvement par courbure moyenne dans le plan ; cependant de manière surprenante elle est fautive pour le temps d’arrivée du mouvement par courbure moyenne d’une hypersurface de dimension supérieure [16].
- Le cas d’un domaine  $\Omega$  non convexe est plus subtil. Dans ce cas  $\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} u_\varepsilon$  est le temps d’arrivée d’une évolution différente : celle où la vitesse normale est égale à  $\kappa_+$  où  $\kappa$  est la courbure et  $\kappa_+ = \max\{\kappa, 0\}$ . La preuve dépend d’un résultat d’unicité pour les solutions de viscosité, dû à Guy Barles et Francesca Da Lio, présenté en appendice C de [10].
- Ces idées peuvent être étendues en dimension plus grande et à d’autres évolutions ; de plus, la méthode peut être utilisée pour des représentations paraboliques aussi bien qu’elliptiques de mouvements par courbure [10]. En outre, une approche similaire de certaines évolutions géométriques non locales (“mouvement par courbure fractionnaire”) est développée dans [9], et le cas du mouvement par courbure moyenne avec donnée de Neumann est traité dans [8].

Notre travail a d’importants précurseurs. Le jeu de Paul et Carole est essentiellement un schéma d’approximation semi-discret (continu en espace, discret en temps) pour le mouvement par courbure moyenne. De tels schémas semi-discrets avaient déjà été considérés dans la littérature sur le traitement d’images (par exemple [2, 13, 14]), et dans des travaux sur les schémas numériques pour calculer les solutions de viscosité d’EDP du second ordre [5].

Lorsque Paul fait des choix optimaux, il devient indifférent aux choix de Carole. On peut alors se demander ce qu’il se passe si Carole tire simplement à pile ou face son choix tandis que le but de Paul est de sortir avec *probabilité un* en un temps minimal ? Une version en temps continu de ce problème a été étudiée dans [1, 17] comme interprétation par contrôle stochastique du mouvement par courbure moyenne. Le choix optimal de direction de Paul est alors le même pour ce jeu probabiliste que dans notre cadre déterministe – en gros, parce que s’il fait un choix différent, Carole pourra en tirer avantage avec probabilité 1/2.

### 3 Interprétation de type contrôle déterministe des équations complètement non linéaires

La discussion qui précède peut paraître fortement liée à la nature géométrique du problème. En particulier la “fonction valeur”  $v_\varepsilon$  de Paul convergeait vers la description par *lignes de niveau* d’un mouvement géométrique. Il est donc naturel de se demander si on peut aussi donner de telles interprétations par contrôle déterministe pour d’autres équations du second ordre qui ne seraient pas géométriques.

La réponse est positive! Bien sûr elle demande un point de vue un peu différent. L’approche qui suit pour l’équation de la chaleur linéaire unidimensionnelle nous a été suggérée par H. Mete Soner. Comme il est d’usage en théorie du contrôle, on se concentre sur la résolution d’une EDP bien posée *en sens inverse en temps* :

$$v_t + v_{xx} = 0 \text{ pour } t < T, \quad \text{avec } v = \phi \text{ à } t = T. \quad (7)$$

Le jeu associé est de nouveau un jeu à deux joueurs, nous les appellerons Hélène et Marc (nous expliquerons plus bas la raison du choix de ces prénoms). Un marqueur est initialement à la position  $x \in \text{Réponse}$  : au temps  $t$ . À chaque pas de temps

- Hélène choisit un nombre réel  $\alpha$ , puis (après avoir pris connaissance du choix d’Hélène) Marc choisit un nombre  $b = \pm 1$ .
- Hélène paie une pénalité  $\sqrt{2}\varepsilon\alpha b$ .
- Le marqueur est déplacé de  $x$  à  $x + \sqrt{2}\varepsilon b$  et le compteur de temps de  $t$  à  $t + \varepsilon^2$ .

Le jeu continue jusqu’au temps  $T$ . Hélène reçoit alors un bonus  $\phi(x(T))$ . On s’est référé au paiement par Hélène de  $\sqrt{2}\varepsilon\alpha b$  comme une pénalité, mais si ce nombre est négatif il représente en fait un gain.

Spécifions maintenant la manière dont Hélène et Marc déterminent leurs choix respectifs. Le but d’Hélène est de maximiser son score qui est son bonus diminué de ses pénalités accumulées au cours du temps. Le but de Marc (et Hélène le sait) est qu’Hélène ait le plus mauvais score final possible. La fonction valeur d’Hélène

$$v_\varepsilon(x, t) = \left\{ \begin{array}{l} \text{son meilleur score final = bonus final moins les pénalités} \\ \text{accumulées, si le jeu démarre de la position } x \text{ au temps } t, \end{array} \right\} \quad (8)$$

est donc déterminé par le principe de programmation dynamique

$$v_\varepsilon(x, t) = \max_{\alpha \in \text{Réponse}} \min_{b = \pm 1} \left\{ v_\varepsilon(x + \sqrt{2}\varepsilon b, t + \varepsilon^2) - \sqrt{2}\varepsilon\alpha b \right\} \quad (9)$$

avec la condition à temps final  $v_\varepsilon(x, T) = \phi(x)$ . Ceci conduit dans la limite  $\varepsilon \rightarrow 0$  à l’équation de la chaleur linéaire, par le même argument (fondé sur un développement de Taylor) que dans la section précédente : procédant comme pour (6) et abandonnant l’indice  $\varepsilon$  on trouve

$$v(x, t) \approx \max_{\alpha \in \text{Réponse}} \min_{b = \pm 1} \left\{ v(x, t) + \sqrt{2}\varepsilon b(v_x - \alpha) + \varepsilon^2(v_t + v_{xx}) \right\}. \quad (10)$$

Hélène doit choisir  $\alpha = v_x$  pour neutraliser le terme linéaire en  $\varepsilon$  (sans quoi Marc choisira  $b$  pour rendre ce terme négatif). Ce choix d’ $\alpha$  rend Hélène indifférente au choix de Marc

Jeux déterministes et EDP du second ordre

de  $b$ , donc (10) devient

$$v(x, t) \approx v(x, t) + \varepsilon^2(v_t + v_{xx}).$$

Soustrayant  $v(x, t)$  des deux membres et divisant par  $\varepsilon^2$  on conclut que  $v_t + v_{xx} = 0$ , comme voulu.

Cette interprétation par un “jeu” de l’équation de la chaleur linéaire peut sembler mystérieuse, mais elle est en réalité assez familière. Elle est en fait directement reliée au fait que les options européennes peuvent être parfaitement couvertes dans un marché représenté par un arbre binomial. Dans cette interprétation financière, avec  $\varepsilon > 0$ ,

- $x$  = le prix de l’action
- $-\alpha$  = la quantité d’actions du portefeuille de couverture d’Hélène
- $\sum_j \sqrt{2\varepsilon} \alpha_j b_j$  = le profit ou perte d’Hélène sur son portefeuille
- $v_\varepsilon(x, t)$  = la valeur au temps  $t$  de l’option qui paie  $\phi$  au temps  $T$ ,

avec la convention que  $\alpha_j$  et  $b_j$  sont les choix d’Hélène de  $\alpha$  et de Marc de  $b$  au temps  $t_j = t + j\varepsilon^2$ . Les prénoms des joueurs viennent de cette interprétation : Hélène vient de “hedger”, celui qui couvre l’option, en anglais ; Marc contrôle pour sa part le marché. Les prix des actions sont restreints à un arbre binomial additif puisque  $x$  croît ou décroît d’exactement  $\sqrt{2\varepsilon}$  à chaque pas de temps. L’élément crucial pour que la couverture soit parfaite est que pour un choix adéquat de  $\alpha_j$ ,

$$v_\varepsilon(x_0, t_0) + \sum_j \sqrt{2\varepsilon} \alpha_j b_j = \phi(x(T)) \tag{11}$$

quelle que soit la manière dont les  $b_j = \pm 1$  sont choisis. Hélène est averse au risque ; elle suppose toujours que le marché (Marc) va faire ses choix à son détriment. Ses  $\alpha_j$  sont donc ceux qui rendent (11) vraie.

Cette discussion est formelle, mais (tout comme les arguments du paragraphe 2) elle peut être complètement justifiée. La version rigoureuse impose une borne supérieure (assez faible) sur  $\alpha$  (de la forme  $|\alpha| \leq \varepsilon^{-a}$  où  $a > 0$ ). Le résultat principal est que  $\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} v_\varepsilon(x, t)$  existe and résout l’équation de la chaleur linéaire.

On peut trouver une interprétation similaire pour une large classe d’équations complètement non linéaires paraboliques et elliptiques. Afin d’expliquer l’idée principale, considérons d’abord le cas parabolique, et un problème avec donnée finale de la forme

$$v_t + f(Dv, D^2v) = 0 \text{ pour } t < T, \quad \text{avec } v = \phi \text{ à } t = T \tag{12}$$

sur tout  $Réponse :^n$ . On suppose que l’EDP est parabolique (dégénérée), au sens que

$$f(p, \Gamma) \leq f(p, \Gamma') \quad \text{si } \Gamma \leq \Gamma' \text{ en tant que matrices symétriques.} \tag{13}$$

Le jeu a toujours deux joueurs (que nous appelons toujours Hélène et Marc) mais les règles sont un peu différentes.

1. Hélène choisit un vecteur  $p \in Réponse :^n$  et une matrice symétrique de taille  $n \times n$   $\Gamma$  ; puis (après avoir pris connaissance du choix d’Hélène) Marc choisit un vecteur  $w \in Réponse :^n$ .

Jeux déterministes et EDP du second ordre

2. Hélène paie  $\varepsilon p \cdot w + \frac{\varepsilon^2}{2} \langle \Gamma w, w \rangle - \varepsilon^2 f(p, \Gamma)$ .
3. Le marqueur se déplace de  $x$  en  $x + \varepsilon w$  et le compteur de temps de  $t$  à  $t + \varepsilon^2$ .

Le jeu se répète de cette manière jusqu’au temps final  $T$  où Hélène reçoit le bonus  $\phi(x(T))$ . Son but est de nouveau de maximiser son bonus moins les pénalités accumulées. Marc fait de son mieux contre elle. La fonction valeur d’Hélène  $v_\varepsilon(x, t)$  vérifie maintenant le principe de programmation dynamique

$$v_\varepsilon(x, t) = \max_{p, \Gamma} \min_w \left\{ v_\varepsilon(x + \varepsilon w, t + \varepsilon^2) - \varepsilon p \cdot w - \frac{\varepsilon^2}{2} \langle \Gamma w, w \rangle + \varepsilon^2 f(p, \Gamma) \right\} \quad (14)$$

avec la condition finale  $v_\varepsilon(x, T) = \phi(x)$ . Pour identifier (12) comme l’équation de Hamilton-Jacobi-Bellman associée (dans la limite  $\varepsilon = 0$ ) on procède de la manière habituelle : en faisant un développement de Taylor et en abandonnant les indices  $\varepsilon$ , (14) donne

$$v(x, t) \approx \max_{p, \Gamma} \min_w \left\{ v(x, t) + \varepsilon w \cdot (\nabla v - p) + \varepsilon^2 \left( \frac{1}{2} \langle (D^2 v - \Gamma) w, w \rangle + f(p, \Gamma) + v_t \right) \right\}. \quad (15)$$

Hélène doit choisir  $p = \nabla v$  pour neutraliser le terme linéaire en  $\varepsilon$  (sans quoi Marc choisira un  $w$  qui rendra ce terme dominant). Elle a aussi besoin que  $\Gamma \leq D^2 v$  (sans quoi Marc peut faire tendre  $\langle (D^2 v - \Gamma) w, w \rangle$  vers  $-\infty$  par un choix approprié de  $w$ ). Pour de tels  $p$  et  $\Gamma$ , le membre de droite de (15) se réduit à

$$\max_{\Gamma \leq D^2 v} \left\{ v(x, t) + \varepsilon^2 (f(Dv, \Gamma) + v_t) \right\}$$

Le  $\Gamma$  optimal est  $D^2 v$ , à cause de la condition de parabolicité (13), ce qui amène formellement comme annoncé à l’équation de Hamilton-Jacobi-Bellman  $v_t + f(Dv, D^2 v) = 0$ .

Pour l’équation de la chaleur linéaire (7) Hélène a juste à choisir  $\alpha \in \text{Réponse}$  :. Pour l’équation complètement non linéaire (12) elle doit choisir à la fois un vecteur  $p$  et une matrice  $\Gamma$ . En reprenant les arguments, on en voit la raison : lorsque l’équation est non linéaire, on a besoin de deux quantités séparées pour “coder” à la fois  $Dv$  et  $D^2 v$ . Le vecteur  $p$  est un substitut pour  $Dv$  et la matrice  $\Gamma$  pour  $D^2 v$ .

Dans le cas des équations elliptiques, il faut modifier un peu le jeu d’Hélène et Marc. Comme il n’y a plus d’horizon de temps fini  $T$ , le score pourrait varier indéfiniment et ne pas avoir de limite. Pour éviter ce problème, on introduit un taux d’intérêt, égal à un taux d’actualisation  $r > 0$ , ce qui est également naturel dans l’optique d’une interprétation financière.

Pour des raisons similaires, nous avons besoin de considérer des équations qui ont une dépendance en  $u$ , typiquement monotone en  $u$ . Pour fixer les idées, considérons une équation elliptique de la forme

$$f(Dv, D^2 v) + rv = 0 \quad \text{si } x \in \Omega, \quad \text{avec } v = g \text{ sur } \partial\Omega, \quad (16)$$

où  $\Omega$  est un domaine borné de  $\text{Réponse}$  :<sup>n</sup> et  $f$  vérifie la même condition d’ellipticité (13). Les règles du jeu correspondant sont les suivantes :

1. On part d’un point  $x \in \Omega$ , Hélène dispose de l’argent  $z = 0$ .

Jeux déterministes et EDP du second ordre

2. Hélène choisit un vecteur  $p \in \text{Réponse} :^n$  et une matrice symétrique de taille  $n \times n$   $\Gamma$  ; puis (après avoir pris connaissance du choix d’Hélène) Marc choisit un vecteur  $w \in \text{Réponse} :^n$ .
3. La quantité de perte/profit d’Hélène est toujours donnée par  $\delta = \varepsilon p \cdot w + \frac{\varepsilon^2}{2} \langle \Gamma w, w \rangle - \varepsilon^2 f(p, \Gamma)$ , mais sa dette ou richesse  $z$  est actualisée à l’aide du taux  $r$  et changée en  $e^{r\varepsilon^2} (z + \delta)$ .
4. Le marqueur se déplace de  $x$  en  $x + \varepsilon w$ .
5. Si le bord de  $\Omega$  est franchi en un point  $x$ , le jeu s’arrête, et Hélène touche le bonus  $g(x)$ .

Ces étapes se répètent indéfiniment ou jusqu’à la sortie du domaine. Même si le nombre de tours est infini, le taux d’actualisation  $r > 0$  garantit que la fonction valeur  $v_\varepsilon(x)$  d’Hélène

$$v_\varepsilon(x, t) = \left\{ \begin{array}{l} \text{son meilleur score final = bonus de sortie éventuel} \\ \text{moins les dettes accumulées, si le jeu démarre de la position } x, \end{array} \right\} \quad (17)$$

(c’est-à-dire sa dette ou sa richesse finale, en suivant sa meilleure stratégie) forme une série convergente. (En réalité on doit également fixer un plafond à la dette ou au gain d’Hélène, à ne pas dépasser, sans quoi on impose que le jeu s’arrête également.)

Cette fonction valeur  $v_\varepsilon$  vérifie le principe de programmation dynamique

$$v_\varepsilon(x) = \max_{p, \Gamma} \min_w \left[ e^{-r\varepsilon^2} \hat{v}_\varepsilon(x + \varepsilon w) - \varepsilon p \cdot w - \frac{\varepsilon^2}{2} \langle \Gamma w, w \rangle + \varepsilon^2 f(p, \Gamma) \right] \quad (18)$$

où  $\hat{v}_\varepsilon$  est la fonction  $v_\varepsilon$  étendue par  $g$  à l’extérieur du domaine. Un calcul formel par développement de Taylor, montre comme précédemment que l’EDP associée à ce principe de programmation dynamique à la limite  $\varepsilon \rightarrow 0$  est bien (16).

Les calculs présentés ici sont bien évidemment purement formels. La solution d’une équation complètement non linéaire de la forme (12) n’est pas nécessairement régulière, pas même  $C^1$ . L’analyse rigoureuse utilise de nouveau les méthodes de solutions de viscosité, et montre que les “semi-limites relaxées”

$$\begin{aligned} \bar{v}(x, t) &= \limsup_{y \rightarrow x, s \rightarrow t, \varepsilon \rightarrow 0} v_\varepsilon(y, s) \\ \underline{v}(x, t) &= \liminf_{y \rightarrow x, s \rightarrow t, \varepsilon \rightarrow 0} v_\varepsilon(y, s) \end{aligned}$$

sont respectivement une sous-solution et une sur-solution de l’EDP. Si  $f$  est telle que l’EDP admette un principe de comparaison (c’est-à-dire qu’une sous-solution soit toujours inférieure à une sur-solution) il s’ensuit alors que  $\bar{v} = \underline{v}$ .

Notre jeu pour l’équation de la chaleur linéaire était relié à la couverture d’un marché représenté par un arbre binomial. Il peut donc être vu comme une version déterministe et en temps discret du modèle de Black-Scholes du pricing d’options. Notre jeu pour l’équation parabolique non linéaire (12) est de la même manière une version déterministe en temps discret de la représentation stochastique développée dans [4]. Le cadre elliptique est nouveau.

## 4 Discussion

La tableau suivant récapitule quelques connections bien connues entre EDP et applications. Les équations de Hamilton-Jacobi proviennent fréquemment de problèmes de contrôle optimal. L'équation de la chaleur linéaire est quant à elle le flot gradient de l'énergie de Dirichlet, et le mouvement par courbure moyenne celui du périmètre. L'équation de la chaleur linéaire est également reliée au mouvement Brownien, et la fonction valeur d'un problème de contrôle stochastique est solution d'une équation parabolique non linéaire.

	contrôle déterministe	contrôle stochastique	flot gradient
1er ordre non linéaire	Hamilton-Jacobi		
2e ordre linéaire	***	marche aléatoire	$\int  \nabla u ^2$
2e ordre non linéaire	***	diffusion contrôlée	périmètre

Notre contribution a été d'ajouter deux connections supplémentaires, correspondant aux astérisques du tableau :

- (1) On a montré que le mouvement par courbure moyenne admet une interprétation contrôle déterministe ; en effet, sa représentation par lignes de niveau est essentiellement l'équation de Hamilton-Jacobi-Bellman d'un jeu à deux joueurs.  
Nous nous sommes concentrés par simplicité sur le cas de l'évolution de courbes convexes du plan, mais le point de vue est beaucoup plus général.
- (2) On a montré que de nombreuses EDP non linéaires admettent des interprétations par contrôle déterministe. La condition essentielle est que l'EDP admette un principe de comparaison (et donc une unique solution de viscosité). On élargit dans [9] notre approche à des équations non locales, les équations intégro-différentielles paraboliques, correspondant en probabilités aux processus de Lévy, et pour lesquelles un tel principe existe également.
- (3) Restreinte à l'équation de la chaleur linéaire, notre interprétation est fortement reliée au pricing et à la couverture d'options dans un marché en arbre binomial.

Ces connections ont selon nous leur intérêt intrinsèque. Peut-être peuvent-elles aussi avoir un intérêt pratique. Nous concluons par deux questions sur de possibles directions futures.  
– *Nos interprétations par contrôle déterministe peuvent-elles servir à démontrer de nouveaux résultats sur les EDP ?* De ce point de vue, les jeux du paragraphe 2 semblent plus prometteurs. En fait, notre article [10] inclut une modeste application de cette nature : on

montre qu’il y a un “temps d’attente” pour le mouvement par partie positive de la courbure  $\kappa_+$  (c’est le Théorème 7 de l’article). Les jeux du paragraphe 3 semblent moins prometteurs, parce qu’ils sont essentiellement indépendants de l’équation. Bien sûr si le but est de dériver de nouveaux résultats d’EDP, il n’y a aucune raison de se restreindre aux jeux *déterministes*. Le récent article [15] donne un excellent exemple de la manière dont une interprétation liée à l’équation mais stochastique peut permettre de dériver de nouveaux résultats sur une EDP non linéaire, plus précisément celle de l’“infini laplacien”.

- *Nos interprétations de type contrôle déterministe peuvent-elles servir de schémas numériques ?* Comme on l’a noté au paragraphe 2, notre interprétation du mouvement par courbure moyenne est fortement liée aux schémas numériques pour les mouvements par courbure étudiés dans [2, 5, 13, 14]. Concernant le paragraphe 3 : le principe de programmation dynamique (14) revient à un schéma semi-discret en temps pour (12). Lorsque la solution est régulière il revient à un schéma d’Euler explicite, puisque les  $p$  et  $\Gamma$  optimaux sont  $Dv$  et  $D^2v$  respectivement. Donc (14) est une version de schéma d’Euler explicite qui fonctionne même si la solution n’est pas  $C^1$ . Ce schéma peut-il être approché numériquement par une approximation discrète en espace ?

**Note.** La plus grande partie de cet article est déjà parue en anglais dans l’article “Deterministic games and Second order PDE’s” de Robert V. Kohn et S. Serfaty, *Proceedings of the 2007 ICIAM conference, European Mathematical Society*, et une grande partie du paragraphe 2 apparaissait déjà dans un article “Parabolic PDE’s and Deterministic Games,” de Robert V. Kohn, *SIAM News* **40**, no. 8 (Oct. 2007).

## Références

- [1] Buckdahn, R., Caraliaguet, P., and Quincampoix, M., A representation formula for the mean curvature motion, *SIAM J. Math. Anal.* **33** (2001) 827–846.
- [2] Catté, F., Dibos, F., and Koepfler, G., A morphological scheme for mean curvature motion and applications to anisotropic diffusion and motion of level sets, *SIAM J. Numer. Anal.* **32** (1995) 1895–1909.
- [3] Chen, Y.G., Giga, Y., and Goto, S., Uniqueness and existence of viscosity solutions of generalized mean curvature flow equations, *J. Diff. Geom.* **33** (1991) 749–786.
- [4] Cheridito, P., Soner, H.M., Touzi, N., and Victoir, N., Second-order backward stochastic differential equations and fully nonlinear parabolic PDE’s, *Comm. Pure Appl. Math.* **60** (2006) 1081–1110.
- [5] Crandall, M. and Lions, P.L., Convergent difference schemes for nonlinear parabolic equations and mean curvature motion, *Numer. Math.* **75** (1996) 17–41.
- [6] Evans, L.C., *Partial Differential Equations*, American Mathematical Society (1997).
- [7] Evans, L.C. and Spruck, J., Motion of level sets by mean curvature I, *J. Diff. Geom.* **33** (1991) 635–681.

---

Jeux déterministes et EDP du second ordre

- [8] Giga, Y. and Liu, Q., A Billiard-Based Game Interpretation of the Neumann Problem for the Curve Shortening Equation, prépublication, <http://eprints.math.sci.hokudai.ac.jp/archive/00001901/>.
- [9] Imbert, C. and Serfaty, S., Repeated games for eikonal equations, fractional mean curvature flows and integro-differential parabolic equations, en préparation.
- [10] Kohn, R.V. and Serfaty, S. (with an appendix by G. Barles and F. Da Lio), A deterministic-control-based approach to motion by curvature, *Comm. Pure Appl. Math.* **59** (2006) 344–407.
- [11] Kohn, R.V. and Serfaty, S., A deterministic-control-based approach to fully nonlinear parabolic and elliptic equations, prépublication.
- [12] Osher, S. and Sethian, J.A., Fronts propagating with curvature-dependent speed – Algorithms based on Hamilton-Jacobi formulations, *J. Comp. Phys.* **79** (1988) 12–49.
- [13] Guichard, F., Thèse, Université de Paris – Dauphine, Paris (1994).
- [14] Pasquignon, D., Approximation of viscosity solutions by morphological filters, *ESAIM: Control Optim. and Calc. of Var.* **4** (1999) 335–359.
- [15] Peres, Y., Schramm, O., Sheffield, S., and Wilson, D., Tug of war and the infinity Laplacian, *J. Amer. Math. Soc.* **22**, (2009), 167-210.
- [16] Sesum, N., Rate of convergence of the mean curvature flow, *Comm. Pure Appl. Math.* **61** (2007) 464–485.
- [17] Soner, H.M. and Touzi, N., A stochastic representation for mean curvature type geometric flows, *Ann. Prob.* **31** (2003) 1145–1165.
- [18] Spencer, J., Balancing games, *J. Combinatorial Th. Ser B* **23** (1977) 68–74.

## Comptes Rendus de Manifestations

COMPTE-RENDU SMAI 2009, LA-COLLE-SUR-LOUP, 25-29 MAI 2009

*Communiqué par Anne de Bouard*

COMPTE RENDUS DE MANIFESTATIONS

La biennale de la SMAI s’est déroulée cette année 2009 au Belambra-VVF de la Colle sur Loup, petit village des Alpes Maritimes, situé entre Vence et Cagnes-sur-Mer. Elle était organisée conjointement par la SMAI et le Centre de Mathématiques Appliquées de l’Ecole Polytechnique. Le choix du site de la conférence, qui peut traditionnellement être géographiquement éloigné du laboratoire organisateur, s’est révélé positif. En effet, l’accès à la Colle sur Loup est facilité par la proximité de l’Aéroport Nice-Côte d’Azur et d’autre part, la présence constante du soleil durant toute cette dernière semaine de mai a permis aux quelques deux cent quarante cinq participants de profiter largement du site, dans une ambiance détendue, mais néanmoins studieuse.

Comme le veut le cahier des charges de la biennale, le programme mis au point par le comité scientifique balayait un large spectre des mathématiques appliquées. Dix conférences plénières ont été données par A. Buffa (Pavie, Italie), M.P. Cani (INPG et INRIA, Grenoble), R. Carmona (Princeton, USA), N. Fournier (LAMA, Paris 12), J.B. Lasserre (LAAS-CNRS, Toulouse), B. Perthame (LJLL, Paris 6), S. Piperno (Cermics, ENPC), S. Serfaty (CIMS, New York et LJLL, Paris 6), A. Tsybakov (CREST et Paris 6), M. Unser (EPFL, Suisse).

Quinze minisymposia ont également été organisés, permettant de faire le point sur des sujets variés ayant traités à divers domaines d’applications des mathématiques : mathématiques financières (organisé par P. Tankov), recherche opérationnelle (S. Gaubert et F. Meunier), jeux dynamiques (J. Renault), architecture et calcul (V. Louvet), traitement d’images (C. Gout), statistique et médecine (P. Bertrand), contrôle optimal (J.P. Raymond), physique mathématique (J.C. Guillot), décomposition de domaine (M. Gander), nage des poissons (A. Munnier), réseaux de communications (C. Graham), transport optimal (A. Figalli), homogénéisation (J.F. Babadjian), méthodes multi-résolution (M. Massot), échantillonnage compressé (G. Peyré).

La demi-journée du jeudi matin était consacrée aux mathématiques en entreprise, avec la participation de S. Mallat (Ecole polytechnique, ancien PDG de “Let it Wave”) pour son expérience dans la création de start up, F. Falzon (Thales) qui nous a parlé d’observation depuis l’espace, et B. Dupire (Bloomberg L.P.) qui nous a parlé de modèles mathématiques en finance.

Enfin, quatre-vingt communications orales, réparties en vingt sessions parallèles, et trente six communications murales, réparties en deux sessions ont été retenues parmi celles proposées par les participants. Les organisateurs et les participants ont été unanimes sur

---

## COMPTE RENDUS DE MANIFESTATIONS

---

le haut niveau de qualité de l'ensemble de ces communications. Cinq prix posters ont récompensé les meilleures communications murales. Les lauréats sont F. Charles (CEA Saclay et ENS Cachan), X. Claeys (SAM ETH Zurich), H. Mathis (Strasbourg), N. Sabater (ENS Cachan) et M. Zghal (ENIT LAMSIN, INRIA).

La soirée du mardi était consacrée à l'assemblée générale annuelle de la SMAI, représentée par son président D. Talay, au cours de laquelle la création d'un nouveau groupe thématique de la SMAI a été proposée et approuvée. La traditionnelle soirée dansante, qui suivait le traditionnel banquet a connu son succès habituel le jeudi soir.

L'organisation du congrès SMAI 2009 a été rendue possible grâce au soutien financier du CEA, du CNRS, d'IMACS, de l'INRIA, de la Direction Générale Adjointe à la Recherche de l'École Polytechnique, mais également de la Chaire MMSN, de la Chaire Risques Financiers, de la Chaire Finance et Développement Durable : Aspects quantitatifs, et de la Chaire Dérivés du Futur.

Les membres du comité d'organisation et de la SMAI ont noté une encourageante participation des jeunes, et particulièrement des jeunes chercheuses. Espérons que cela se poursuivra à l'avenir, et rendez-vous dans deux ans pour le congrès SMAI 2011, organisé par la Fédération Denis Poisson (Orléans-Tours).

### RETOUR SUR LA CONFÉRENCE WAVES 2009

*Communiqué par **Hélène Barucq***

La neuvième édition de la conférence Waves (Waves 2009), organisée conjointement par les projets Magique-3D de l'INRIA Bordeaux - Sud-Ouest et POems de l'INRIA Paris - Rocquencourt, s'est déroulée du 15 au 19 juin à Pau. 250 chercheurs en Mathématiques Appliquées et en Géophysique, de 31 nationalités différentes, se sont retrouvés pour présenter leurs travaux les plus récents sur la modélisation et l'étude de la propagation des ondes. Les conférences plénières ont été filmées et sont disponibles en ligne :  
<https://waves-2009.bordeaux.inria.fr/index.php?lang=fr>

En marge de la manifestation scientifique, cette conférence a également été l'occasion pour les participants de découvrir les cultures béarnaise et basque ... à redécouvrir en photos :  
<https://waves-2009.bordeaux.inria.fr/index.php?lang=fr&page=16>

---

COMPTES RENDUS DE MANIFESTATIONS

---

**COMPTE RENDU DU CONGRÈS MAMERN09**

*Communiqué par Julie Joie<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Laboratoire de Mathématiques et de leurs Applications, CNRS-UMR5142, Université de Pau, Av. de l'Université, 64000 Pau, France. E-mail : [julie.joie@univ-pau.fr](mailto:julie.joie@univ-pau.fr)

La troisième édition de la conférence internationale MAMERN (Méthodes d'Approximation et Modélisation numérique en Environnement et Ressources Naturelles) a eu lieu à Pau du 8 au 11 juin 2009. <http://lma.univ-pau.fr/meet/mamern09/>. Cette conférence a été organisée conjointement par le Laboratoire de Mathématiques et de leurs Applications de l'Université de Pau & CNRS UMR 5142 (France), le Département de Mathématiques Appliquées de l'Université de Grenade (Espagne) et par le Département de Mathématiques et d'Informatique de l'Université Mohammed Premier Oujda (Maroc). La première conférence MAMERN a eu lieu à Oujda au Maroc du 9 au 11 mai 2005, la deuxième a été organisée à Grenade du 11 au 13 juin 2007.

MAMERN09 a bénéficié du soutien des sociétés savantes IMACS, SEMA (Espagne), SMAI (France), SM2A (Maroc) et a été sponsorisée par : CNRS (France), CNRST (Maroc), Groupement National de Recherche MoMaS/PACEN CNRS 2439, Institut Français du Pétrole, Rueil Malmaison (France), Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, Fontenay-Aux-Roses (France), et la société Total, Pau (France).

Les thèmes de cette conférence étaient :

- Approximation et modélisation appliquées aux sciences environnementales et aux ressources naturelles.
- Nouvelles applications et nouveaux développements de méthodes d'approximation.
- Mathématiques et informatique en géosciences.
- Modélisation des écosystèmes.
- Ingénierie océanographique et côtière.
- Modélisation numérique d'écoulement et de transport en milieu poreux.
- Analyse mathématique de modèles en milieu poreux.
- Modélisation multi-échelles d'écoulement et de transport en milieu poreux.
- Modélisation statistique en géosciences. Quantification des incertitudes.
- Equations aux dérivées partielles stochastiques.

Ces thèmes couvrent une grande partie des sujets portant sur la modélisation en environnement. La conférence initialement, française, espagnole et marocaine, a donc finalement attirée, près de 190 participants venant de 23 pays différents.

Le programme scientifique de cette conférence était composé de 8 conférences plénières, de 16 mini-symposiums comprenant autour de 80 communications et de 70 communications orales et posters réparties en 3 sessions parallèles : Méthodes d'approximation, Méthodes numériques pour les EDPs et Méthodes statistique et stochastique.

Les conférenciers invités étaient :

- Jesús Ildefonso Díaz (Université de Madrid, Espagne)

## COMPTE RENDUS DE MANIFESTATIONS

- Jocelyne Erhel (INRIA-Rennes, France)
- Giuseppe Gambolati (Université de Padova, Italie)
- Stéphan T. Grilli (Université de Rhode Island, USA)
- Michel Panfilov (Université de Nancy, France)
- Carlos Parés (Université de Málaga, Espagne)
- Paul Sablonnière (INSA-Rennes, France)
- Pierre Samier (Total, France)

La qualité de ce programme scientifique a permis de faire le point sur les avancées récentes de la recherche dans des thèmes liés à la modélisation et à la simulation de problématiques énergétiques et environnementales .

Cette conférence a permis à des chercheurs universitaires mais aussi à des industriels de se rencontrer, de discuter et de partager des idées sur une thématique commune. D’autres part, cette conférence a regroupé des chercheurs venant de disciplines différentes grâce à la présence de mathématiciens, de physiciens et d’informaticiens.

Ces quatre jours de conférence ont donc été une réussite tant au niveau de l’organisation que du contenu scientifique. Une édition spéciale de la revue MATCOM (Mathematics and Computers in Simulation) sera dédié à MAMERN09. La 4ème édition de MAMERN aura lieu à Oujda au Maroc en mai 2011.

### 3ÈME RENCONTRES DES JEUNES STATISTICIENS, AUSSOIS

*Communiqué par Stéphane Verdun*

Le principe des Rencontres d’Aussois est très simple : il s’agit de rassembler des jeunes statisticiens, et de les faire se rencontrer (vous remarquerez d’ailleurs avec quelle subtilité le nom de ces Rencontres est choisi pour subtilement évoquer cette idée). Des thésards, ou jeunes docteurs, furent ainsi rassemblés au centre Paul Langevin du CNRS, à Aussois, en Savoie. Ce centre est perdu au milieu des montagnes (les Alpes, voyons), dans un cadre appelant à la plénitude de l’instant et au recueillement je veux dire, au calme. Nous nous retrouvâmes donc, le lundi 31 août 2009, une quarantaine de « jeunes », plus l’équipe des « séniors », les gentils organisateurs Jean-Marc Bardet, Philippe Berthet, Bernard Garel, Marc Hallin, Agnès Lagnoux, Jérôme Saracco , et Avner Bar-Hen, président de la SFDS ; j’en profite pour tous les remercier à la gare de Modane, située à quelques kilomètres d’Aussois, où un bus nous mena.

L’idée de ces Rencontres est que tous les participants présentent leurs travaux, et ce, sans sessions parallèles. Cette organisation a l’avantage de permettre d’écouter toutes les conférences, donc d’aborder des sujets qui ne sont pas forcément au coeur de son domaine. Cela permet d’avoir un panorama des statistiques (de la Statistique ? Je ne sais me décider), allant de sujets très abstraits à des domaines d’application concrets. De plus, tout est fait pour inciter à la discussion : conférence le matin, longue pause le midi permettant de prolonger le café, conférence, repas, avec pour la digestion une conférence « sénior » en

## COMPTE RENDUS DE MANIFESTATIONS

---

nocturne. Et pour ceux qui le désiraient, le bar était encore ouvert à la fin de celle-ci. Nous logions sur place, il n’y avait donc pas de problèmes pour retourner à sa chambre, enfin pour peu que le compagnon de chambrée ne soit pas parti faire un tour avec la clé. Nous eûmes aussi droit à une superbe randonnée le mardi après-midi dans le parc de la Vanoise, avec deux versions : itinéraire normal et l’itinéraire long, que quelques courageux (oui, j’en fis parti, laissez moi me complimenter) suivirent. Rien de tel pour se vider la tête et relâcher la pression avant sa présentation. Un bémol toutefois : après quelques heures de marche, garder un oeil attentif lors de la conférence nocturne est loin d’être évident. Il fallut tout l’art pédagogique de Bernard Garel pour garder les yeux ouverts. J’ai dit « pression » (si si, remonte d’une phrase), mais en vérité l’ambiance fut particulièrement détendue et cordiale. On se retrouve devant un petit comité de gens très agréables, avec lesquels on a déjà discuté, donc tout se passe pour le mieux. Il va de soi que je ne parle que de mon impression, mais j’ai le sentiment que la plupart des participants furent de cet avis. Quoiqu’il en soit, les participants exposèrent tous avec brio - la qualité des présentations laisse rêveur ! - et répondirent aux questions fort intéressantes. Je n’en dirai pas plus, il me faudrait autrement rentrer dans le détail scientifique et je m’y refuse. Car alors un choix devrait être fait, qui serait forcément injuste et laisserait nombre de jaloux. Juste une mention spéciale pour les orateurs du vendredi matin. Ils furent deux, simplement deux, et la veille nous eûmes droit à une superbe soirée de gala, comme on dit. Soirée durant laquelle se tinrent de très intéressantes conversations, et d’autres moins intéressantes j’imagine, et qui se prolongea jusqu’à une heure déjà avancée de la nuit. Ces deux héros durent sacrifier une partie de cette mémorable soirée sur l’autel de la Science !

En conclusion, je conseille à tous les Jeunes Statisticiens de participer à cette expérience très enrichissante. L’idée n’est pas nécessairement de présenter un travail fini, bouclé, et dont les bords ont déjà été arrondis, mais de présenter son travail, pour recevoir des conseils, des avis, des idées, et inversement, de donner des idées, des conseils, des avis ! Prochaine édition dans deux ans. Tiens, je serai encore en thèse (si tout va bien)

## Thèses en ligne !

Le service TEL (<http://tel.archives-ouvertes.fr/>) est dédié à l’archivage des thèses et des Habilitations à Diriger les Recherches. Il est modelé sur le serveur de prépublications HAL. Ces services ont été créés par le CCSD (Centre pour la Communication Scientifique Directe). TEL est géré en collaboration avec Mathdoc et la Société Française de Physique.

Le dépôt des thèses est libre, la vérification concerne seulement la pertinence du classement thématique et la correction des données administratives, comme pour HAL.

Tout nouveau docteur (ou habilité) peut ainsi rendre visible (en 24 heures environ) son document de soutenance, ce qui ne peut qu’être encouragé !

Thierry Dumont.

### Opération Jeunes Docteurs

La SMAI offre une adhésion gratuite pour un an aux jeunes chercheurs en mathématiques qui ont soutenu récemment leur thèse et qui l’ont enregistrée dans MathDoc :

<http://math-doc.ujf-grenoble.fr/Theses/>

Afin que cette offre prenne effet, le jeune docteur doit suivre la procédure d’adhésion

<http://smai.emath.fr/spip.php?article14> en :

1. cochant la case « Opération Thèse-Math »,
2. remplissant les lignes « Date de la thèse » et « URL complet du résumé de votre thèse ».

## Résumés de thèses

par Carole LE GUYADER

Il est rappelé aux personnes qui souhaitent faire apparaître un résumé de leur thèse ou de leur HDR que celui-ci ne doit pas dépasser une trentaine de lignes. Le non-respect de cette contrainte conduira à une réduction du résumé (pas forcément pertinente) par le rédacteur en chef, voire à un refus de publication.

### HABILITATIONS À DIRIGER DES RECHERCHES

**Jean-François AUJOL**

#### Utilisation de méthodes variationnelles en traitement d’image

*Soutenue le 27 Mai 2009, CMLA, ENS Cachan*

Ce travail présente des recherches en Mathématiques appliquées au traitement d’image, en utilisant des approches de type variationnel. En fonction du problème de traitement d’image considéré, on construit une fonctionnelle dont le minimiseur correspond à l’image recherchée. Outre leur grande flexibilité, l’intérêt de ces approches est de pouvoir connaître des résultats qualitatifs sur les solutions obtenues, et ainsi de pouvoir évaluer l’efficacité des modèles.

On dispose en principe d’une mesure  $f$ , et on cherche à reconstruire une image  $u$  définie sur un ouvert  $\Omega$  inclus dans  $\mathbb{R}^2$ ;  $u$  est vue comme une fonction de  $\Omega$  dans  $\mathbb{R}$  appartenant à un espace de Banach  $E$ . Une étape fondamentale dans la modélisation du problème consiste à proposer une fonctionnelle

$$\inf_{u \in E} \int_{\Omega} F(x, u(x), \nabla u(x)) dx$$

telle qu’un minimiseur corresponde à une solution du problème de traitement d’image considéré. L’outil essentiel utilisé ensuite, pour caractériser et calculer une solution, est l’équation d’Euler-Lagrange associée.

Un exemple typique de fonctionnelle  $F$  considérée en restauration/déconvolution d’image est la suivante :  $\inf_u (\|f - Au\|^2 + L(u))$ , où  $f$  est le signal observé,  $A$  un opérateur linéaire, et  $L$  une fonction de régularisation, qui porte en général sur le gradient de  $u$ . Un choix qui a connu un très grand succès dans la communauté traitement d’image pour la régularisation est celui de la variation totale, i.e.  $L(u) = \int_{\Omega} |Du|$ , et  $E = BV(\Omega)$  l’espace des fonctions à variation totale bornée.

Dans ce travail, on présente d’une part des contributions à la modélisation mathématique des images, et notamment des textures, et d’autre part des solutions à des problèmes en imagerie satellitaire.

**Robert LUCE**

Directeur de recherche : Jean-Marie Thomas

**Modélisations et Simulations numériques. Éléments finis Pseudo-conformes pour quadrilatères et hexaèdres**

*Soutenue le 19 octobre 2009, Université de Pau et des Pays de l'Adour*

Dans ce mémoire nous avons défini une nouvelle classe d'éléments finis appelée "pseudo-conforme" pour des éléments quadrilatéraux et hexaédraux dans les espaces  $H^1$ ,  $H(\text{div})$  et  $H(\text{curl})$ . La motivation première de ce travail repose sur la difficulté d'étendre les éléments finis Raviart-Thomas aux quadrilatères et hexaèdres quelconques. Arnold, Boffi et Falk ont pointé le problème de perte d'ordre de convergence des  $RT_0$  pour des maillages en quadrilatères ou hexaèdres quelconques.

Il est important de signaler que le vocabulaire utilisé dans ce travail est celui des mathématiciens, donc un hexaèdre est un polyèdre et par définition ses faces sont planes. Pour lever toute ambiguïté, on parlera d'hexaèdre généralisé lorsque ses faces ne seront pas planes. Les quadrilatères et les hexaèdres sont couramment utilisés dans les maillages, particulièrement dans les applications en géophysique et en mécanique des fluides. Autant que possible, quand la géométrie et le milieu sont structurés, on utilise des maillages en parallélépipèdes ou en rectangles. Sinon, on utilise des quadrilatères ou des hexaèdres convexes. Les fonctions de base des éléments finis correspondants sont alors construites en utilisant les transformations multilinéaires du carré ou du cube de référence vers le quadrilatère ou l'hexaèdre. Pour un élément qui n'est pas un parallélotope, les fonctions de base ainsi obtenues ne sont plus polynomiales.

Dans la méthode que nous avons développée, on garde les mêmes degrés de liberté mais les fonctions de base sont polynomiales et vérifient des conditions de continuité faible entre éléments. Donc, dans le cas général, l'élément fini résultant n'est pas conforme mais les conditions de continuité faible imposées sont suffisantes pour assurer l'ordre de convergence espéré. De plus, dans le cas particulier d'un parallélotope, l'élément fini obtenu coïncide avec l'élément fini classique conforme. Ceci explique la terminologie "pseudo-conforme" choisie.

THÈSES DE DOCTORAT D'UNIVERSITÉ

**Frédéric CHARDARD**

Directeur de thèse : Frédéric Dias (CMLA, ENS Cachan).

**Stabilité des ondes solitaires**

*Soutenue le 15 mai 2009, CMLA, ENS Cachan*

Cette thèse porte sur la stabilité des ondes solitaires et plus précisément sur les applications de l'indice de Maslov au problème de la stabilité spectrale des ondes solitaires unidimensionnelles.

## RÉSUMÉS DE THÈSES

Nous montrons comment la stabilité peut être liée à l'étude d'une famille d'équations aux dérivées ordinaires linéaires hamiltoniennes. Il est alors possible de définir un indice de Maslov pour les ondes périodiques et les ondes solitaires. Nous calculons ensuite la limite de l'indice de Maslov d'une suite d'ondes périodiques approchant une onde solitaire et la comparons à l'indice de Maslov de l'onde solitaire. Nous décrivons un algorithme utilisant l'algèbre extérieure pour calculer cet indice de Maslov à la fois dans le cas périodique et le cas onde solitaire.

Nous appliquons cette approche aux ondes périodiques et aux ondes solitaires de l'équation de Kawahara ainsi qu'aux ondes solitaires apparaissant dans un modèle pour l'interaction entre ondes longues et ondes courtes.

Enfin, nous examinons la stabilité des ondes stationnaires apparaissant dans l'équation de Korteweg-de Vries avec forçage.

**Mots-clés :** Stabilité, Equations aux Dérivées Partielles Hamiltoniennes, Indice de Maslov, Fonction d'Evans, Algèbre extérieure, Analyse numérique.

### Thomas MILCENT

Directeurs de thèse : Georges-Henri Cottet (Université Joseph Fourier) et Emmanuel Maitre (Université Joseph Fourier).

### Une approche eulérienne du couplage fluide-structure, analyse mathématique et applications en biomécanique

*Soutenue le 25 mai 2009*

*Laboratoire Jean Kuntzmann et Université Joseph Fourier*

L'interaction d'une structure élastique et d'un fluide incompressible intervient dans de nombreux phénomènes physiques. C'est le cas en biomécanique où une vésicule biologique se déforme dans un fluide. Nous considérons une formulation eulérienne de la méthode de frontière immergée. Une fonction level set est utilisée afin de capturer l'interface et de prendre en compte une partie de l'élasticité de la membrane. La première partie est consacrée à un théorème d'existence local en temps pour ce modèle. Nous ajoutons au modèle une énergie de flexion dépendant de la courbure qui permet en particulier d'obtenir les formes d'équilibre des vésicules. Dans la deuxième partie nous comparons différentes méthodes d'optimisation de formes pour calculer la force associée à cette énergie. Nous prouvons que ces approches conduisent à des résultats identiques. En application, nous présentons dans la dernière partie des simulations numériques de formes d'équilibre et de cisaillement de vésicules.

**Mots-clés :** Couplage fluide structure, frontière immergée, eulérien, level set, optimisation de formes, courbure.

**Dorian LE PEUTREC**

Directeurs de thèse : Francis Nier (Université de Rennes 1, IRMAR) et Thierry Jecko (Université de Rennes 1, IRMAR).

**Etudes de petites valeurs propres du Laplacien de Witten**

*Soutenue le 8 juin 2009, Université de Rennes 1, IRMAR*

Dans cette thèse, nous nous intéressons à l'étude précise de valeurs propres exponentiellement petites du Laplacien de Witten. Plus particulièrement, nous considérons la réalisation autoadjointe du Laplacien de Witten agissant sur les fonctions, sur une variété à bord, avec conditions au bord de type Neumann. Cette étude prolonge et complète des travaux de B. Helffer, M. Klein et F. Nier dans le cas sans bord, et de B. Helffer et F. Nier dans le cas d'une variété à bord, avec conditions au bord de type Dirichlet. La prise en compte de conditions au bord de type Neumann demande de traiter l'analyse au bord avec un niveau de généralité plus large que dans les travaux antérieurs. En particulier, la construction de solutions WKB doit être abordée dans le cadre général des  $p$ -formes.

**Anne-Laure BESSOUD**

Directeurs de thèse : Françoise Krasucki (Université Montpellier 2, I3M) et Gérard Michaille (Université Montpellier 2, I3M).

**Modélisations mathématiques d'un multi-matériau**

*Soutenue le 19 juin 2009, Université Montpellier 2  
Institut de Mathématiques et de Modélisation de Montpellier (I3M)*

Cette thèse est consacrée à la modélisation d'une structure constituée de l'assemblage de deux solides  $\Omega_+$  et  $\Omega_-$  à l'aide d'une couche mince (d'épaisseur d'ordre  $\varepsilon$ ) très rigide (d'ordre  $1/\varepsilon$ ), où  $\varepsilon$  est un petit paramètre.

Différentes situations et considérations sont prises en compte. Dans un premier temps, on se place dans le cadre de l'élasticité linéaire. Une analyse asymptotique formelle conduit à un problème posé sur  $\Omega_+ \cup \Omega_- \cup S$  où  $S$  est l'intersection des frontières. Nous nous intéressons dans cette partie aux deux aspects suivants :

- Prise en compte de la géométrie et de la rigidité de la couche intermédiaire : résultats de convergence faible et forte pour des modèles de plaques et de coques ;
- Proposition de méthodes de résolution numérique par décomposition de domaine ou avec pénalisation.

Nous proposons ensuite une modélisation dans un cadre plus général et obtenons dans le cadre de la  $\Gamma$ -convergence, un modèle en élasticité linéaire non isotrope et un modèle en élasticité non linéaire. Lorsque le matériau dans la couche rigide présente des transitions de phase solide/solide, sa densité d'énergie  $g$  possède plusieurs puits de potentiel rendant compte de microstructures. Pour modéliser ces microstructures, il convient de réécrire l'énergie dans la couche en terme de mesures de Young. L'énergie de la structure

## RÉSUMÉS DE THÈSES

est alors donnée par une bifonctionnelle ayant pour argument un couple déplacement-mesure de Young. Une des deux fonctions marginales de la fonctionnelle limite nous redonne l'énergie (classique) du modèle limite obtenu précédemment par  $\Gamma$ -convergence. Nous pouvons également réécrire l'énergie de toute la structure en terme de mesures de Young. Nous montrons alors comment les solutions du problème formulé en terme de mesures de Young donnent une description microscopique des solutions classiques.

Enfin, lorsque la couche mince a un comportement plastique, des difficultés liées à la croissance linéaire de l'énergie de densité  $g$  apparaissent. En s'inspirant des méthodes de régularisation de Norton-Hoff, nous étudions le cas où  $g$  est à croissance d'ordre  $p$ ,  $1 < p < 2$ , la densité d'énergie  $f$  dans le reste de la structure étant à croissance d'ordre 2. Nous obtenons un premier modèle limite lorsque  $\varepsilon$  tend vers 0. Nous étudions ensuite la  $\Gamma$ -convergence de la fonctionnelle limite obtenue lorsque  $p$  tend vers 1.

**Sami INJROU**

Directeurs de thèse : Alain Miranville (Université de Poitiers) et Morgan Pierre (Université de Poitiers).

### **Etude numérique des équations de Cahn-Hilliard non isotherme et non isotrope**

*Soutenu le 19 juin 2009, Université de Poitiers*

Dans cette thèse, nous étudions d'un point de vue numérique des équations de Cahn-Hilliard non isotrope et non isotherme modélisées d'après une approche de Gurtin.

Concernant les équations de Cahn-Hilliard-Gurtin non isotrope, dont la structure est proche d'un flot de gradient, nous proposons une discrétisation en espace par éléments finis mixtes, et en temps par le schéma d'Euler implicite. Nous établissons la stabilité du schéma semi-discrétisé en espace et du schéma complètement discrétisé pour une nonlinéarité polynômiale. Nous établissons également, pour ces mêmes schémas, des estimations d'erreurs optimales en norme  $H^1$  et en norme  $L^2$ . Ces résultats sont illustrés par des simulations numériques en dimension un et deux d'espace, qui permettent d'étudier l'influence des différents paramètres.

Concernant le modèle de Cahn-Hilliard-Gurtin non isotherme pour lequel il n'existe pas de résultat d'existence locale, nous proposons un schéma totalement discrétisé qui se révèle stable en pratique. Des simulations numériques en dimension un d'espace permettent d'observer des comportements asymptotiques proches du cas isotherme.

**Koléhè Abdoulaye COULIBALY-PASQUIER**

Directeurs de thèse : Marc Arnaudon (Université de Poitiers) et Anton Thalmaier (Université de Luxembourg).

### **Etude d'équations d'évolution en géométrie globale avec des méthodes probabilistes**

*Soutenu le 25 juin 2009, Université de Poitiers*

Dans la première partie de cette thèse, à une famille de métriques sur une variété nous associons un mouvement brownien. Nous construisons un transport parallèle stochastique au-dessus de ce processus. Avec une forme intrinsèque du flot stochastique, nous définissons une notion de transport parallèle déformé au-dessus de ce processus. Nous caractérisons le flot de Ricci comme étant le seul flot sur les métriques garantissant l'égalité du transport parallèle et du transport parallèle déformé. Dans ce cas, le transport parallèle déformé est une isométrie. Nous en déduisons des propriétés sur le flot de Ricci.

Dans une seconde partie, nous nous intéressons au flot à courbure moyenne d'une hypersurface. Nous construisons ainsi un processus sans naissance et nous montrons son unicité en loi quand la variété de départ est strictement convexe. Quand l'hypersurface de départ n'est pas strictement convexe nous avons néanmoins une famille de martingales dont les points de départ sont sur une 'variété' singulière.

Dans la dernière partie, nous construisons une diffusion dans l'espace des courbes sur une variété. Nous en déduisons des conditions suffisantes pour obtenir des propriétés de contraction - pour plusieurs distances de Wasserstein - entre deux mesures de probabilité représentant la densité de deux diffusions d'opérateur elliptique inhomogène quelconque. Ainsi, cette nouvelle construction produit une alternative entièrement probabiliste aux calculs d'Otto utilisés par Lott pour arriver à des résultats similaires.

#### **Alexandrina ORZAN**

Directeurs de thèse : Jean-Marc Hasenfratz (INRIA Grenoble Rhône-Alpes) et Joëlle Thollot (Grenoble INP).

#### **Contour-based Images : Representation, Creation and Manipulation**

*Soutenue le 25 juin 2009, Lab. Jean Kuntzmann et Grenoble INP*

This thesis proposes a novel image primitive – the diffusion curve. This primitive relies on the principle that images can be defined via their discontinuities, and concentrates image features along contours. The diffusion curve can be defined in vector graphics, as well as in raster graphics, to increase user control during the process of art creation.

The vectorial diffusion curve primitive augments the expressive powers of vector images by capturing complex spatial appearance behaviors. Diffusion curves represent a simple and easy-to-manipulate support for complex content representation and edition.

In raster images, diffusion curves define as a higher level structural organization of the pixel image. This structure is used to create simplified or exaggerated representations of photographs in a way consistent with the original image content. Finally, a fully automatic vectorization method is presented, that converts raster diffusion curve to vector diffusion curve.

**Kamel SAOUDI**

Directeur de thèse : Jacques Giacomoni (Univ. de Pau et des Pays de l'Adour).

**Etude de quelques problèmes quasi-linéaires elliptiques singuliers**

*Soutenue le 26 juin 2009, Université de Toulouse 1*

L'objet de cette thèse concerne l'étude de quelques problèmes elliptiques singuliers. Précisément, dans le chapitre 2, nous abordons la question de la multiplicité de solutions pour un problème elliptique critique singulier en dimension  $N \geq 3$ . Dans le chapitre 3, nous discutons la validité de la propriété  $C^1$  versus  $W_0^{1,p}$  minimiseurs de l'énergie pour un problème quasilinear elliptique singulier. Enfin, dans le chapitre 4, nous présentons des résultats de bifurcation globale pour un problème semilinear elliptique singulier et critique en dimension 2 avec croissance sur-exponentielle.

**Guoshen YU**

Directeur de thèse : Stéphane Mallat (Ecole Polytechnique).

**Groupements Parcimonieux et Représentations Invariantes pour l'Estimation et la Reconnaissance**

*Soutenue le 30 juin 2009, Ecole Polytechnique*

Cette thèse développe plusieurs contributions pour le traitement du signal et des images ainsi que pour la vision par ordinateur. La première partie inclut un nouvel algorithme de débruitage des sons et un algorithme de super-résolution pour l'agrandissement des images. Ces algorithmes sont basés sur de nouvelles représentations parcimonieuses par blocs. Une procédure de seuillage par blocs temps-fréquentiels est introduite pour le débruitage audio, qui permet de réduire le bruit sans introduire d'artefacts, avec des résultats perceptuels et numériques supérieurs à l'état de l'art. Cette première partie développe aussi une approche générale pour la résolution des problèmes inverses avec des représentations parcimonieuses linéaires par morceaux sur des blocs. L'application à la super-résolution d'images permet d'obtenir un algorithme rapide, qui améliore nettement le PSNR relativement aux algorithmes existants.

La deuxième partie de la thèse introduit un algorithme (ASIFT) de mise en correspondance d'images, qui est invariant relativement à des transformations affines. Il est démontré que cet algorithme satisfait les contraintes d'invariance et qu'il peut effectuer des correspondances entre des objets observés sous des angles arbitraires. Sa complexité numérique est du même ordre que les algorithmes les plus efficaces, avec une robustesse bien supérieure grâce à son invariance affine.

La troisième partie de la thèse introduit une implémentation biologiquement plausible de groupements visuels. Inspiré par les mécanismes de synchronisation neuronale en groupement perceptuel, un algorithme général basé sur des oscillateurs neuronaux est proposé pour effectuer des groupements visuels. Cet algorithme permet d'obtenir des résultats prometteurs sur plusieurs problèmes, dont le groupement de points, l'intégration de contours,

---

RÉSUMÉS DE THÈSES

---

et la segmentation d’images.

**Alina CRUDU**

Directeurs de thèse : Arnaud Debussche (Université de Rennes 1, IRMAR) et Ovidiu Radulescu (Université de Rennes 1, IRMAR).

**Approximations hybrides de processus de Markov à sauts multi-échelles : applications aux modèles de réseaux de gènes en biologie moléculaire**

*Soutenue le 16 juillet 2009, Université de Rennes 1, IRMAR*

**Adel SETTATI**

Directeur de thèse : Philippe Berthet (Université de Rennes 1, IRMAR).

**Quelques approximations gaussiennes du processus empirique indexé par des fonctions**

*Soutenue le 28 août 2009, Université de Rennes 1, IRMAR*

Nous obtenons des vitesses d’approximation forte du processus empirique par une suite de ponts browniens dans le cadre indexé par des fonctions. Nous travaillons sous des conditions d’entropie aléatoire et adaptons la méthode de Berthet et Mason (2006). Au vu de Giné et Zinn (1984) et Talagrand (1987) notre condition la plus faible est quasiment nécessaire pour la propriété de Donsker, mais garantit néanmoins une vitesse  $(\log n)^{-\alpha}$  qui améliore significativement la vitesse universelle  $(\log \log n)^{1/2}$  de Dudley et Philipp (1983). Notre condition la plus forte conduit à des vitesses d’approximation gaussienne polynomiales. Nous étudions également le cas où les variables aléatoires sont faiblement dépendantes.

**Aurélien RIBES**

Directeurs de thèse : Jean-Marc Azaïs (IMT, Université de Toulouse) et Serge Plan-ton (CNRM-GAME, Météo France - CNRS).

**Détection statistique des changements climatiques**

*Soutenue le 11 septembre 2009, CNRM*

Selon le Groupe Intergouvernemental d’experts sur l’Evolution du Climat (GIEC), la détection est la démonstration statistique de ce qu’un changement observé ne peut pas être expliqué par la seule variabilité interne naturelle du climat. Cette thèse s’intéresse à la détection des changements climatiques à l’échelle régionale, et en particulier aux méthodes statistiques adaptées à ce type de problématique. Plusieurs procédures de tests statistiques sont ainsi présentées et étudiées.

## RÉSUMÉS DE THÈSES

La première méthode développée consiste à rechercher dans les observations, la présence d'un signal de changements climatiques dont la distribution spatiale est connue. Dans ce cas, une nouvelle adaptation de la méthode des empreintes digitales optimales a été proposée, basée sur l'utilisation d'un estimateur bien conditionné de la matrice de covariance de la variabilité interne du climat. Une seconde approche propose de rechercher un signal ayant une forme d'évolution temporelle particulière. La forme recherchée peut alors être évaluée à partir de scénarios climatiques en utilisant des fonctions de lissage 'splines'. Une troisième stratégie consiste à étudier la présence d'un changement non spécifié à l'avance, mais qui vérifie une propriété de séparabilité espace-temps, et qui présente une certaine régularité en temps. On utilise dans ce cas un formalisme de statistique fonctionnelle, pour construire un test de significativité de la première composante principale lisse, basé sur le rapport des vraisemblances pénalisées.

L'application de ces différentes méthodes sur des données observées sur la France et le bassin Méditerranéen a permis de mettre en évidence de nouveaux résultats concernant les changements climatiques en cours sur ces deux domaines. Des changements significatifs sont notamment mis en évidence sur les températures annuelles et saisonnières, ainsi que, dans le cas de la France, sur les précipitations annuelles. Ces changements ne sont pas uniformes en espace et modifient la distribution régionale de la variable étudiée. La comparaison des différentes méthodes de détection proposées a également permis de discuter de la capacité des modèles de climat à simuler correctement les caractéristiques spatiales et temporelles des changements climatiques.

**Alexandre MOUTON**

Directeur de thèse : Eric Sonnendrücker (Université de Strasbourg).

### **Approximation multi-échelles de l'équation de Vlasov**

*Soutenue le 16 septembre 2009, Université de Strasbourg*

Une des difficultés fondamentales de la simulation numérique de plasmas magnétisés est l'existence d'échelles de temps et d'espace mettant en jeu plusieurs ordres de grandeurs très différents. Afin de réaliser des simulations numériques efficaces de ces phénomènes physiques, il est essentiel de développer des modèles et des méthodes numériques adaptés à ces problèmes.

A ce jour, la notion de convergence 2-échelles introduite par G. Allaire et G. Nguetseng est un des outils permettant de dériver rigoureusement des limites multi-échelles, ce qui nous permet d'obtenir des modèles limites qu'il est possible de discrétiser avec une méthode numérique usuelle : nous parlons alors d'une méthode numérique 2-échelles.

L'objectif de cette thèse est de développer une méthode semi-lagrangienne 2 échelles sur un modèle de type Vlasov gyrocinétique afin de simuler un plasma soumis à un champ magnétique fort du même type que ceux utilisés pour le projet ITER. Cependant, comme les phénomènes physiques à simuler sont assez complexes et comme nous ne savons que peu de choses sur le comportement d'une méthode numérique 2-échelles sur un modèle non-linéaire, il convient de procéder par étapes avant de développer une telle méthode sur un modèle gyrocinétique.

Dans une première partie, nous construisons une méthode de volumes finis 2-échelles sur

## RÉSUMÉS DE THÈSES

les équations d’Euler 1D isentropiques faiblement compressibles. Bien que ce modèle soit assez différent d’un modèle de type Vlasov, il n’en est pas moins un cadre de travail relativement simple pour étudier le comportement d’une méthode numérique 2-échelles face à un modèle non-linéaire.

Dans une seconde partie, nous nous basons sur le modèle limite développé par E. Frénod, F. Salvarani et E. Sonnendrücker afin de construire une méthode semi-lagrangienne 2-échelles pour simuler des faisceaux de particules en géométrie axisymétrique. Même si le modèle de Vlasov axisymétrique utilisé est différent d’un modèle gyrocinétique, il constitue un contexte idéal pour établir les bases d’une méthode semi-lagrangienne 2 échelles.

Enfin, dans une troisième partie, nous utilisons la convergence 2-échelles afin d’améliorer les résultats de convergence faible-\* établis par M. Bostan en 2007, et nous proposons une méthode semi-lagrangienne en avant permettant de valider numériquement ces résultats.

**Mots-clés :** Homogénéisation, convergence 2-échelles, faible nombre de Mach, équations d’Euler, méthodes de volumes finis, système de Vlasov-Poisson, approximation paraxiale, méthodes semi-lagrangiennes, rayon de Larmor fini.

**Diana MATEUS**

Directeur de thèse : Radu Horaud (INRIA Grenoble Rhône-Alpes).

### **Spectral Tools for Unsupervised Modeling of Articulated Objects from Multiple-view Videos**

*Soutenue le 18 septembre 2009, Lab. Jean Kuntzmann et Grenoble INP*

A major challenge in the unsupervised modeling of articulated objects observed from multiple-view videos is the capture of motion. This problem implies establishing correspondences between the objects across frames. We provide three approaches to solve the problem based on computer vision techniques and spectral graph theory. The first relies on modeling the scene as a sparse collection of 3-D points (surfels). We propose two multi-view extensions of the Lucas-Kanade algorithm to track the features in 3-D and efficiently recover the scene-flow. The second is based on spectral graph theory and searches to establish dense correspondences between pairs of articulated shapes represented by graphs. We revisit classical methods and propose an alternative solution for matching large and sparse graphs. Finally, we consider the consistent segmentation of the object in time based on the extension of spectral clustering methods to sequences.

**Victor PERON**

Directeurs de thèse : Gabriel Caloz (Université de Rennes 1, IRMAR) et Monique Dauge (Université de Rennes 1, IRMAR).

### **Modélisation mathématique de phénomènes électromagnétiques dans des matériaux à fort contraste**

*Soutenue le 24 septembre 2009, Université de Rennes 1, IRMAR*

Ce travail est consacré à l'étude de problèmes de transmission d'ondes électromagnétiques dans des matériaux à fort contraste dans leurs propriétés, comme par exemple un corps fortement conducteur entouré d'un matériau diélectrique ou isolant. On analyse finement le phénomène de l'effet de peau à l'aide de l'analyse asymptotique et de la simulation numérique. On calcule un développement asymptotique multi-échelle à grande conductivité des solutions des équations de Maxwell tridimensionnelles en régime harmonique. Pour valider ce développement, on établit des estimations uniformes des solutions de ces équations pour une conductivité assez grande dans des domaines polyédraux Lipschitziens. Ces estimations ont motivé une étude préliminaire d'un problème de transmission scalaire pour lequel des estimations a priori sont démontrées grâce à la convergence normale d'un développement asymptotique. L'accord des formules théoriques avec les calculs numériques est remarquable. D'autre part, on présente des conditions de transmission approchées pour un problème de membrane mince séparant deux milieux différents. On étudie le comportement du champ électromagnétique dans une cellule biologique modélisée par un milieu entouré d'une couche mince et plongée dans un milieu ambiant. On calcule des conditions de transmission approchées sur le bord du domaine intérieur équivalentes à la couche mince.

**Mots-clés :** Effet de peau, développement asymptotique, équations de Maxwell, haute conductivité, domaines Lipschitziens, conditions de transmission, couche mince, calculs numériques.

**Frédérique LE LOUER**

Directeur de thèse : Martin Costabel (Université de Rennes 1, IRMAR).

### **Optimisation de forme d'antennes lentilles intégrées aux ondes millimétriques**

*Soutenue le 25 septembre 2009, Université de Rennes 1, IRMAR*

Les antennes lentilles sont des dispositifs ayant pour support les ondes électromagnétiques et sont constituées d'une source primaire et d'un système focalisant diélectrique. La montée en importance récente d'applications en ondes millimétriques (exemple : radars d'assistance et d'aide à la conduite), nécessite la construction d'antennes lentilles de quelques centimètres qui répondent à des cahiers des charges spécifiques à chaque cas. L'une des problématiques à résoudre consiste à déterminer la forme optimale de la lentille étant données : (i) les caractéristiques de la source primaire, (ii) les caractéristiques en rayonnement fixées. Ce projet de thèse vise à développer de nouveaux outils pour l'optimisation de forme en utilisant une formulation intégrale du problème. Cette thèse s'articule en deux parties. Dans la première, nous avons construit plusieurs formulations intégrales pour le problème de diffraction diélectrique en utilisant une approche par équation intégrale surfacique. Dans la seconde, nous avons étudié les dérivées de forme des opérateurs intégraux standard en électromagnétisme dans le but de les incorporer dans un algorithme d'optimisation de forme.

**Mots-clés :** Equations de Maxwell, équation intégrale de frontière, dérivée de forme, optimisation de forme.

**Adrien BOUSSEAU**

Directeurs de thèse : François Sillion (INRIA Rhône-Alpes) et Joëlle Thollot (Grenoble INP).

**Manipulations d’image expressives pour une variété de représentations visuelles**

*Soutenue le 15 octobre 2009*

*Laboratoire Jean Kuntzmann et Université Joseph Fourier*

La communication visuelle tire profit de la grande variété d’apparences qu’une image peut avoir. En ignorant les détails, les images simplifiées concentrent l’attention de l’observateur sur le contenu essentiel à transmettre. Les images stylisées, qui diffèrent de la réalité, peuvent suggérer une information subjective ou imaginaire. Des variations plus subtiles, comme le changement de l’éclairage dans une photographie, ont également un impact direct sur la façon dont le message transmis va être interprété. Le but de cette thèse est de permettre à un utilisateur de manipuler le contenu visuel et créer des images qui correspondent au message qu’il cherche à transmettre. Nous proposons plusieurs manipulations qui modifient, simplifient ou stylisent des images pour augmenter leur pouvoir d’expression. Nous présentons d’abord deux méthodes pour enlever les détails d’une photographie ou d’une vidéo. Le résultat de cette simplification met en valeur les structures importantes de l’image. Nous introduisons ensuite une nouvelle primitive vectorielle, nommée Courbe de Diffusion, qui facilite la création de dégradés de couleurs et de flou dans des images vectorielles. Les images créées avec des courbes de diffusion présentent des effets complexes qui sont difficiles à reproduire avec les outils vectoriels existants. Dans une seconde partie, nous proposons deux algorithmes pour la création d’animations stylisées à partir de vidéos et de scènes 3D. Ces deux méthodes produisent des animations qui ont l’apparence 2D de média traditionnels comme l’aquarelle. Nous décrivons enfin une approche pour décomposer l’information d’illumination et de réflectance dans une photographie. Nous utilisons des indications utilisateurs pour résoudre ce problème sous-contraint. Les différentes manipulations d’image proposées dans ce mémoire facilitent la création d’une variété de représentations visuelles, comme illustré par nos résultats.

**Mots-clés :** Rendu expressif, rendu non-photoréaliste, simplification d’image, dessin vectoriel.

## Annonces de Colloques

par Thomas HABERKORN

### Novembre 2009

NEUVIÈME FORUM DES JEUNES MATHÉMATIENNES

*du 6 au 7 novembre 2009, à Paris*

<http://www.femmes-et-maths.fr/wp/index.php/?p=323>

THE FIRST IRAQI-FRENCH MATHEMATICS CONFERENCE

*du 14 au 18 novembre 2009, à Erbil (Iraq)*

<http://uni-sci.org/conference/>

ECOLE CEA-EDF-INRIA "ELECTROPHYSIOLOGIE CARDIAQUE ET CÉRÉBRALE :  
MODÉLISATION ET SIMULATION"

*du 16 au 19 novembre 2009, à Rocquencourt*

[http://www.inria.fr/actualites/colloques/cea-edf-inria/2009/  
cardiac\\_brain/index.fr.html](http://www.inria.fr/actualites/colloques/cea-edf-inria/2009/cardiac_brain/index.fr.html)

2ÈME MEETING EN OPTIMISATION MODÉLISATION ET APPROXIMATION

*du 19 au 21 novembre 2009, à Casablanca (Maroc)*

<http://www-lmpa.univ-littoral.fr/MOMA09/>

INTERNATIONAL WORKSHOP ON BIOMATHEMATICS AND BIOMECHANICS

*du 20 au 23 novembre 2009, à Tozeur (Tunisie)*

<http://www.univ-rouen.fr/LMRS/WorkshopBio/>

### Décembre 2009

MATHS À VENIR 2009

*du 1er au 2 décembre 2009, à Paris*

<http://www.maths-a-venir.org/2009>

PREMIER COLLOQUE FRANCO-URUGUAYEN DE MATHÉMATIQUES

*du 8 au 11 décembre 2009, à Punta del Este (Uruguay)*

<http://imerl.fing.edu.uy/coloquiofum/>

CONFÉRENCE "MATHEMATICS AND IMAGES ANALYSIS 2009"

*du 14 au 16 décembre 2009, à Paris*

<http://www.ceremade.dauphine.fr/~peyre/mia09/>

---

ANNONCES DE COLLOQUES

**Février 2010**

ROADEF 2010 : 11E CONGRÈS DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE RECHERCHE  
OPÉRATIONNELLE ET D'AIDE À LA DÉCISION

*du 24 au 26 février 2010, à Toulouse*

<http://www.roadef2010.fr>

**Mars 2010**

DOC-COURSE IMUS "CONSTRUCTIVE APPROXIMATION, OPTIMIZATION AND  
MATHEMATICAL MODELING"

*du 1er mars au 28 mai 2010, à Seville (Espagne)*

<http://institucional.us.es/doc-course-imus/>

CONFÉRENCE "MATHÉMATIQUES POUR L'IMAGE"

*du 29 mars au 1er avril 2010, à Orléans*

[http://web.mac.com/maitine.bergounioux/Colloque\\_2010/](http://web.mac.com/maitine.bergounioux/Colloque_2010/)

**Avril 2010**

PICOF'10 (INVERSE PROBLEMS, CONTROL AND SHAPE OPTIMIZATION)

*du 7 au 9 avril 2010, à Carthagène (Espagne)*

<http://picof.upct.es/>

**Juin 2010**

85ÈME RENCONTRE ENTRE PHYSICIENS THÉORICIENS ET MATHÉMATIENS : AS-  
PECTS GÉOMETRIQUES ET PROBABILISTES DE LA THÉORIE DE LA RELATIVITÉ

*du 10 au 12 juin 2010, à Strasbourg*

<http://www-irma.u-strasbg.fr/spip.php?article874>

7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON CURVES AND SURFACES (SMAI-AFA)

*du 24 au 30 juin 2010, à Avignon*

<http://avignon2010.lille.ensam.fr>

**Août 2010**

INTERNATIONAL CONGRESS OF MATHEMATICIANS

*du 19 au 27 août 2010, à Hyderabad (Inde)*

<http://www.icm2010.org.in>

**Septembre 2010**

THE ABEL SYMPOSIUM 2010 - NONLINEAR PARTIAL DIFFERENTIAL EQUA-  
TIONS

*du 28 septembre au 1er octobre 2010, à Oslo (Norvège)*

<http://abelsymposium.no/2010>

## Notes de lecture

par Paul SABLONNIÈRE

NOTES DE LECTURE

HUYÊN PHAM : *Optimisation et contrôle stochastique appliqués à la finance*, Vol. 61 de la collection Mathématiques et Applications

Dans cet ouvrage, Huyên Pham expose différents aspects des problèmes d’optimisation stochastique et des méthodes utilisées pour résoudre . Alors que la programmation dynamique de Bellmann et le principe du maximum de Pontryagin ont bénéficié d’une large diffusion, menant aux Equations aux Dérivées Partielles non linéaires et aux Equations Différentielles Stochastiques Rétrogades (EDSR), les nouvelles méthodes de martingales de dualité convexe sont davantage présentes dans les articles de recherche spécialisés. Par cette contribution, l’auteur corrige ce déséquilibre et nous donne accès à un panorama complet de tous ces outils.

Dans le chapitre 1, sont regroupés (sans preuve) des résultats standards de calcul et d’analyse stochastique : processus stochastiques, intégrales stochastiques et représentation des martingales, équations différentielles stochastiques et représentation de Feynman-Kac des solutions d’EDP. Ils constituent des prérequis pour les chapitres suivants. D’utiles compléments d’intégration et d’analyse convexe sont ajoutés en appendice.

Le chapitre 2 met en appétit le lecteur concernant les applications visées en économie et en finance. Une série d’exemples intéressants est ici détaillée : les problèmes sont en partie repris et résolus dans la suite de l’ouvrage. Sans être exhaustif, on y trouve des cas de choix de portefeuilles, de couverture quadratique d’options, de surréplication dans un modèle à volatilité incertaine ou sous contraintes gamma, d’optimisation d’utilité robuste et de mesures de risque. Sont également décrits quelques exemples axés davantage sur les problématiques économiques que financières, comme les choix optimaux dans les modèles de consommation/production ou les modèles d’investissement irréversible d’une firme.

Le chapitre 3 débute le tour d’horizon proposé par l’auteur, en partant du point de vue plus “facile” de solutions régulières à l’EDP de Hamilton-Jacobi-Bellman. Cette approche classique présuppose l’existence d’une solution régulière à l’EDP

et par vérification, l’identifie à la solution du problème de contrôle. Des exemples illustrent la pertinence possible de cette voie pour expliciter la solution cherchée. Mais, en exhibant des solutions irrégulières, l’auteur montre également que cette approche classique a ses limites. C’est dans le chapitre 4 que les solutions de viscosité (éventuellement discontinues) sont introduites pour repousser cette limitation. Les liens avec le problème de contrôle sont établis avec soin, dans un formalisme qui autorise les contrôles à être non bornés. Là encore, des exemples convainquent le lecteur de toute la portée de cette approche.

Le chapitre 5 aborde les méthodes à base d’EDSR pour résoudre la maximisation d’utilité exponentielle et l’optimisation de portefeuille en moyenne-variance. La théorie des EDSR est exposée rapidement pour laisser la place aux liens avec les solutions de problèmes de contrôle et le principe du maximum stochastique.

Le dernier chapitre est consacré aux méthodes de martingales de dualité convexe. Les représentations duales du problème de surréplication ou de la maximisation d’utilité espérée sont démontrées en détail et constituent probablement une des parties les plus techniques de l’ouvrage.

En résumé, Huyên Pham offre ici une intéressante visite guidée des méthodes existantes pour l’optimisation et le contrôle stochastique, en sachant les agrémenter d’exemples pertinents. L’auteur n’hésite pas à détailler les preuves suffisamment quand cela est nécessaire, ou du moins à en donner des aperçus intuitifs. Cet ouvrage s’adresse naturellement aux étudiants et chercheurs du monde académique ou professionnel désireux de s’initier ou d’approfondir leurs connaissances dans ce domaine. Ils y trouveront des repères solides et une bibliographie étoffée.

par **Emmanuel Gobet**

FRANCK JEDRZEJEWSKI : *Modèles aléatoires et physique probabiliste*, Editeur : Springer, 2009, 572 pages ; ISBN 13 : 978-2- 287-99307-7

Pour commencer il faut saluer le courage de l’éditeur Springer qui accepte de publier en français des ouvrages scientifiques de haut niveau, et qui plus est de mathématiques. Soulignons qu’un bon livre, un article intéressant, sera lu ou consulté indépendamment de la langue dans laquelle il est écrit !

A qui est destiné cet ouvrage ? L’auteur ne le précise pas, mais on peut supposer que son contenu s’adresse à tous ceux qui souhaitent disposer d’une référence pour traiter des problèmes de modélisation mathématique en physique et en mécanique, et qui veulent connaître les outils de base nécessaires à la résolution

de ces problèmes. Toutefois il semble assez difficile de conseiller ce livre à des étudiants moyens qui n'auraient qu'une connaissance superficielle des sujets abordés. Certes, on trouve à la fin de chaque chapitre des exercices - avec des solutions en appendice - mais certains théorèmes essentiels ne sont pas démontrés et il faut aller chercher les démonstrations dans les 305 références de la bibliographie.

La structure du livre est simple : vingt-et-un chapitres, deux appendices - A. Mesures et intégration, B. Solutions des exercices -, puis une copieuse bibliographie et un index de sept pages.

Pour préciser le contenu de cet ouvrage, on pourrait dresser une liste de mots-clés contenant tous les sujets traités, mais cette liste ne donnerait pas une idée de l'organisation du livre. Le mieux semble être de prendre les têtes de chapitres et de les accompagner de quelques commentaires.

Contrairement à certains usages qui voudraient que dans une introduction l'auteur donne une vision d'ensemble de ce qu'il cherche à transmettre, ici c'est dans le premier chapitre "Hasard et contingence" que l'on trouve les idées "philosophiques" abondamment justifiées par des références aux grands auteurs sur des sujets comme : "Qu'est ce que le hasard", "Hasard et causalité", "Hasard et déterminisme", "Hasard et ordre", "Hasard et probabilités", "Modélisations du hasard", "L'axiomatisation de Kolmogorov", "Contingences et mondes possibles". Une petite remarque, page 15, m'a laissé perplexe au cours de la lecture du livre : " Mais, pour mieux accorder notre langage avec l'usage courant, nous devons diviser les arguments en *démonstrations*, *preuves* et *probabilités*. Par preuves, nous entendons des arguments tirés de l'expérience, tels qu'ils ne laissent aucune place au doute ou à l'opposition". Ces phrases sont extraites d'une citation plus longue empruntée au philosophe D. Hume, mais que penser lorsqu'on trouve après un énoncé de théorème le mot "preuve" au lieu de "démonstration" ! Le mot anglais "proof" crée des confusions.

Voici maintenant la succession des chapitres : 2- Variables aléatoires ; 3- Martingales ; 4- Chaînes de Markov ; 5- Entropies et applications ergodiques ; 6- Thermodynamique statistique ; 7- Phénomènes critiques- Simulation et algorithmes stochastiques ; 9- Processus aléatoires ; 10- Files d'attente ; 11- Mouvement brownien ; 12- Intégrale stochastique ; 13- Equations différentielles stochastiques ; 14- Schémas numériques et stabilité ; 15- Equations aux dérivées partielles ; 16- Vibrations aléatoires ; 17- Prédiction et filtrage ; 18- Calcul de Malliavin ; 19- Probabilités quantiques ; 20- Probabilités libres ; 21- Matrices aléatoires.

Deux remarques, qui relèvent plus de l'édition proprement dite, peuvent gêner le lecteur : 1- Les énoncés des théorèmes ne sont pas écrits avec les caractères LaTeX

---

REVUE DE PRESSE

usuels, ce qui, dans les cas où les démonstrations sont absentes, ne permet pas toujours de délimiter facilement les énoncés des commentaires : ceci peut donner l'impression d'un manque de rigueur et de précision.

2- La ponctuation est parfois absente et rend parfois difficile le suivi du texte mêlé de formules mathématiques.

Ce livre est à conseiller à des lecteurs avertis ayant déjà des connaissances de base sur les sujets abordés. Il peut figurer dans les bibliothèques scientifiques.

*Par* **G. Tronel**

CORRESPONDANTS RÉGIONAUX

**Amiens** *Serge Dumont*  
LAMFA  
Université Picardie Jules Verne  
33 rue Saint Leu 80039 AMIENS Cedex  
01 Tél. : 03 22 82 75 91  
Serge.Dumont@u-picardie.fr

**Antilles-Guyane** *Marc Lassonde*  
Mathématiques  
Université des Antilles et de la Guyane  
97159 POINTE A PITRE  
Marc.Lassonde@univ-ag.fr

**Avignon** *Alberto Seeger*  
Département de Mathématiques  
Université d'Avignon  
33 rue Louis Pasteur - 84000 AVIGNON  
Tél. 04 90 14 44 93 - Fax 04 90 14 44 19  
alberto.seeger@univ-avignon.fr

**Belfort** *Michel Lenczner*  
Laboratoire Mécatronique 3M - UTBM  
90010 Belfort Cedex  
Tél. : 03 84 58 35 34 - Fax : 03 84 58 31 46  
Michel.Lenczner@utbm.fr

**Besançon** *Arnaud Munch*  
Mathématiques  
UFR Sciences et Techniques  
16 route de Gray  
25030 Cedex BESANÇON  
Tél. : 03 81 66 63 16 - Fax : 03 81 66 66 23  
arnaud.munch@univ-fcomte.fr

**Bordeaux** *Olivier Saut*  
Laboratoire MAB, UMR 5466  
Université de Bordeaux I  
351 cours de la Libération  
33405 TALENCE Cedex  
Tél. : 05 40 00 61 47, Fax : 05 40 00 26 26  
olivier.saut@math.u-bordeaux1.fr

**Brest** *Marc Quincampoix*  
Département de Mathématiques  
Faculté des Sciences  
Université de Bretagne Occidentale  
BP 809 - 29285 BREST Cedex  
Tél. : 02 98 01 61 99, Fax : 02 98 01 61 28  
Marc.Quincampoix@univ-brest.fr

**Cachan ENS** *Frédéric Pascal*  
CMLA-ENS Cachan  
61 avenue du Président Wilson  
94235 CACHAN Cedex  
Tél. : 01 47 40 59 46  
frederic.pascal@cmla.ens-cachan.fr

**Caen** *Alain Campbell*  
Université de Caen - LMMM  
BP 5186, 14032 CAEN cedex  
Tél. : 02 31 56 74 80  
campbell@meca.unicaen.fr

**Cergy-Pontoise** *Mathieu Lewin*  
Dpt de Mathématiques  
Univ. de Cergy-Pontoise/Saint Martin,  
2, Av. A. Chauvin, 95302 CERGY-PONTOISE  
cedex  
mathieu.lewin@math.cnrs.fr

**Clermont - Ferrand** *Olivier Bodart*  
Laboratoire de Mathématiques  
Université Blaise Pascal  
Campus Universitaire des Cézeaux  
63177 AUBIERE Cedex  
Tél. : 04 73 40 79 65 - Fax : 04 73 40 70 64  
Olivier.Bodart@math.univ-bpclermont.fr

**Compiègne** *Véronique Hédou-Rouillier*  
Équipe de Mathématiques Appliquées  
Département Génie Informatique  
Université de Technologie  
BP 20529 - 60205 COMPIEGNE Cedex  
Tél : 03 44 23 49 02 - Fax : 03 44 23 44 77  
Veronique.Hedou@dma.utc.fr

**Dijon** *Christian Michelot*  
UFR Sciences et techniques  
Université de Bourgogne  
BP400 - 21004 DIJON Cedex  
Tél. : 03 80 39 58 73 - Fax : 03 80 39 58 90  
michelot@u-bourgogne.fr

**Evry** *Laurent Denis*  
Département de Mathématiques  
Université d'Évry Val d'Essonne  
Bd. F. Mitterrand  
91025 EVRY Cedex  
Tél. : 01 69 47 02 01 - Fax : 01 69 47 02 18  
laurent.denis@univ-evry.fr

**Grenoble** *Brigitte Bidegaray-Fesquet*  
Laboratoire Jean Kuntzmann  
Université Joseph Fourier - BP 53  
38041 GRENOBLE Cedex 9  
Tél. : 04 76 51 48 60 - Fax : 04 76 63 12 63  
Brigitte.Bidegaray@imag.fr

**Israël** *Ely Merzbach*  
Dept. of Mathematics and Computer Science  
Bar Ilan University. Ramat Gan.  
Israël 52900  
Tél. : (972-3)5318407/8 - Fax : (972-3)5353325  
merzbach@macs.biu.ac.il

**La Réunion** *Philippe Charton*  
Dépt. de Mathématiques et Informatique  
IREMIA,  
Université de La Réunion - BP 7151  
97715 SAINT-DENIS Cedex 9  
Tél. : 02 62 93 82 81 - Fax : 02 62 93 82 60  
Philippe.Charton@univ-reunion.fr

**Le Havre** *Adnan Yassine*  
ISEL -Quai Frissard  
B.P. 1137 - 76063 LE HAVRE Cedex  
Tél. : 02 32 74 49 16 - Fax : 02 32 74 49 11  
adnan.yassine@univ-lehavre.fr

**Le Mans** *Alexandre Popier*  
Université du Maine, Dpt de Math.  
Avenue Olivier Messiaen  
F-72085 LE MANS Cedex 9  
Tél. : 02 43 83 37 19  
alexandre.popier@univ-lemans.fr

**Liban** *Hyam Abboud*  
Faculté des Sciences et de Génie Informa-  
tique  
Université Saint-Esprit de Kaslik  
BP 446 Jounieh, LIBAN  
Tél. : 961 9 600 914 - Fax : 961 70 938 428  
hyamabboud@usek.edu.lb

**Lille** *Caterina Calgaro*  
Laboratoire Paul Painlevé - UMR 8524  
Université des Sciences et Technologies  
Bat. M2, Cité Scientifique,  
59655 VILLENEUVE D'ASCQ Cedex  
Tél. : 03 20 43 47 13 - Fax : 03 20 43 68 69  
Caterina.Calgaro@univ-lille1.fr

**Limoges** *Samir Adly*  
XLIM - Univ. de Limoges  
123 avenue A. Thomas  
87060 LIMOGES Cedex  
Tél. : 05 55 45 73 33- Fax : 05 55 45 73 22  
adly@unilim.fr

**Lyon** *Thierry Dumont*  
Institut Camille Jordan  
Université Claude Bernard Lyon 1  
43 bd du 11 Novembre 1918  
69622 VILLEURBANNE Cedex  
Tél. : 04 72 44 85 23  
tdumont@math.univ-lyon1.fr

**Marne La Vallée** *Alain Prignet*  
Laboratoire d'Analyse et de Mathématiques  
Appliquées  
Univ. de Marne-la-Vallée -Cité Descartes  
5 bd Descartes  
77454 MARNE-LA-VALLEE Cedex 2  
Fax : 01 60 95 75 34 - Fax : 01 60 95 75 45  
alain.prignet@univ-mlv.fr

**Maroc** *Khalid Najib*  
École nationale de l'industrie minérale  
Bd Haj A. Cherkaoui, Agdal  
BP 753, Rabat Agdal  
01000 RABAT  
Tél. : 212 37 77 13 60 - Fax : 212 37 77 10 55  
najib@enim.ac.ma

**Mauritanie** *Zeine Ould Mohamed*  
Equipe de Recherche en Informatique et  
Mathématiques Appliquées  
Faculté des Sciences et Techniques  
Université de Nouakchott  
BP 5026 - NOUAKCHOTT  
Tel : 222 25 04 31 - Fax : 222 25 39 97  
zeine@univ-nkc.mr

**Metz** *Jean-Pierre Croisille*  
Laboratoire de Mathématiques  
Université de Metz  
Bât. A, Ile du Saulcy  
57 045 METZ Cedex 01  
Tél. : 03 87 31 54 11 - Fax : 03 87 31 52 73  
croisil@poncelet.univ-metz.fr

**Montpellier** *Jérôme Droniou*  
Département de Mathématiques  
Université de Montpellier II, CC51  
Place Eugène Bataillon  
34095 MONTPELLIER Cedex 05  
Tél : 04 67 14 42 03 - Fax : 04 67 14 35 58  
droniou@math.univ-montp2.fr

**Nantes** *Francoise Foucher*  
Info-Maths  
Ecole Centrale de Nantes - BP 92101  
44321 NANTES Cedex 3.  
Tél : 02 40 37 25 19  
francoise.foucher@ec-nantes.fr

**Nancy** *Marius Tucsnak*  
Institut Elie Cartan  
Université de Nancy 1 - BP 239  
54506 VANDOEUVRE les NANCY cedex  
Tél. : 03 83 68 45 63 - Fax : 03 83 68 45 34  
Marius.Tucsnak@iecn.u-nancy.fr

**New York** *Rama Cont*  
IEOR Dept & Center for Applied probability  
Columbia University  
500 W120th St, Office 316  
New York, NY 10027 (USA)  
Rama.Cont@columbia.edu

**Nice** *Chiara Simeoni*  
Lab. Jean-Alexandre Dieudonné  
UMR CNRS 621  
Université de Nice, Parc Valrose  
06108 NICE Cedex 2  
Tél. : 04 92 07 60 31 - Fax : 04 93 51 79 74  
simeoni@math.unice.fr

**Orléans** *Maitine Bergounioux*  
Dépt. de Mathématiques - UFR Sciences  
Université d'Orléans - BP 6759  
45067 ORLEANS Cedex 2  
Tél. : 02 38 41 73 16 - Fax : 02 38 41 72 05  
maitine.bergounioux@univ-orleans.fr

**Paris I** *Jean-Marc Bonnisseau*  
UFR 27 - Math. et Informatique  
Université Paris I - CERMSEM  
90 rue de Tolbiac 75634 PARIS Cedex 13  
Tél. : 01 40 77 19 40 - Fax : 01 40 77 19 80  
Jean-Marc.Bonnisseau@univ-paris1.fr

**Paris V** *Chantal Guihenneuc-Jouyaux*  
Laboratoire MAP5  
45 rue des Saints Pères - 75006 PARIS  
Tél. : 01 42 80 21 15 - Fax : 01 42 86 04 02  
chantal.guihenneuc@univ-paris5.fr

**Paris VI** *Nicolas Vauchelet*  
Lab. Jacques-Louis Lions-UMR 7598,  
Case courrier 187  
Univ. Pierre et Marie Curie  
75252 PARIS Cedex 05  
Tél. : 01 44 27 37 72 - Fax : 01 44 27 72 00  
vauchelet@ann.jussieu.fr

**Paris VI & Paris VII** *Stephane Menozzi*  
Lab. de Probabilités et Modèles Aléatoires  
Univ. Pierre et Marie Curie - Case courrier  
188  
4 place Jussieu - 75252 PARIS Cedex 05  
Tél. : 01 44 27 70 45 - Fax : 01 44 27 72 23  
menozzi@ccr.jussieu.fr

**Paris-Dauphine** *Clément Mouhot*  
CEREMADE - Univ. de Paris-Dauphine  
Place du Mal de Lattre de Tassiny  
75775 PARIS Cedex 16  
Tél. : 01 44 05 48 71 - Fax : 01 44 05 45 99  
cmouhot@ceremade.dauphine.fr

**Paris XI** *Benjamin Graille*  
Mathématiques, Bât. 425  
Univ. de Paris-Sud - 91405 ORSAY Cedex  
Tél. : 01 69 15 60 32 - Fax : 01 69 15 67 18  
Benjamin.Graille@math.u-psud.fr

**Paris XII** *Yuxin Ge*  
UFR de Sciences et Technologie  
Univ. Paris 12 - Val de Marne  
61 avenue du Général de Gaulle  
94010 CRETEIL Cedex  
Tél. : 01 45 17 16 52  
ge@univ-paris12.fr

**Ecole Centrale de Paris** *Florian De Vuyst*  
Ecole Centrale de Paris  
Laboratoire Mathématiques Appliquées aux  
Systèmes,  
Grande Voie des Vignes,  
92295 Châtenay-Malabry cedex France  
Tél. : 01 41 13 17 19 - Fax : 01 41 13 14 36  
florian.de-vuyst@ecp.fr

**Pau** *Brahim Amaziane*  
Laboratoire de Mathématiques Appliquées-  
IPRA - Université de Pau  
Avenue de l'Université - 64000 PAU  
Tél. : 05 59 40 75 47 - Fax : 05 59 40 75 55  
brahim.amaziane@univ-pau.fr

**Perpignan** *Didier Aussel*  
Département de Mathématiques  
Université de Perpignan  
52 avenue de Villeneuve  
66860 PERPIGNAN Cedex  
Tél. : 04 68 66 21 48 - Fax : 04 68 06 22 31  
aussel@univ-perp.fr

**Poitiers** *Morgan Pierre*  
Laboratoire de Mathématiques  
Univ. de Poitiers, Téléport 2 - BP 30179  
Bd Marie et Pierre Curie  
86962 FUTUROSCOPE CEDEX  
Tél. : 05 49 49 68 85 - Fax : 05 49 49 69 01  
Morgan.Pierre@math.univ-poitiers.fr

**Ecole Polytechnique** *Anne de Bouard*  
CMAP - École Polytechnique  
Route de Saclay  
91128 PALAISEAU  
Tél. : 01 69 33 45 87 - Fax : 01 69 33 46 46  
debouard@cmapx.polytechnique.fr

**Rennes** *Virginie Bonnaillie-Noël*  
ENS Cachan, Antenne de Bretagne  
Avenue Robert Schumann  
35170 BRUZ  
Tél. : 02 99 05 93 45 - Fax : 02 99 05 93 28  
Virginie.Bonnaillie@Bretagne.ens-cachan.fr

**Rouen** *Jean-Baptiste Bardet*  
LMRS, UMR 6085 CNRS  
Univ. de Rouen, Technopole du Madrillet  
Avenue de l'Université, BP.12  
76801 Saint-Etienne-du-Rouvray  
Fax : 02 32 95 52 86  
Jean-baptiste.bardet@univ-rouen.fr

**Saint-Etienne** *Alain Largillier*  
Laboratoire Analyse Numérique  
Université de Saint Étienne  
23 rue du Dr Paul Michelon  
42023 ST ETIENNE Cedex 2  
Tél : 04 77 42 15 40 - Fax : 04 77 25 60 71  
larg@univ-st-etienne.fr

**Savoie** *Stéphane Gerbi*  
Univ. de Savoie- LAMA - UMR CNRS 5127  
73376 LE BOURGET DU LAC Cedex  
Tél. : 04 79 75 87 27 - Fax : 04 79 75 81 42  
stephane.gerbi@univ-savoie.fr

**Strasbourg** *Martin Campos Pinto*  
IRMA -Université Louis Pasteur  
7 rue René Descartes  
67084 STRASBOURG Cedex  
Tél. : 03 90 24 02 05  
campos@math.u-strasbg.fr

**Toulouse** *Clément Marteau*  
INSA Département GMM  
135, avenue de Rangueil,  
31077 TOULOUSE  
clement.marteau@insa-toulouse.fr

**Tours** *Christine Georgelin*  
Lab. de Mathématiques et Physique Théorique  
Faculté des Sciences et Techniques de Tours  
7 Parc Grandmont - 37200 TOURS  
Tél. : 02 47 36 72 61 - Fax : 02 47 36 70 68  
georgelin@univ-tours.fr

**Tunisie** *Henda El Fekih*  
ENIT-LAMSIN  
BP37 1002 - TUNIS-BELVEDERE  
Tél : 2161-874700 - Fax : 2161-872729  
henda.elfekih@enit.rnu.tn

**Uruguay** *Hector Cancela*  
Universidad de la República  
J. Herrera y Reissign 565-Montevideo  
Tél. : 598 2 7114244 - Fax : 598 27110469  
cancela@fing.edu.uy

**Valenciennes** *Juliette Venel*  
LAMAV-Univ. Valenciennes, Mont Houy  
59313 Valenciennes cedex  
Tél. : 03 27 51 19 23 Fax : 03 27 51 19 00  
juliette.venel@univ-valenciennes.fr

**Versailles-St Quentin** *Tahar Boulmezaoud*  
Laboratoire de Mathématiques-UVSQY  
45 av. des États-unis, 78035 Versailles  
Tél. : 01 39 25 36 23 Fax : 01 39 25 46 45  
boulmezaoud@math.usvq.fr