

le programme

blanc

2005

**Mathématiques et interactions
(CSD 5)**



USAR
unité support de l'ANR



Mathématiques et interactions (CSD 5)

**Optimisation, jeux et dynamique de la décision
*avec coût au changement: modélisation et algorithmes proximaux***

Hedy Attouch

**Simulation de micro- et nano-structures photoniques
*à fort contraste d'indice***

Anne-Sophie Bonnet-Ben Dhia

**Inégalités fonctionnelles :
*probabilités et équations aux dérivées partielles***

Patrick Cattiaux

**Intégration numérique géométrique des équations hamiltoniennes :
*applications à la simulation moléculaire et à la simulation d'ondes laser***

Philippe Chartier

**Singularités et Comportement Asymptotique
*des Solutions d'Euler et de Navier-Stokes***

Christophe Chevry

**Milieux poreux :
*modèles, images***

Anne Estrade

le programme

blanc

Méthodes de Monte Carlo *adaptatives*

Eric Moulinès puis Gersende Fort

**Polymères, Interfaces et Systèmes Désordonnés :
*entre Mathématiques, Physique et Biologie***

Giambattista Giacomin

**Modèles numériques de contrôle par le bord
*en mécanique des fluides et en nano-optique***

Angelo Iollo

**Comparaison de grands graphes :
*application à la recherche de réseaux de sociabilités paysannes au Moyen-Age***

Bertrand Jouve

**Interactions et aspects énumératifs des géométries
*réelle, tropicale et symplectique***

Viatcheslav Kharlamov

**Estimation et sélection de modèles dans les modèles non linéaires
*à effets mixtes et applications biostatistiques***

Marc Lavielle

**Systèmes de Particules avec Interactions Non réversibles
*Approches Déterministes et Aléatoires***

Stéphane Mischler

le programme
blanc

**Conception, optimisation et prototypage d'ouvrages
de lutte contre l'érosion en domaine littoral**

Bijan Mohammadi

**Géométrie robuste
et espaces-temps fluctuants**

Yann Ollivier

**Phénomène de Stokes,
renormalisation, théories de Galois**

Jean-Pierre Ramis

**Approche géométrique
de la complexité et applications**

Bruno Salvy

**Intégrabilité réelle et complexe
en Mécanique Hamiltonienne**

Alexei Tsygvintsev

**Approches Computationnelles
en Chimie Quantique RELativiste**

Gabriel Turinici

**Méthodes mixtes, visualisation
et optimisation**

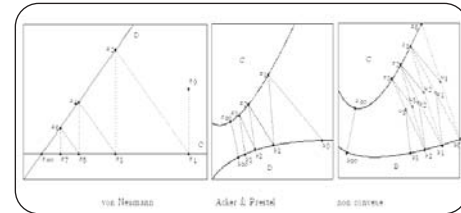
Laurent Vuillon

le programme

blanc

Optimisation, jeux et dynamique de la décision avec coût au changement : modélisation et algorithmes proximaux

Hedy Attouch



Algorithmes de minimisation alternés : De Von Neumann à l'optimisation modérée.

Institut de Mathématiques et de Modélisation de Montpellier – UMR 5149, Université de Montpellier II -
SORIN, Sylvain, Laboratoire de Combinatoire et d'Optimisation, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI

Acronyme	Décisionprox	Discipline	Mathématiques et interactions
Edition	2005	Mots clés	<ul style="list-style-type: none"> • Dynamiques et optimisation • Algorithmes de type proximal • Coût au changement • Jeux répétés • Dynamique de meilleure réponse
Durée du projet	36 mois		
Financement	62 000 €		
Personnels (H-m)	C + EC + IR : 82,8 Autres IT : Recrutés :		

Résumé

La modélisation mathématique des processus de décision prenant en compte la complexité de l'environnement, son caractère inconnu et changeant, aussi bien que les aspects stratégiques est certainement la clé d'une meilleure compréhension du monde réel économique et social dans lequel nous vivons. Prendre des décisions optimales dans ce contexte conduit à une approche dynamique adaptative, où étape par étape, les agents cherchent à améliorer leurs performances tout en prenant en compte les difficultés matérielles, psychologiques et cognitives liées à ces transitions. Le concept de coût au changement dans ce contexte est nouveau. Il permet de modéliser les difficultés

rencontrées par les agents lorsqu'ils veulent améliorer leurs performances, faire face à l'inertie, à la dissimilitude. Nous proposons un modèle relativement simple sur le plan mathématique dans lequel la prise de décision est modélisée par un algorithme de type proximal avec exploration locale.

Notre objectif est de développer ce type d'algorithmes, mettant en œuvre une dynamique discrète, dans le cas où plusieurs agents interagissent et construisent leurs stratégies, et d'introduire de nouvelles dynamiques et problématiques : jeux dynamiques proximaux, équilibres de Nash locaux.

le programme
blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

1. Le modèle est en cours de validation. C'est un processus déjà bien avancé, mais long et difficile car il est au coeur de la modélisation mathématique en économie, sciences de la décision, psychologie et sciences cognitives.
2. L'équilibration de Nash est un des problèmes mathématiques centraux répertoriés par S. Smale. Notre approche ouvre de nouvelles perspectives.

Résultats majeurs

- Modélisation, systèmes dynamiques, optimisation : Les résultats mathématiques obtenus ont mis en évidence l'importance des coûts au changement dans plusieurs algorithmes d'optimisation jouant un rôle clé dans les sciences de la décision, de l'ingénieur et en théorie des jeux.
- Théorie des jeux : Il s'agit de construire des procédures d'apprentissage simples et robustes modélisées finalement par une dynamique régie par une inclusion différentielle. Des conditions suffisantes assez générales sur l'ensemble des points limites des trajectoires ont été obtenues.
- Optimisation modérée : bornes d'erreur, régularité métrique, caractère lipschitzien de l'application sous-niveaux, longueur finie des courbes de sous-gradient et des talwegs.

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- Attouch, H., Redont P., Soubeyran A., A new class of alternating proximal minimization algorithms with costs to move, *SIAM Journal on Optimization*, Vol. 18 (2007), pp. 1061-1081.
- Attouch, H., Bolte, J., Redont P., Soubeyran A., Alternating proximal algorithms for weakly coupled convex minimization problems. Applications to dynamical games and PDE's, *Journal of Convex Analysis*, Vol. 15, No 3, (2008), pp. 485-506.
- Attouch, H., Bolte, J., On the convergence of the proximal algorithm for non-smooth functions involving analytic features, *Mathematical Programming, Ser. B*, Vol. 116, No 1-2, (2009), pp. 5-16.
- Caminetti, R., Peypouquet, J., Sorin, S., Strong asymptotic convergence of evolution equations governed by maximal monotone operators with Tikhonov regularization, *Journal of Differential Equations*, Vol. 245 (12), (2008), pp. 3764-3805.
- Sorin, S., Lehrer, E., Minmax via differential inclusion, *Journal of Convex Analysis*, Vol. 14, No 2, (2007), pp. 271-273.
- Sorin, S., Benaim, M. and Hofbauer, J., Stochastic approximations and differential inclusions, part II: Applications, *Mathematics of Operations Research*, Vol. 31, No 4, (2006), pp. 673-695.

Conférences

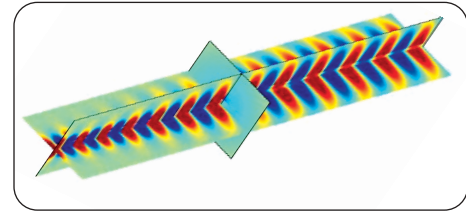
Invitées

- 6^e Journées Franco-Chiliennes d'Optimisation, 18-21 mai 2008, Université du Sud Toulon-Var. Conférences de H. Attouch, J. Bolte, S. Sorin.
- Conférence Dynamiques et Optimisation, 9,10 et 11 juin 2008, UPMC Paris (Chevaleret), Programme ANR-05-BLAN-0248-01. Conférences de H. Attouch, J. Bolte, M.-O. Czarnecki, S. Sorin.
- Workshop on Transport, optimization, Equilibrium in Economics, juillet 2008, PIMS UBC, Vancouver, Conférence de S. Sorin.
- Conférence en l'honneur de A. Ioffe et S. Reich, « Nonlinear Analysis and Optimization », Juillet 2008, Haïfa (Israël), Conférence de J. Bolte.
- Journées MODE 2008, Clermont-Ferrand, Février 2008, Conférence de J. Bolte.

Colloques : 12

Simulation de micro- et nano-structures photoniques à fort contraste d'indice

Anne-Sophie Bonnet-Ben Dhia



Simulation tridimensionnelle par éléments finis d'un taper optique de section carrée (composante longitudinale du champ électrique)

POEMS, UMR 27 06 CNRS-INRIA-ENSTA) - VIVIEN Laurent et CASSAN Eric CMO, IEF (Institut d'Electronique Fondamentale, UMR CNRS - Université Paris Sud)

Acronyme SimNanoPhot
Edition 2005
Durée du projet 36 mois
Financement 127 000 €
Personnels (H-m) C + EC + IR : 120
Autres IT :
Recrutés : 24

Discipline Mathématiques et interactions

Mots clés

- Simulation numérique
- Guides optiques
- Cristaux photoniques
- Théorie spectrale
- Conditions aux limites transparentes

Résumé

Le projet SimNanoPhot avait pour objectif le développement de méthodes numériques permettant de simuler des composants nanophotoniques avec précision dans le domaine fréquentiel, s'affranchissant en partie des méthodes temporelles classiques de type FDTD. Deux types de composants nanophotoniques ont été considérés : un « taper » optique (dont le principe repose sur l'adaptation quasi-adiabatique du champ d'un guide très confiné vers celui d'une fibre optique par la réduction progressive des dimensions du guide) et des

structures périodiques aux propriétés physiques de sélectivité spectrale ou de dispersion spatiale remarquables (cristaux photoniques).

Pour ces deux composants, l'enjeu était de réduire au maximum la taille du domaine de calcul via l'utilisation de PML (Perfectly Matched Layers) ou d'opérateurs DtN (Dirichlet to Neumann), dans des configurations où l'utilisation de ces méthodes requiert de nouveaux développements théoriques.

le programme
blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

- Trouver un langage commun permettant un échange scientifique fructueux entre des cultures scientifiques différentes au début du projet.
- Le développement d'une méthode multimodale (« mode matching ») pour le « taper » optique en présence de PML a soulevé la question délicate de la décomposition modale d'un champ électromagnétique déconfiné sur une famille de modes guidés et de modes à fuite.
- L'écriture d'un opérateur DtN pour un milieu périodique localement perturbé pose de nombreuses difficultés (absence de solutions analytiques des équations dans le milieu extérieur, complexité de l'analyse des modes de Floquet-Bloch).

Résultats majeurs

Pour chaque application (« taper » optique et cristaux photoniques), nous avons proposé une approche numérique originale que nous avons mise en œuvre dans des configurations scalaires bidimensionnelles. Pour le « taper », nous avons montré comment combiner l'utilisation de PML avec une approche multimodale et nous avons analysé les difficultés numériques liées au traitement des modes à fuite. De nouvelles PML non convexes ont été proposées qui améliorent sensiblement les performances de la méthode. Pour les cristaux photoniques, nous avons construit l'opérateur de Dirichlet-to-Neumann, en exploitant la structure périodique du milieu et en combinant des approches analytique et numérique ; les résultats numériques obtenus ont été comparés à des simulations par FDTD (publication commune entre les deux laboratoires en cours de soumission). Parallèlement, un calcul complet du taper 3D par éléments finis d'ordre élevé a été réalisé.

Production scientifique depuis le début du projet

Publications AGL/brevets

- S. FLISS, P. JOLY and R. J. LI, Exact boundary conditions for periodic waveguide containing a local perturbation, *Communications in Computational Physics*, 2006.
- L. VIVIEN, X. LE ROUX, S. LAVAL, E. CASSAN and D. MARRIS-MORINI, Design, realization, and characterization of 3D-taper for Fiber/micro-waveguide coupling, *IEEE Journal of selected Topics in Quantum Electronics* 12 (6), 1354-1357, 2006.
- S. FLISS and P. JOLY, Exact boundary conditions for time-harmonic wave propagation in locally perturbed periodic media, *APNUM*, special issue for WONAPDE, 2007.
- D. BERNIER, E. CASSAN, A. LUPU, G. MAIRE, D. MARRIS-MORINI, L. VIVIEN, and S. LAVAL, Analysis of ultra refraction properties in strong index contrast slab photonic crystals, *Optics Comm* 274, 241-247, 2007.
- D. MARRIS-MORINI, E. CASSAN, D. BERNIER, G. MAIRE and L. VIVIEN, Ultra-compact tapers for light coupling into two dimensional slab photonic crystal waveguides in the slow light regime, *Optical Engineering* 47 (1), p 014602, Janvier 2008.
- A.-S. BONNET-BEN DHIA, B. GOURSAUD, C. HAZARD and A. PRIETO, Finite element computation of leaky modes in stratified waveguides, *Proceedings of the GDR 2501 meeting in Anglet*, 2008, Springer Series on Wave Phenomena, à paraître.

Conférences

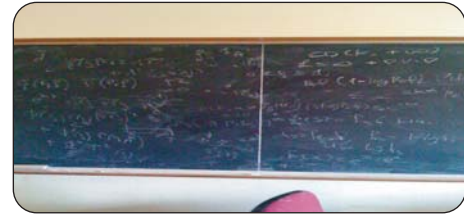
Invitées

- P. JOLY, Exact boundary conditions for locally perturbed periodic waveguides, *Enumath2005*, Santiago de Compostela (Spain), July 2005.
- P. JOLY, Exact boundary conditions for locally perturbed periodic waveguides, *Conférencier invité à Waves Meeting*, University of Reading (England) : Sept. 05.
- L. VIVIEN, E. CASSAN, D. MARRIS-MORINI, S. MAINE, M. ROUVIERE, J-F DAMLENCOURT, J-M FEDELI, A. LUPU, D. PASCAL, X. LE ROUX and S. LAVAL, Silicon-on-insulator microphotonic devices, *Plenary session, SPIE Photonics Europe 2006*, Strasbourg, avril 2006.
- L. VIVIEN, *Silicon-On-Insulator Microphotonics*, Workshop on Micro Optique, Plasmonique et Applications Biologiques, Lille, 10 et 11 mai 2007.

Colloques : 17

Inégalités fonctionnelles : *probabilités et équations aux dérivées partielles*

Patrick Cattiaux



Institut de Mathématiques de Toulouse, Université Paul Sabatier -LEONARD Christian, équipe MODAL'X, Université Paris 10 Nanterre -GENTIL Ivan, Laboratoire CERE-MADE, Université Paris 9 Dauphine -WU Liming, Laboratoire de Mathématiques, Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand

Acronyme	IFO	Discipline	Mathématiques et interactions
Edition	2005	Mots clés	<ul style="list-style-type: none">• Inégalités fonctionnelles• Equations d'évolution• Transport Optimal• Grandes Déviations• Processus de Markov
Durée du projet	36 mois		
Financement	252 000 €		
Personnels (H-m)	C + EC + IR : environ 198 Autres IT : Recrutés : 12		

Résumé

Le projet IFO s'est principalement attelé à développer la compréhension des inégalités fonctionnelles afin de les mettre en œuvre sur des problèmes concrets : asymptotique temps long pour des dynamiques markoviennes ou des équations d'évolution linéaires ou non, transport optimal, concentration de la mesure, isopérimétrie, théorie spectrale... Il a en particulier fait émerger plusieurs idées nouvelles : l'utilisation féconde des fonctions de Lyapunov, les liens entre grandes déviations et inégalités de transport, les aspects entropiques de certaines équations cinétiques. Parti certes d'un noyau solidement établi, il a également placé l'ensemble de ses membres au cœur de la thématique au niveau mondial, comme l'atteste le nombre croissant de citations des travaux que le projet a produit.

Divers aspects ont émergé et sont maintenant au centre des développements mathématiques récents, tout particulièrement les liens entre hypocoercivité, hypoellipticité et dynamiques stochastiques associées ainsi que certains aspects analyse fonctionnelle de l'étude quantitative de modèles physiques ou biologiques. Le déroulement du projet, à travers invitations et colloques qu'il a organisés, a permis de nouer et de renforcer les relations (devenues souvent amicales) avec les ténors internationaux, mais aussi d'accueillir de jeunes docteurs étrangers demandeurs des compétences de nos membres.

le programme
blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

Le seul véritable point noir est la gestion du budget. En effet les crédits ont été installés dans nos diverses universités et il a souvent été bien difficile (et toujours chronophage) de concilier règles locales et règles de l'ANR. Sans un mode de gestion des crédits différent il est impossible d'avoir la réactivité que ce genre de projet ciblé et de taille raisonnable pourrait avoir.

Résultats majeurs

Cette rubrique devrait être remplie par un expert extérieur au projet. Je donnerais simplement quelques exemples de résultats appréciés par les meilleurs spécialistes étrangers qui nous en ont fait part : caractérisation de l'inégalité T2 de Talagrand par la concentration gaussienne adimensionnelle, caractérisation (pour les diffusions symétriques) de l'inégalité de Poincaré en termes de fonction de Lyapunov, utilisation des inégalités capacité-mesure (introduites par le projet) pour l'étude d'équations d'évolution non linéaires, la caractérisation générique de l'hypocoercivité...

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- J. Lott, C. Villani : Ricci curvature for metric-measure spaces via optimal transport. A paraître a *Annals of Mathematics*.
- D. Bakry, P. Cattiaux, A. Guillin: Rate of convergence for ergodic continuous Markov processes: Lyapunov versus Poincaré. *J. of Functional Analysis*. 254:727-759. 2008.
- N. Gozlan, C. Léonard : A large deviation approach to some transportation cost inequalities. *Probability Theory and Related Fields*. 139:235-283. 2007.
- F. Barthe, P. Cattiaux, C. Roberto: Interpolated inequalities between exponential and gaussian: Orlicz hypercontractivity and isoperimetry. *Revista Matematica Iberoamericana*. 22:993-1066. 2006.
- J. Dolbeault, I. Gentil, A. Guillin, F.Y. Wang: Lq-functional inequalities and weighted porous media equations. *Potential Analysis*. 28:35-59. 2008.
- C. Villani : Hypocoercivity. *Mémoire de l'American Mathematical Society*. A paraître.

Conférences

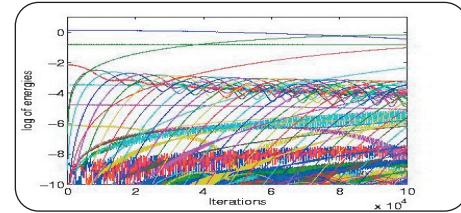
Invitées

- C. Villani : International Congress of Mathematicians (Madrid, 2006).
- P. Cattiaux : 69 th Annual meeting of the Institute of Mathematical Statistics (Rio de Janeiro, 2006)
- M. Ledoux : 31st Conference on Stochastic Processes of the Bernoulli Society. (Paris, 2006)
- A. Guillin : Particle systems, nonlinear diffusions, and equilibration. (Bonn,2007)
- J. Dolbeault : 8th International Conference on Operations Research, PDE session. (La Havane, 2008)

Colloques : 3

Intégration numérique géométrique des équations hamiltoniennes : applications à la simulation moléculaire et à la simulation d'ondes laser

Philippe Chartier



Résolution numérique de l'équation de Schrödinger linéaire, pas non résonant.

Philippe CHARTIER, INRIA-Rennes, équipe IPSO - Chris CHIPOT, CNRS /UHP 7565 Nancy - Stéphane DESCOMBES, ENS Lyon - Claude LE BRIS, Cermics-ENPC

Acronyme INGEMOL
Edition 2005
Durée du projet 36 mois
Financement 100 000 €
Personnels (H-m) C + EC + IR : 126
Autres IT :
Recrutés :

Discipline Mathématiques et interactions
Mots clés • Système hamiltonien
• Équation de Schrödinger
• Fortes oscillations, moyennisation, filtrage
• Méthode numérique symplectique ou symétrique
• Méthodes de décomposition d'opérateurs.

Résumé

Le projet INGEMOL concerne la simulation numérique d'équations différentielles par des méthodes dites géométriques, c'est-à-dire des méthodes privilégiant les propriétés qualitatives de la solution. L'accent est alors porté sur la pertinence « physique » des approximations obtenues en vue de leur application à la simulation moléculaire (il s'agit là du domaine privilégié par le projet INGEMOL sans présumer des autres applications possibles en robotique, mécanique céleste, etc.) En dépit des avancées théoriques des vingt dernières années, avec notamment l'introduction des schémas symplectiques et leur étude via l'analyse rétrograde, des difficultés essentielles subsistent dans les situations où la théorie existante est mise en échec ; le projet INGEMOL a permis de contribuer à la

résolution de ces difficultés, dans les situations bien identifiées suivantes :

1. lorsque l'on tente de résoudre l'équation de Schrödinger avec des méthodes dites de « splitting »,
2. lorsque le système considéré possède des solutions hautement oscillantes,
3. lorsque la dynamique est bruitée.

La prise en compte dans l'analyse théorique du caractère non-borné des opérateurs ou des fortes oscillations de la solution a permis d'envisager dans un second temps la construction de schémas numériques adaptés, levant - partiellement ou totalement- les contraintes rencontrées pour les schémas actuellement utilisés.

le programme
blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

En dynamique moléculaire, les questions pertinentes concernent la préservation du volume et de l'énergie, en vue d'échantillonner l'espace des phases. Mais des travaux récents des membres du projet ont montré qu'aucune méthode multi-pas n'était susceptible de conserver le volume (en dehors du cas symplectique). L'exploration des méthodes multi-pas conjuguées à des méthodes symplectiques reste une voie ouverte mais semble très difficile. Les partenaires d'Ingemol se sont donc tournés vers des solutions alternatives, qui ont permis de progresser notablement et de sortir ce qui semble être à ce jour une impasse.

Résultats majeurs

- Etude mathématique de la méthode de biais adaptatif (sur la force) afin de surmonter les problèmes de métastabilité rencontrés dans les simulations, justifiant l'efficacité pratique de la méthode.
- Nouvelle technique d'homogénéisation pour la construction de schémas symplectiques dans le cadre des problèmes Hamiltoniens hautement oscillants (PHO).
- Une méthode numérique pour les PHO permettant de s'affranchir des résonances tout en préservant l'énergie et les invariants adiabatiques du système.
- Calcul rapide des observables en dynamique NVE, avec un surcoût négligeable et un gain spectaculaire pour les systèmes intégrables. Propriétés géométriques de la méthode de splitting pour Schrödinger linéaire (avec de nouveaux résultats de conservation), et d'une méthode numérique pour les équations différentielles stochastiques possédant des invariants.

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- T. Lelièvre, M. Rousset and G. Stoltz, Long-time convergence of an Adaptive Biasing Force method, *Nonlinearity* 21, 1155-1181 (2008)
- F. Castella, P. Chartier and E. Faou, An averaging technique for highly-oscillatory Hamiltonian problems, à paraître dans *SINUM*
- E. Cancès, F. Castella, P. Chartier, E. Faou, C. Le Bris, F. Legoll and G. Turinici, Long-time averaging using symplectic solvers with application to molecular dynamics, *Numerische Mathematik*, Vol. 100, 2005.
- Guillaume Dujardin and Erwan Faou Normal form and long time analysis of splitting schemes for the linear Schroedinger equation with small potential. *Numerische Mathematik* 106, N2 (2007) 223-262
- Erwan Faou and Tony Lelièvre, Conservative stochastic differential equations: Mathematical and numerical analysis, A paraître dans *Mathematics of Computation*

Conférences

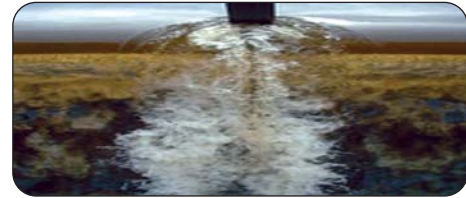
Invitées

- P. Chartier, E. Faou, G. Vilmart, Castellón Conference on Geometric Integration, 18-22 September 2006, Universitat Jaume I, Castellón, Spain
- F. Legoll, T. Lelièvre, G. Vilmart, CANUM 2006, Guidel, France
- C. Le Bris, Conférencier plénier SciCADE 2007 International Conference on Scientific Computation And Differential Equations, (Saint-Malo, July 9-13, 2007), conférence organisée grâce au soutien de l'ANR.
- C. Le Bris, Conférencier invité, Concurrent models. Atomistic to continuum (AtC) modelling, Series of 5 one-hour lectures, Main lecturer, Santiago de Compostela, May 2008
- C. Le Bris, Conférencier invité, From molecular theories to continuum elasticity: a possible track, Series of 5 one-hour lectures, Main lecturer, CMA Summer school, Carnegie Mellon, June 2008

Colloques : approximativement 15

Singularités et Comportement Asymptotique des Solutions d'Euler et de Navier-Stokes

Christophe Cheverry



Exemple de fluide turbulent

Institut Mathématique de Rennes - GALLAGHER Isabelle, (UMR 7586 du CNRS ; Université Paris 7) - IFTIMIE Dragos, (UMR - 5208 du CNRS ; Université Claude Bernard Lyon 1) - PLANCHON Fabrice, (UMR 7539 du CNRS ; Université Paris 13)

Acronyme SCASEN
Edition 2005
Durée du projet 42 mois
Financement 190 000 €
Personnels (H-m) C + EC + IR : 324
Autres IT :
Recrutés : 30

Discipline Mathématiques et interactions

Mots clés

- Analyse multi-échelle
- Optique géométrique non linéaire
- Équations d'Euler et équations de Navier-Stokes
- Mécanique des fluides

Résumé

Les problèmes mathématiques soulevés par la mécanique des fluides ont de tout temps attiré l'attention de la communauté mathématique internationale. L'étude des régimes sur-critiques, c'est à dire l'analyse des turbulences, a été abordée principalement sous l'angle des systèmes dynamiques et de la physique statistique. L'approche via la propagation des singularités que nous avons adoptée était restée assez en retrait de ce mouvement, faute d'outils adaptés pour cela. Sur ce sujet difficile, nous avons apporté plusieurs résultats nouveaux permettant de mieux comprendre :

- le comportement asymptotique (en temps grand) des solutions de l'équation d'Euler incompressible en dimension deux d'espace.
- les phénomènes d'oscillations et de concentration dans les équations de Schrödinger ou dans les systèmes formés par Euler ou Navier-Stokes.
- l'analyse sur-critique de certains systèmes d'EDP non linéaires ce qui fournit une description des caustiques, de divers phénomènes d'interaction d'ondes, ...
- la simulation numérique des écoulements turbulents.

le programme
blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

Résultats majeurs

D'importants progrès ont été effectués dans les quatre directions de recherche qui sont énumérées dans la rubrique Résumé du projet. Pour chacun de ces quatre axes, plusieurs résultats marquants ont été obtenus. Ils sont le fruit d'une forte implication qui a monopolisé l'ensemble des membres du projet SCASEN. Ils sont clairement attestés par les 111 articles qui ont été conçus et écrits durant les trois années de ce projet et qui tous sont parus dans des revues à comité de lecture (dont certaines du plus haut niveau).

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- Abidi, Hammadi; Paicu, Marius Global existence for the magnetohydrodynamic system in critical spaces. *Proc. Roy. Soc. Edinburgh Sect. A* 138 (2008), no. 3, 447--476.
- Carles, Rémi WKB analysis for nonlinear Schrödinger equations with potential. *Comm. Math. Phys.* 269 (2007), no. 1, 195--221.
- Cheverry, C.; Guès, O. Counter-examples to concentration-cancellation. *Arch. Ration. Mech. Anal.* 189 (2008), no. 3, 363-424.
- Gallagher, Isabelle; Saint-Raymond, Laure Mathematical study of the betaplane model: equatorial waves and convergence results. *Mém. Soc. Math. Fr. (N.S.)* No. 107 (2006), v+116 pp. (2007).
- Burq, Nicolas; Lebeau, Gilles; Planchon, Fabrice Global existence for energy critical waves in 3-D domains. *J. Amer. Math. Soc.* 21 (2008), no. 3, 831--845.
- Hmidi, Taoufik; Keraani, Sahbi Global solutions of the super-critical 2D quasi-geostrophic equation in Besov spaces. *Adv. Math.* 214 (2007), no. 2, 618--638.

Conférences

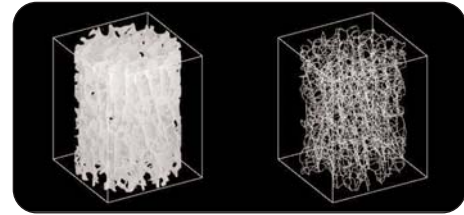
Invitées

- Cheverry, Christophe Recent results in large amplitude monophasic nonlinear geometric optics. Bardos, Claude (ed.) et al., *Instability in models connected with fluid flows I*. New York, NY: Springer. *International Mathematical Series (New York)* 6, 267-288 (2008) : texte issu de conférences données à Moscou, en Russie.
- Gallagher Isabelle, A mathematical review of the analysis of the betaplane model and equatorial waves. *Discrete and Continuous Dynamical Systems Series S*, 1, 3 (2008), pages 461 - 480 : texte issu de conférences données au Mathematical Institute, Charles University Prague, République Tchèque.
- Ifimie, Dragofl Large time behavior in perfect incompressible flows. *Partial differential equations and applications*, 119--179, *Sémin. Congr.*, 15, Soc. Math. France, Paris, 2007 : texte issu de conférences données à Lanzhou, en Chine.
- Planchon, Fabrice Lectures notes on Schrödinger equations with variable coefficients. *Lectures on nonlinear dispersive equations*, 105--173, *GAKUTO Internat. Ser. Math. Sci. Appl.*, 27, Gakkjōtoshō, Tokyo, 2006 : texte issu de conférences données à Tokyo, au Japon.

Colloques : 3

Milieux poreux : *modèles, images*

Anne Estrade



Os trabéculaire et son squelette rétracté (auteur: P. Levitz)

MAP5 (Mathématiques Appliquées de Paris 5) UMR CNRS 8145, Université Paris Descartes -
Pierre LEVITZ, PMC (Physique de la Matière Condensée) UMR CNRS 7642, Ecole Polytechnique -
Claude-Laurent BENHAMOU, CTI (Caractérisation du Tissu osseux par Imagerie) Unité INSERM U658, Centre Hospitalier Régional d'Orléans

Acronyme	Mipomodim	Discipline	Mathématiques et interactions
Edition	2005	Mots clés	<ul style="list-style-type: none">• Milieux poreux• Géométrie aléatoire• Images 2D/3D• Texture• Matériaux irréguliers
Durée du projet	36 mois		
Financement	210 000 €		
Personnels (H-m)	C + EC + IR : 158 Autres IT : Recrutés : 12		

Résumé

Le projet s'articulait autour de quatre objectifs. 1) Construire des modèles mathématiques 3D pour décrire la structure fine des milieux poreux tout en expliquant les phénomènes macroscopiques, construire des modèles 2D pour les images observées et établir les correspondances entre ces modèles. 2) Simuler les modèles proposés (algorithme et implémentation) et mettre au point des estimateurs pour les paramètres pertinents du modèle. 3) Analyser des données réelles en décrivant les paramètres morphologiques et topologiques afin de mettre en évidence les propriétés fonctionnelles de type biomécanique ou de transport. 4) Disposer de méthodes spécifiques de traitement des images 2D et 3D (segmentation, texture...) des milieux poreux qui sont particulièrement désordonnés.

La structure poreuse que nous avons essentiellement étudiée est l'os et la problématique associée est la détection/prédiction/prévision de l'ostéoporose. Pour mener à bien ce projet, trois équipes étaient associées : une équipe de mathématiciens (probabilistes et imagistes), une équipe de physiciens (matériaux composites et fractales) et une équipe de médecins spécialistes de l'ostéoporose. De très nombreux exposés, rencontres, discussions ont permis d'acquérir un vocabulaire commun et d'identifier des problématiques communes aux différents partenaires.

le programme
blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

Les principaux verrous scientifiques et technologiques résidaient dans la modélisation de l'anisotropie aussi bien pour les matériaux que pour les images, dans l'établissement de liens mathématiques ou expérimentaux entre le matériau 3D et les différents types d'image 2D, dans la segmentation des images en matrice/pore ou encore plaque/poutre/pore. Des solutions ont été apportées dont certaines restent encore à conforter.

La pluridisciplinarité aurait pu être un élément de blocage, ce ne fut pas le cas. Nous avons réussi à structurer des collaborations étroites qui sont maintenant sur le point de se concrétiser et de donner lieu à des productions communes.

Résultats majeurs

L'équipe MAP5 a mis en évidence une description microscopique des propriétés macroscopiques d'autosimilarité qui justifie l'usage des modèles de type champs browniens fractionnaires.

Les trois partenaires ont mis au point des premiers indicateurs composites de risque de fracture ostéoporotique incluant à la fois un test d'anisotropie sur les radiographies, une analyse de texture 2D et une étude topologique 3D du seuil de dépercolation.

Des résultats théoriques et expérimentaux ont été obtenus par un partenariat entre physiciens et mathématiciens concernant les statistiques de premier retour et de premier passage en milieux interfaciaux et/ou poreux.

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- H. Bierné, A. Estrade, Poisson random balls: self-similarity and X-ray images, *Adv. Appl. Prob.*, 38, pp. 1-20 (2006).
- H. Bierné, F. Richard, Estimation of anisotropic Gaussian fields through Radon transform, *ESAIM PS* 12, 30-50 (2008).
- M. Kratz, Level crossings and other level functionals of stationary Gaussian processes, *Probability Surveys* Vol. 3, 230-288 (2006).
- P. Levitz, Toolbox for 3D imaging and modelling of porous media, *Osteoporosis International* 18, 837-843 (2007).
- M. Rachidi, A. Marchadier, C. Gadois, E. Lespessailles, C. Chappard, C.L. Benhamou. Laws' Masks descriptors applied to Bone Texture Analysis: an Innovative and Discriminant Tool in Osteoporosis, *Skeletal Radiology* (2008).
- P. Levitz, D.S. Grebenkov, M. Zinsmeister, K. Kolvankar, B. Sapoval. Brownian flights over a fractal nest and first-passage statistics on irregular surfaces, *Physical Review Letters*, 96 (2006).

Conférences

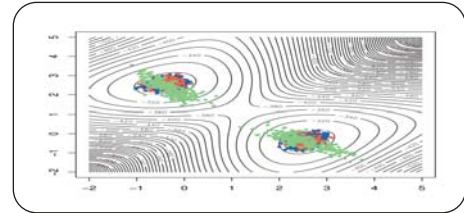
Invitées

- Int. Conf. of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Lyon, France, août 2007.
- 18th International Bone Densitometry Workshop, June 15-19 2008, Foggia, Italie.
- 9th International Bologna Conference "Magnetic Resonance in Porous Media" (Cambridge MA, Etats-Unis, 2008).
- 18th International Bone Densitometry Workshop, June 15-19 2008, Foggia, Italie
- IEEE International Symposium in Biomedical Imaging, 14-17 mai 2008, Paris.

Colloques : 30

Méthodes de Monte Carlo adaptatives

Eric MOULINES puis Gersende FORT



Population Monte Carlo pour une densité cible bimodale

TELECOM ParisTech; Laboratoire TCI. - Christian ROBERT; Université Paris-Dauphine Paris IX; Laboratoire CEREMADE

Bernard LAPEYRE; Ecole Nationale des Ponts et Chaussées; Laboratoire CERMICS - Randal DOUC; Ecole Polytechnique; Laboratoire CMAP

Acronyme ADAPMC

Edition 2005

Durée du projet 36 mois

Financement 185 000 €

Personnels (H-m) C + EC + IR : 24,5

Autres IT :

Recrutés : 22

Discipline Mathématiques et interactions

Mots clés

- Méthodes de Monte Carlo
- Méthodes adaptatives
- Population Monte Carlo
- Monte Carlo par Chaînes de Markov
- Approximation Stochastique

Résumé

Les méthodes de Monte-Carlo sont des méthodes probabilistes pour la résolution de problèmes complexes ne possédant pas de solution numérique explicite (simuler des réalisations de lois complexes; calculer des fonctionnelles de processus stochastiques; évaluer des intégrales sur des domaines de grande dimension ...). Néanmoins, l'usage de ces méthodes demande à l'utilisateur le réglage de paramètres d'implémentation dont dépend l'efficacité de la méthode.

L'objectif de ce projet est d'étudier des techniques adaptatives pour choisir la valeur de ces paramètres au fur et à mesure du déroulement de la procédure, en fonction du comportement passé de cet algorithme. Il comporte donc plusieurs volets : méthodologique pour proposer des algorithmes adaptatifs; théorique pour guider l'adaptation; applicatif.

le programme
blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

Développer et évaluer de nouvelles méthodes de simulation de type Monte-Carlo.

Approche guidée par des études théoriques : identifier un critère d'optimalité du fonctionnement de l'algorithme, et définir l'adaptation comme une recherche itérative de la solution du critère d'optimalité.

Combiner les algorithmes de Monte-Carlo, et les techniques d'apprentissage renforcé, d'approximation stochastique, de chaînes de Markov contrôlées.

Résultats majeurs

Algorithme Population Monte-Carlo : développements méthodologiques et théoriques d'un algorithme de type "particules dynamiques", avec méthodes adaptatives de la loi de mutation.

Limites fluides : étude du comportement des méthodes Monte-Carlo par chaînes de Markov, afin de guider le choix des paramètres d'implémentation dans la phase de pré-convergence.

Méthodes de Monte-Carlo séquentielles : procédures de mutations-sélection de particules efficaces pour la minimisation de la variance asymptotique de ces algorithmes.

Méthodes de Réduction de variance adaptatives et applications à l'ingénierie financière: échantillonnage d'importance et stratification.

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- O. Cappé, R. Douc, E. Moulines, J. Olsson : Sequential Monte Carlo smoothing with application to parameter estimation in non-linear state space models. Bernoulli (2008).
- O. Cappé, R. Douc, A. Guillin, J.M. Marin, C. P. Robert : Adaptive Importance Sampling in General Mixture Classes. Statistics and Computing (2008).
- R. Douc, G. Fort, A. Guillin : Subgeometric rates of convergence of f-ergodic strong Markov processes. Stoch. Proc. Appl. (2008).
- P. Etoré, B. Jourdain, Adaptive optimal allocation in stratified sampling methods Methodology and Computing in Applied Probability (à paraître).
- G. Fort, S. Meyn, E. Moulines, P.Priouret : The ODE method for the stability of skip-free Markov Chains with applications to MCMC. Ann. Appl. Probab. (2008)
- C. Robert, J.M. Marin : Some difficulties with some posterior probability approximations. Bayesian Analysis (2008).

Conférences

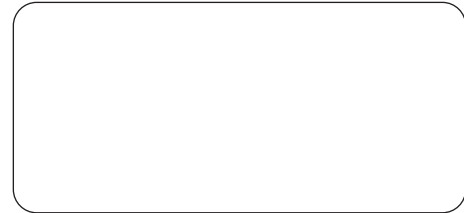
Invitées

- Organisation d'une session "Méthodes de Monte Carlo adaptatives et algorithmes stochastiques", Journées MAS, France (2006)
- Workshop "New Directions in Monte Carlo methods", France (2007).
- Organisation d'un workshop international (Juin 2007) "New directions in Monte-Carlo methods"
- ADAPski et MCMCski : "Adaptive Monte Carlo methods" Italie (2008).
- 9th ISBA Conference, Australie (2008).

Colloques : 62

Polymères, Interfaces et Systèmes Désordonnés : entre Mathématiques, Physique et Biologie

Giambattista Giacomin



Laboratoire de Probabilités et Modèles Aléatoires, Université Paris Diderot

Acronyme	POLINTBIO	Discipline	Mathématiques et interactions
Edition	2005	Mots clés	<ul style="list-style-type: none">• Mécanique Statistique• Systèmes Désordonnés• Polymères et interfaces• Phénomènes de localisation• Environnements aléatoires
Durée du projet	36 mois		
Financement	50 000 €		
Personnels (H-m)	C + EC + IR : 112		
	Autres IT :		
	Recrutés :		

Résumé

L'activité de l'équipe "POLINTBIO" a porté sur l'étude probabiliste des modèles de polymères, d'interfaces et des systèmes désordonnés, avec une attention particulière à la modélisation en biologie. Les travaux accomplis ont apporté des contributions à la compréhension de l'effet du désordre sur des systèmes à l'équilibre et ils ont introduit et développé des nouveaux outils techniques d'analyse. En particulier, une thématique présente à plusieurs reprises dans les travaux de l'équipe est l'identification des régimes de désordre fort et de désordre faible, c'est-à-dire comprendre si l'effet du désordre modifie ou non substantiellement le système. Les classes de modèles sur lesquelles on s'est concentré incluent :

- les modèles d'accrochages de polymères et interfaces, avec les nombreuses variations sur le thème (mouillage d'un substrat, modèle de Poland-Scheraga pour la dénaturation de l'ADN, copolymères en proximité de l'interface entre solvants sélectifs...)
- les polymères dirigés en milieu aléatoire
- les polymères semiflexibles
- les interfaces dans des systèmes de type Ising.

le programme blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

Les systèmes désordonnés présentent des vrais challenges, à la fois du point de vue de la physique théorique et des mathématiques. Certains des résultats qu'on cherchait demandaient des techniques d'analyse substantiellement nouvelles. Une partie de nos résultats mathématiques adressent des questions qui sont controversées dans la communauté physique.

Résultats majeurs

Nous avons obtenu des résultats très complets pour les modèles d'accrochage avec désordre. Nous avons notamment démontré la validité du 'critère de Harris' pour ces modèles. Ce critère donne une recette, basée sur des idées de groupe de renormalisation, pour décider si le comportement critique d'un modèle désordonné est différent (ou pas) du comportement critique du modèle annealed, à désordre faible. Nous avons en particulier montré que quand le désordre modifie le comportement critique, on observe un effet de régularisation (avec un mécanisme nouveau). Nous avons aussi donné une réponse rigoureuse à la question fort controversée de l'effet du désordre sur le point critique dans le cas où le critère de Harris ne donne aucune prédiction).

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- T. Bodineau, G. Giacomin, H. Lacoin and F.L. Toninelli, Copolymers at selective interfaces: new bounds on the phase diagram, *J. Statist. Phys.* 132 (2008), 603-626.
- M. Campanino, D. Ioffe and Y. Velenik, Fluctuation Theory of Connectivities for Subcritical Random Cluster Models, *Ann. Probab.* 36 (2008), 1287-1321
- F. Comets, S. Popov and M. Vachkovskaia, The number of open paths in an oriented percolation model, *J. Statist. Phys.* 131 (2008), 357-379.
- G. Giacomin and F. L. Toninelli, Smoothing Effect of Quenched Disorder on Polymer Depinning Transitions, *Commun. Math. Phys.* 266 (2006), 1-16; [Smoothing of Depinning Transitions for Directed Polymers with Quenched Disorder, *Phys. Rev. Lett.* 96 (2006), 070602]
- B. Derrida, G. Giacomin, H. Lacoin and F. L. Toninelli, Fractional moment bounds and disorder relevance for pinning models, *Commun. Math. Phys.* (à paraître)

Conférences

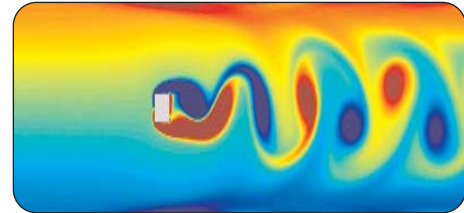
Invitées

- Mini-cours (G. Giacomin) at the conference for the 60th birthday of M. Aizenman and S.R.S. Varadhan, 'Stochastic processes in mathematical physics', June 2006, Firenze (I)
- Mini-cours (G. Giacomin) summer school on Spin Glasses (Paris June 25- July 6, 2007)
- XI Brazilian School of Probability, Sao Sebastiao, August 5-11, 2007. Invited speaker :F.L. Toninelli./
- Marc Kac Seminar main speaker 06/07 T. Bodineau, Eindhoven University of Technology (NL)
- "Stochastic Analysis on Large Scale Interacting Systems", Fukuoka (JP), October 22-26, 2007, Invited lecturer : F. Comets.

Colloques : 60

Modèles numériques de contrôle par le bord en mécanique des fluides et en nano-optique

Angelo Iollo



Écoulement non contrôlé

Institut de Mathématiques de Bordeaux - Laurent CORDIER LEA, CNRS Poitiers - Juan ELEZGARAY, IECB, Université Bordeaux 1 - CNRS, Bordeaux

Acronyme	COBORD
Edition	2005
Durée du projet	36 mois
Financement	171 000 €
Personnels (H-m)	C + EC + IR : 48 Autres IT : 24 Recrutés : 60

Discipline Mathématiques et interactions

Mots clés

- Calcul scientifique
- Contrôle des équations aux dérivées partielles
- Mécanique des fluides
- Optique et lasers

Résumé

Ce projet est centré sur l'étude de modèles numériques qui permettent la solution de problèmes de contrôle par le bord. La complexité de calcul considérée est réaliste par rapport aux applications.

Les objectifs sont :

1) de déterminer des modèles à petit nombre de degrés de liberté donnant des prédictions fiables d'écoulements non stationnaires sous l'action d'actuateurs agissant sur le bord du domaine ;

2) de déterminer une procédure efficace d'identification de l'état du système grâce à la trace de la solution sur le bord ;
3) d'étudier une discrétisation adaptée à la solution d'EDP sur grilles cartésiennes,
4) d'appliquer l'optimisation de forme et l'identification de système à la solution des problèmes inverses qui se posent en imagerie d'objets nanométriques.

le programme
blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

L'objectif est d'utiliser des modèles réduits pour développer des techniques de contrôle. Les modèles réduits étant peu robustes à la variation des paramètres, il est nécessaire d'introduire des stratégies de prise en compte des variations des paramètres de contrôle dans les modèles. En optique, et en particulier dans le domaine des nanosciences, la formation d'images passe nécessairement par la résolution d'un problème inverse. Paradoxalement, l'important développement des techniques expérimentales telles que le champ proche optique n'a pas été suivi par un développement parallèle des problèmes d'imagerie 'numérique'.

Résultats majeurs

Il a été possible de modéliser des écoulements laminaires contrôlés par des systèmes dynamiques robustes et de dimension réduite. On a pu stabiliser un sillage laminaire et instable en 2D. Pour les problèmes inverses, une technique de résolution de ces problèmes basée sur le paradigme grilles cartésiennes, level-set et pénalisation a pu être mise en place, en s'affranchissant d'une description paramétrique des objets à déterminer et du problème de mailler des topologies complexes.

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- J. Weller, E. Lombardi, A. Iollo. Robust model identification of actuated vortex wakes. To appear. *Physica D*.
- H. Telib, A. Iollo, L. Zannetti. Model ling and optimization of a propel ler by means of an inverse method. To appear. *Journal of Inverse and Ill Posed Problems*.
- M. Bergmann, C.H. Bruneau, A. Iollo. Enablers for robust POD models. *Journal of Computational Physics*, Vol. 228, pp. 516-538, 2009.
- E. Arian, A. Iollo. Analytic Hessian Derivation for the quasi-one-dimensional Euler Equations. *Journal of Computational Physics*. Vol. 228, pp. 476-490, 2009.
- Bergmann M. & Cordier L. (2008) "Optimal control of the cylinder wake in the laminar regime by Trust-Region methods and POD Reduced Order Models". *J. Comp. Phys.*, 227, pp. 7813-7840.
- M. R. Buffoni, S. Camarri, A. Iollo, M.V. Salvetti. Low-dimensional model ling of a confined three-dimensional wake flow. *Journal of Fluid Mechanics*. Vol. 569, pp. 141-150, 2006.

Conférences

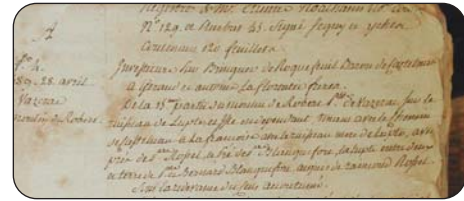
Invitées

- 2009 février. A. Iollo. Ecole Optimisation et Contrôle des Ecoulements et des Transferts du 1er au 6 février 2009, Rosco?. Cours de 2h : "Réduction de modèles".
- Cordier L. & Bergmann M. (2008) ``Two typical applications of POD: coherent structures eduction and reduced order modelling." Lecture series 2002-04, 2003-03 and 2008-01 on post-processing of experimental and numerical data, Von Karman Institute for Fluid Dynamics, 60 pages.
- Cordier L. & Bergmann M. (2008) "Proper Orthogonal Decomposition: an overview." Lecture series 2002-04, 2003-03 and 2008-01 on post-processing of experimental and numerical data, Von Karman Institute for Fluid Dynamics, 46 pages.
- 2007 novembre. A. Iollo, Mathematical and Computing Technology Group de Boeing Seattle, USA. Séminaire sur la modélisation réduite.
- Bergmann M., Cordier L. & Brancher J.-P., à l'Active Flow Control 2006, Berlin, 27-29 September 2006.

Colloques : 28

Comparaison de grands graphes : application à la recherche de réseaux de sociabilités paysannes au Moyen-Age

Bertrand Jouve



Extrait du registre M. Etienne Noalhanis notaire. Registre AD 46 48 J 3, Page 1, 28/04/1489, Investiture, Paroisse de Vazerac.

Institut de Mathématiques de Toulouse (IMT) - UMR 5219 - Universités Toulouse 1, 2 et 3, INSA, CNRS -
Florent HAUTEFEUILLE, France Méridionale et Espagne (FRAMESPA) - UMR 5136 - Université Toulouse 2, CNRS. -
Pascale KUNTZ, Laboratoire d'Informatique de Nantes Atlantique (LINA) - UMR 6241 - Université de Nantes, Ecole des Mines de Nantes, CNRS.

Acronyme	GRAPH-COMP
Edition	2005
Durée du projet	42 mois
Financement	90 000 €
Personnels (H-m)	C + EC + IR : 65 Autres IT : Recrutés : 3 mois

Discipline	Mathématiques et interactions
Mots clés	<ul style="list-style-type: none">• Comparaison de graphes• Réseaux sociaux• Société paysanne médiévale• Théorie algébrique des graphes• Classification par Cartes de Kohonen

Résumé

En exploitant 8000 documents notariés (contrats agraires principalement) pour la plupart aux archives départementales du Lot, nous reconstruisons des réseaux de sociabilités du monde paysan au Moyen Age. L'hypothèse de travail est que les données de noms présentes dans l'ensemble de ces contrats permettent l'émergence de réseaux de relations qui sont descriptifs de l'organisation de la société. Nous développons des méthodes de comparaisons de réseaux qui révèlent des formes d'organisations stables sur les trois siècles de l'étude. Les documents sont structurés sous forme d'une base de données en accès libre, présentant interface de requêtes et photos des documents originaux.

Les réseaux sociaux sont extraits automatiquement à partir de l'idée simple que les nœuds sont les personnes citées dans les contrats et qu'une arête entre deux nœuds signifie l'existence d'un lien social révélé par les textes. Nous comparons les réseaux (graphes) avant et après la guerre de cent ans en utilisant des méthodes mathématiques concurrentes :

- a) partitionnement de graphes avec des outils algébriques,
- b) plongement géométrique dans un espace de grande dimension avec classification (SVM) et c) construction directe de similarités entre graphes.

le programme
blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

- 1) Le schéma conceptuel de la BDD - mettre en compatibilité dès le début la granularité des données accessibles et la définition des réseaux.
- 2) Sous estimée dans le projet, la représentation de graphes s'est avérée être un important support d'aide à la comparaison. Les méthodes classiques (algorithmes forces et ressorts notamment) sont souvent insuffisantes à une analyse fine (dynamique temporelle d'évolution des réseaux).
- 3) La sensibilité des propriétés spectrales d'un graphe à sa déformation semble être une contradiction à l'utilisation de la théorie algébrique des graphes pour l'analyse de graphes réels. La complémentarité des approches permet de dépasser partiellement ce verrou.

Résultats majeurs

- La BDD et l'interface de requêtes sont en accès libre à l'adresse [HYPERLINK "http://graphcomp.univ-tlse2.fr" http://graphcomp.univ-tlse2.fr](http://graphcomp.univ-tlse2.fr).
- Deux thèses ont été soutenues en 2008 : Romain Boulet (Mathématiques) et Dinh Truong (informatique). La 1^{ère} croise les approches a et b, la 2^{ème} les approches b et c.
- Une question ouverte sur la caractérisation spectrale des lassos a été résolue.
- La mise en évidence d'individus relais entre communautés ainsi que la stabilité organisationnelle avant et après la guerre de cent ans est à l'étude par les historiens.
- Le projet a été très bien reçu par le grand public puisque il a fait la une de Nature News et a été présenté dans le cahier Sciences du Figaro ainsi que dans le journal du CNRS.

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- TRUONG D., DKAKI T., CHARREL P.-J. (2008) Clustered Graphs Drawing. In : Stimulating Manufacturing Excellence in SMEs (SMESME 2008), Hammamet (Tunisie), 14/02/2008-16/02/2008, Vol. 2, IADIS Digital Library, p. 696-709.
- BOULET R., JOUVE B., ROSSI F., VILLA N. (2008) Batch kernel SOM and related Laplacian methods for social network analysis. *Neurocomputing* 71 (7-9): 1257-1273.
- HAUTEFEUILLE F. (2006) L'extraordinaire ascension d'une famille de marchands de Castelnau-Montratrier (46) : Les Trapas (1250-1350), dans "Minorités juives, pouvoirs, littérature politique en péninsule ibérique, France et Italie au Moyen Age, études offertes à Béatrice Leroy", édition Atlantica, p. 51-64.
- VILLA N., BOULET R. (2007) Clustering a medieval social network by SOM using a kernel based distance measure. In Proceedings of ESANN 2007, Bruges, Belgique, 31-36.
- BOULET R., HAUTEFEUILLE F., JOUVE B., KUNTZ P., LEGOFFIC B., PICAROUGNE F. VILLA N. (2007) Sur l'analyse de réseaux de sociabilité dans la société paysanne médiévale. Actes des journées MASHS 2007, Brest, France, 10-11 Mai 2007
- PINAUD B., KUNTZ P., PICAROUGNE F. (2006): The Website for Graph Visualization Software References (GVSR). *Graph Drawing 2006*: 440-441

Conférences

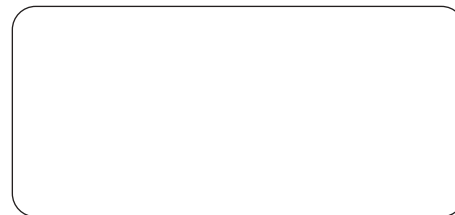
Invitées

- Nathalie Villa (Université Toulouse III) "Mining a medieval social networks by kernel SOM", colloque MASHS2008 (Créteil 5-6 juin 2008)
- P. Kuntz (2008) Classification non supervisée de graphes : approches et problèmes ouverts, conférence invitée, 3^e journées thématiques Apprentissage Artificielle et Fouille de Données, Paris.

Colloques : 17

Interactions et aspects énumératifs des géométries réelle, tropicale et symplectique

Viatcheslav Kharlamov



IRMA Strasbourg - VITERBO Claude, Ecole polytechnique, Palaiseau - WELSCHINGER Jean-Yves, Ecole normale supérieure, Lyon

Acronyme	GRT	Discipline	Mathématiques et interactions
Edition	2005	Mots clés	<ul style="list-style-type: none">• Invariants énumératifs• Variétés réelles• Géométrie algébrique réelle• Géométrie symplectique• Géométrie tropicale
Durée du projet	36 mois		
Financement	190 000 €		
Personnels (H-m)	C + EC + IR : 104 Autres IT : Recrutés : 24		

Résumé

Le but du projet consistait en l'étude des interactions entre la géométrie réelle, la géométrie symplectique et la géométrie tropicale, tout particulièrement dans leurs aspects énumératifs, afin de faire progresser ces trois domaines des mathématiques par un développement de techniques nouvelles et la résolution de multiples problèmes énumératifs réels.

Parmi les objectifs principaux du projet et les résultats attendus, il y avait les suivants : relier les invariants de Welschinger à la théorie des invariants de Gromov-Witten et la théorie de Floer équivariante, afin de pouvoir, en particulier,

étudier les propriétés asymptotiques des invariants de Welschinger ; trouver des formules récursives pour les invariants de Welschinger, et implémenter des algorithmes de calcul ; étendre la définition des invariants de Welschinger en dimensions et genres supérieurs, ainsi qu'à d'autres classes de variétés ; établir des liens entre la géométrie énumérative de l'espace total d'une variété symplectique (ou algébrique) réelle et les propriétés géométriques ou topologiques de sa partie réelle, en utilisant en particulier l'homologie de Floer et les pinceaux de Lefschetz réels.

le programme blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

Dans le problème classique de dénombrement des courbes rationnelles réelles planes passant par des points donnés, le nombre de solutions dépend presque toujours des données choisies. Par conséquent, même la formulation d'un problème énumératif réel présente souvent une difficulté. Cette même difficulté réapparaît dans l'étude des espaces de modules sous-jacents par l'absence d'orientations.

Résultats majeurs

Suivant les objectifs principaux du projet, nous avons établi des relations entre les invariants de Welschinger et la théorie symplectique des champs ainsi que la théorie de Floer, avons étudié les propriétés asymptotiques des invariants de Welschinger et trouvé des formules récursives pour ces invariants, avons étendu la définition des invariants de Welschinger en genres supérieurs dans un contexte tropical et étudié les pinceaux de Lefschetz réels.

Ajoutons ici 4 thèses soutenues reliées aux thèmes du projet.

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- J.-Y. Welschinger, Invariant count of holomorphic disks in the cotangent bundles of the two-sphere and real projective plane. *C. R. Math. Acad. Sci. Paris* 344 (2007), no. 5, 313--316.
- J.-Y. Welschinger, Effective classes and Lagrangian tori in symplectic four-manifolds, *Journal of symplectic geometry*, 5 (2007), no. 1, 9-18.
- I. Itenberg, V. Kharlamov et E. Shustin, New cases of logarithmic equivalence of Welschinger and Gromov-Witten invariants, *Proc. Steklov Inst. Math.* 258 (2007), 65 -73.
- I. Itenberg, V. Kharlamov et E. Shustin, A Caporaso-Harris type formula for Welschinger invariants of real toric Del Pezzo surfaces, *math.AG/0608549* (à paraître dans *Comm. Math. Helv.*), 39 pages.
- D. Gayet, Hypersurfaces symplectiques réelles et pinceaux de Lefschetz réels, *arXiv:math/0611746* (à paraître dans *Journal of Symplectic Geometry*), 16 pages.
- F. Cardin et C. Viterbo, Commuting Hamiltonians and Hamilton-Jacobi multi-time equations, *Duke Math. J.*, 144 (2008), no. 2, 235-284.

Conférences

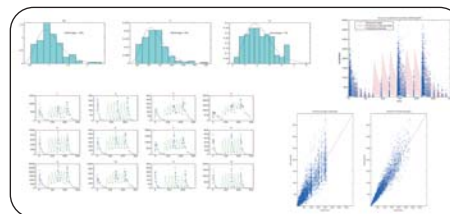
Invitées

- C. Viterbo, conférence "New challenges and perspectives in symplectic field theory", juin 2007, Stanford, EU
- I. Itenberg, conférence "Tropical geometry", avril 2007, Loughborough, Angleterre.
- V. Kharlamov, conférence "Effective real analytic geometry", mai 2008, Edimbourg, Ecosse.
- J.-Y. Welschinger, conférence "Symplectic geometry, contact geometry, and interfacions", Bruxelles, janvier 2008.
- J.-Y. Welschinger, Second Canada-France congress, Montréal, juin 2008.

Colloques : 30

Estimation et sélection de modèles dans les modèles non linéaires à effets mixtes et applications biostatistiques

Marc Lavielle



Goodness-of-fits plots obtenus avec MONOLIX

Laboratoire de mathématiques d'Orsay - MENTRE France, U738, Unité mixte INSERM - Université Paris Diderot - FOULLEY Jean-Louis, Unité SGQA, INRA

Acronyme MONOLIX
Edition 2005
Durée du projet 36 mois
Financement 135 200 €
Personnels (H-m) C + EC + IR : 100
Autres IT : 12
Recrutés : 20

Discipline Mathématiques et interactions

Mots clés

- Modèles non linéaires à effets mixtes
- Modélisation en pharmacologie
- Modélisation de dynamiques virales
- Sélection de modèles
- Algorithmes stochastiques

Résumé

Les modèles à effets mixtes sont utilisés dans de nombreux domaines d'application. C'est un outil de référence en pharmacocinétique (étude des relations dose-concentration au cours du temps) ou en pharmacodynamique (étude des relations concentration-effet). Ces modèles sont aussi largement utilisés pour modéliser la décroissance de charges virales (lors d'un traitement anti-VIH par exemple), ou encore en cancérologie, dans la modélisation des toxicités hématologiques chez des patients cancéreux recevant une chimiothérapie. Ils servent également en agronomie pour modéliser les réponses des cultures à la dose d'engrais, ou encore en génétique pour l'étude de la variabilité de certains caractères d'intérêt.

Nous avons développé une méthodologie pour l'analyse des modèles non linéaires (estimation des paramètres, sélection de modèles, optimisation de protocoles...). Les propriétés théoriques des algorithmes proposés ont été établies et publiées. Cette méthodologie a également été appliquée avec succès dans différents domaines (pharmacométrie, agronomie, génétique animale). Signalons enfin que cette méthodologie est aujourd'hui implémentée dans le logiciel MONOLIX, logiciel reconnu comme outil de référence et utilisé dans l'industrie pharmaceutique pour la modélisation PKPD. Nous avons aussi étendu le logiciel PFIM pour l'optimisation de protocoles pour des modèles complexes.

le programme
blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

- Développer une méthodologie pour le calcul de l'estimateur du maximum de vraisemblance dans les modèles non linéaires à effets mixtes (MNLEM),
- Développer une méthodologie pour l'optimisation de protocole, pour le choix et l'évaluation de modèles dans les MNLEM,
- Développer des algorithmes rapides, en particulier pour les modèles complexes définis par des systèmes d'équations différentielles, les grands volumes de données, les données censurées. . .
- Implémenter des algorithmes dans un logiciel stable, convivial, répondant aux attentes des utilisateurs,
- Développer un traducteur permettant à l'utilisateur d'écrire un modèle facilement, de générer automatiquement un code C++ et de le compiler,
- Convaincre les utilisateurs (en particulier l'industrie pharmaceutique) de l'intérêt d'un nouveau logiciel, alors qu'ils utilisent le même logiciel depuis près de 30 ans

Résultats majeurs

- Nouvelle méthodologie pour calculer l'estimateur du maximum de vraisemblance dans les MNLEM. Extensions aux modèles complexes définis par des équations différentielles et aux données censurées.
- Logiciel MONOLIX (<http://software.monolix.org>) pour l'analyse des MNLEM.
- Logiciel PFIM (<http://www.pfim.biostat.fr>) pour l'optimisation de protocoles.
- Contrats de recherche et collaborations avec l'industrie pharmaceutique (Johnson & Johnson, Roche, Novartis, Pfizer, Sanofi-Aventis, GSK, Servier, Tibotec).
- Collaboration avec Mathworks pour implémenter l'algorithme SAEM dans le logiciel Matlab.
- Rayonnement national et international dans le milieu académique et industriel (invitations, collaborations, cours, . . .)

Production scientifique depuis le début du projet

Publications AGL/brevets

- Samson A, Lavielle M, Mentré F, Computational Statistics and Data Analysis, 51, 1562-74, 2006
- Jaffrézic F, Meza C, Foulley JL, Lavielle M., Genetics Selection Evolution, 38, 583-600, 2006.
- Retout S, Comets E, Samson A, Mentré F, statistics in Medicine, 26, 5162-5179, 2007.
- Donnet S, Samson A. Journal of Statistical Planning and Inference, 137, 2815-31, 2007.
- Meza C, Jaffrézic F, Foulley JL, Biometrical Journal, 49, 1-13, 2007.
- Lavielle M, Mentré F, Journal of Pharmacokinetics and Pharmacodynamics, 34, 229--49, 2007.

Brevets : Dépôt APP Monolix 2.1, avril 2007
 Dépôt APP Monolix 2.4, novembre 2008
 Dépôt APP PFIM 3.0, avril 2008
 Dépôt APP PFIM Interface 2.1, avril 2008

Conférences

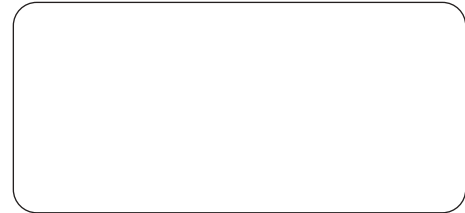
Invitées

- 9th Annual Scientific Meeting of the Population Approach Group in Australia and New Zealand, Singapour, 13-15 février 2007.
- American Conference on Pharmacometrics, Tucson, USA, 9-12 mars 2008.
- XXXIVth International Biometric Conference (IBC), Dublin, 13-18 juillet 2008
- Symposium on viral kinetics, septembre 2008, Francfort.
- Non-Clinical Statistical Conference: Statistical Methods for Pharmaceutical Research and Early Development, Louvain, Belgique, 23-25 septembre 2008.

Colloques : 18

Systemes de Particules avec Interactions Non réversibles - Approches Déterministes et Aléatoires

Stéphane Mischler



CEREMADE, UMR CNRS 7534 Université de Paris-Dauphine

Acronyme	SPINADA	Discipline	Mathématiques et interactions
Edition	2005	Mots clés	<ul style="list-style-type: none">• Coalescent stochastique• Auto-similarité asymptotique• Estimation en distance de Wasserstein• Arbre stochastique continu
Durée du projet	36 mois		
Financement	84 000 €		
Personnels (H-m)	C + EC + IR : 131,4 Autres IT : Recrutés : 12 Post-doctorant : 12		

Résumé

Le projet SPINADA a pour objectif l'étude qualitative et la simulation numérique de modèles déterministes et stochastiques de systèmes de particules en interaction non réversibles, et plus particulièrement soumises à des mécanismes de coagulation, de fragmentation et/ou de collision inélastique. Les axes de recherche principaux sont :

1) L'étude du comportement auto-similaire et du comportement singulier des solutions de ces modèles.

2) La combinaison de méthodes stochastiques et déterministes pour la résolution des problèmes et la mise en évidence des liens entre les différents modèles (stochastiques et/ou déterministes) et les différentes échelles de description.

3) La simulation numérique et la modélisation de situations physiques complexes (ou plusieurs mécanismes physiques sont mis en jeu simultanément).

le programme blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

Résultats majeurs

Description de la structure et du comportement asymptotique de familles d'arbres phylogénétiques (avec ou sans mutation) et des liens éventuels avec les arbres continus de fragmentation

Théorèmes de régularité et d'unicité pour l'équation de Boltzmann homogène avec et sans « cut-off »

Construction de processus stochastiques (Fellerien) coalescents pour des systèmes infinis de particules dans le cas d'un noyau homogène « général » et construction du « coalescent stochastique » dans le cas d'un noyau homogène « de type somme ».

Preuve de l'auto-similarité asymptotique des solutions de l'équation de Boltzmann inélastique dans le cas d'une inélasticité faible et en particulier preuve de la « loi de Haff »

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- N. Fournier, E. Löcherbach « Stochastic coalescence with homogeneous-like interaction rates » Stochastic processes and their applications (2008)
- S. Mischler, C. Mouhot « Stability, convergence to self-similarity and elastic limit for the Boltzmann equation for inelastic hard spheres » à paraître dans Comm. Math. Phys.
- J. Bertoin « The structure of the allelic partition of the total population for Galton-Watson processes with neutral mutations », à paraître dans Annals of Probability
- B. Haas, G. Miermont, J. Pitman, M. Winkel « Continuum tree asymptotics of discrete fragmentations and applications to phylogenetic models », Ann. Probab. 36 (5), p. 1790-1837 (2008)
- J.A. Cañizo « Convergence to equilibrium for the discrete coagulation-fragmentation equations with detailed balance », Journal of Statistical Physics, 129 (1), p. 1-26 (2007)

Conférences

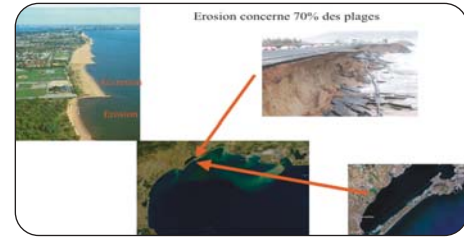
Invitées

- N. Fournier : Congrès international « Stochastic Processes and their Applications », Paris 17-21 juillet 2006
- C. Mouhot : « ICIAM 2007 », Zurich, 16-20 juillet 2007
- J. Bertoin : « 5th International Conference on Levy Processes: Theory and Applications » Copenhagen, 13-17 Août 2007
- B. Haas : Workshop "coagulation and fragmentation models", Oberwolfach, 23-29 septembre 2007
- C. Mouhot : Congrès « Fourth Pacific Rim Conference on Mathematics & Tenth Anniversary of the Liu Bie Ju Centre for Mathematical Sciences », Hong-Kong 2-12 décembre 2007

Colloques : 9

Conception, optimisation et prototypage d'ouvrages de lutte contre l'érosion en domaine littoral

Bijan Mohammadi



Institut de Mathématiques et de Modélisation de Montpellier - BOUCHETTE Frédéric, Géosciences Montpellier, Univ. Montpellier II

Acronyme COPTER
Edition 2005
Durée du projet 36 mois
Financement 380 000 €
Personnels (H-m) C + EC + IR : 68,4
Autres IT :
Recrutés : 30
Doctorant : 39,6

Discipline Mathématiques et interactions

Mots clés • Érosion du littoral

- Optimisation de formes, Conception et Prototypage
- Expérimentation en canal et bassin à houles
- Mécanique des fluides marins en zones côtières
- Analyse mathématique de modèles pour la morphodynamique des fonds sableux

Résumé

L'érosion touche environ 70% du littoral sableux dans le monde. C'est un enjeu majeur du développement durable, mesuré et analysé par de nombreux programmes de recherches. Nous envisageons le problème de la lutte contre l'érosion littorale sous l'angle de l'optimisation de formes (linéaire côtier, ensemble de digues, barres sableuses,...) soumises à des processus physiques (houle, courants,...), en fonction de critères d'optimisation (énergie de houle, élévation de la surface libre,...). Ce projet est la première initiative mondiale en matière d'optimisation de formes en domaine littoral.

Le projet comporte un premier volet portant sur le développement de méthodes d'optimisation globale de formes couplées à des outils de modélisation des

processus hydrodynamiques littoraux et un second volet expérimental. Le tout a débouché sur un outil d'aide à la conception de dispositifs de protection des plages. Outil mis en œuvre par BRL ingénierie pour la conception du dispositif de protection du Lido de Sète, qui est le plus grand chantier d'aménagement durable du littoral soutenu par l'UE.

D'autres transferts de compétences ont été réalisés vers les utilisateurs finaux potentiels (Observatoire du Littoral, Service Maritime de Navigation du Languedoc Roussillon, Conseil Général de l'Hérault, Bas-Rhône Languedoc Ingénierie).

le programme
blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

Optimisation globale nécessaire, fonctionnelles non-convexes et problèmes multi-critère.

Modèle de dynamique marine littoral incluant la houle et le sable avec coût d'exécution non négligeable. Ceci implique des contraintes de réalisabilité pour la phase d'optimisation.

Modèles de mouvement de sable trop élémentaires à ce stade.

Expérimentation en bassin de houle très difficile à mettre en place pour reconstituer les scénarios réels.

Difficultés d'analyse des masses importantes de données.

Difficultés rencontrées sur le terrain pour le déploiement de l'expérience à échelle 1 sur le littoral par BRLI.

Résultats majeurs

- Confirmation de la non-convexité des fonctionnelles en jeu, plusieurs dizaines de minima locaux observés. Le traitement multi-critère doit être amélioré.
- Pour être retenus, les modèles de mouvement de sable doivent être simplifiés. Ce travail d'analyse est en cours dans le cadre de l'ANR MathOcéan.
- Les dispositifs numériquement conçus sont validés par l'expérience dans le bassin à houle de la Sogreah à Grenoble. Les expériences sont réalisées en partenariat avec le laboratoire LEGI, UMR 5519 coordonnées sur place par H. Michallet et mutualisées avec la communauté du génie côtier (programme MODLIT).
- Les dispositifs sont choisis pour déploiement par l'industriel à Sète.
- Le projet a été identifié comme intéressant pour une communication sur l'impact sociétal de la modélisation et la simulation. Un documentaire est réalisé pour diffusion sur Arte par la société zebra 3 production.

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- 2008, Theory and practice of optimal shape design, B. Mohammadi, O. Pironneau, European Review of Computational Mechanics, Vol. 17- Num.1-2.
- 2008, Shape optimization of geotextile tubes for sandy beach protection, P. Azerad, D. Isebe, F. Bouchette, B. Mohammadi, International Journal for Numerical Methods in Engineering, DOI: 10.1002/nme.2209
- 2008, Optimal shape design of coastal structures minimizing short waves impact, D. Isebe, P. Azerad, F. Bouchette, B. Mohammadi, Coastal Engineering. Vol. 55-1.
- 2007, Global optimization, level set dynamics, incomplete sensitivity and regularity control, B. Mohammadi, Int. J. Comp. Fluid. Dynamics, Volume 21, Issue 2, 61.
- 2007, Design of passive defense structures in coastal engineering, B.M., P. Azerad, D. Isebe, F. Bouchette. Int. Rev. Mech. Eng., vol.1, num.1.

Conférences

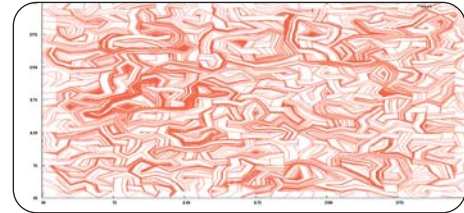
Invitées

- Enumath, Graz, 2007.
- Conférence France-Canada, Montréal 2008.
- HYP 2008 à l'Université du Maryland
- MOSOCOP08 – Heidelberg
- Conférence on Engineering Optimization, Rio de Janeiro 2008.
- ICIAM, Zurich, 2007.

Colloques : 7

Géométrie robuste et espaces-temps fluctuants

Yann Ollivier



Géodésiques approximatives dans un milieu aléatoire fortement anisotrope

Unité de Mathématiques Pures et Appliquées, ENS de Lyon

Acronyme REF
Edition 2005
Durée du projet 36 mois
Financement 45 000 €
Personnels (H-m) C + EC + IR : 129,6
 Autres IT :
 Recrutés :

Discipline Mathématiques et interactions

Mots clés

Résumé

Les objectifs du projet sont l'étude de géométries irrégulières, d'une part d'un point de vue théorique, et d'autre part pour leurs applications à la relativité générale (où les fluctuations statistiques de la matière sont codées par des fluctuations de la courbure de l'espace-temps lui-même). Le premier axe, plutôt théorique, vise le développement de la "géométrie robuste", i.e. d'outils géométriques et analytiques valables dans des espaces irréguliers (courbure, inégalités fonctionnelles...). Le second axe cherche à développer des modèles

explicites de géométries incorporant des fluctuations aléatoires. Le troisième axe porte sur les applications à la relativité générale et le développement d'une "relativité générale statistique". Dans tous les cas il s'agit de considérer un objet géométrique présentant des irrégularités à petite échelle et d'en évaluer ou d'en gommer les effets à grande échelle.

le programme
blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

Résultats majeurs

En relativité générale, nous avons montré que les effets non linéaires à grande échelle des petites fluctuations ne doivent pas être négligés. Par exemple, des ondes gravitationnelles reliques actuellement indétectables pourraient suffire à expliquer, en ordre de grandeur, la matière noire.

D'un point de vue théorique, nous avons développé de nombreux outils mathématiques pour traiter des objets à la géométrie irrégulière, par exemple des notions de courbure « à une certaine échelle ».

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- C. Chevalier, F. Debbasch, Y. Ollivier. Large-scale non-linear effects of fluctuations in relativistic gravitation. To appear in Nonlinear Analysis Series A: Theory, Methods & Applications.
- Y. Ollivier. Ricci curvature of Markov chains and metric spaces. To appear in J. Funct. Anal.
- C. Chevalier, F. Debbasch. Relativistic diffusions: a unifying approach. J. Math. Phys., 49, 043303 (2008).
- C. Villani. Optimal transport, old and new. Grundlehren der mathematischen Wissenschaften 338, Springer (2008).
- J. Lott, C. Villani. Ricci curvature for metric-measure spaces via optimal transport. To appear in Ann. Math.
- R. Tessera. Large-scale Sobolev inequalities on metric measure spaces. To appear in Rev. Mat. Iberoamericana.

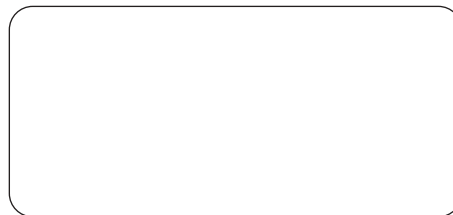
Conférences

Invitées

Colloques :

Phénomène de Stokes, renormalisation, théories de Galois

Jean-Pierre Ramis



Institut de Mathématiques de Toulouse, Université de Toulouse III - Alain CONNES, Institut des Hautes Etudes Scientifique, Bures-sur-Yvette - YVES André, Institut de Mathématiques de Jussieu, Université de Paris VI - Frédéric FAUVET, IRMA, Université de Strasbourg

Acronyme	GALOIS	Discipline	Mathématiques et interactions
Edition	2005	Mots clés	<ul style="list-style-type: none">• Théorie de Galois différentielle• Phénomène de Stokes• Renormalisation• Algèbres de Hopf• Motifs
Durée du projet	36 mois		
Financement	260 000 €		
Personnels (H-m)	C + EC + IR : 68,4 Autres IT : Recrutés : 36		

Résumé

Depuis la découverte initiale, par D. Kreimer, qu'une algèbre de Hopf était sous-jacente aux calculs perturbatifs en théorie quantique des champs, plusieurs travaux essentiels d'A. Connes, D. Kreimer et M. Marcolli ont formalisé les structures impliquées, en les situant en particulier dans un contexte galoisien. Ces résultats ont entre autres permis de remettre au cœur du sujet, dans ces questions de QFT, les nombreux résultats obtenus dans les deux dernières décennies pour les théories de resommation des séries divergentes et les théories de Galois fonctionnelles (groupes de Galois différentiels, etc; J.-P. Ramis, B. Malgrange,...).

Par ailleurs, dans les deux situations se manifestent des liens avec des questions arithmétiques difficiles, en particulier de nature motivique.

L'objectif principal du projet, et son fil conducteur, était dès lors de conduire à une meilleure compréhension des "groupes" d'ambiguïtés qui organisent les calculs, dans des champs a priori très distants. Les compétences réunies au sein d'ANR_GALOIS concernaient donc des domaines allant de l'arithmétique à la théorie quantique des champs, en passant par les systèmes dynamiques.

le programme blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

Explicitation des liens entre renormalisation/ théories galoisiennes "arithmétiques" et théories galoisiennes fonctionnelles.

Elucidation des "propriétés" analytiques des séries de perturbation en QFT (phénomène de Stokes, résurgence). Des travaux récents de D. Kreimer et al, notamment, ouvrent de nouvelles perspectives qui sont conformes aux hypothèses de travail de ce projet.

Résultats majeurs

- Classification des équations aux q-différences linéaires méromorphes; théorie de Galois correspondante, "q-pi_1 sauvagement" : Ramis, Sauloy, Zhang ; postdoc ANR_Galois (J. Roques).
- Explicitation des liens entre renormalisation et théorie de Galois motivique : Connes, Marcolli; collaborateurs, en particulier postdoc ANR_Galois (J. Plazas).
- Renormalisation non-commutative postdoc ANR_Galois (F. Vignes-Tourneret).
- Reformulation des équations de Dyson-Schwinger en termes d'équations différentielles ordinaires, ouvrant la voie vers l'utilisation effective de concepts galoisiens (phénomène de Stokes, résurgence) dans ce contexte (Kreimer, Yeats et al).

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- J.-P. Ramis, J. Sauloy; The $\mathbb{S}q$ -analogue of the wild fundamental group. I. Algebraic, analytic and geometric aspects of complex differential equations and their deformations. Painlevé hierarchies, 167--193, RIMS Kokyoroku Bessatsu, B2, Res. Inst. Math. Sci. (RIMS), Kyoto, 2007.
- A. Connes, M. Marcolli; Noncommutative geometry, quantum fields and motives. American Mathematical Society Colloquium Publications, 55. American Mathematical Society, Providence, RI; Hindustan Book Agency, New Delhi, 2008.
- D. Sauzin; Initiation to mould calculus through the example of saddle-node singularities. Rev. Semin. Iberoam. Mat. 3 (2008), no. 5-6, 147—160.
- D. Kreimer, K Yeats; Recursion and growth estimates in renormalizable quantum field theory. Comm. Math. Phys. 279 (2008), no. 2, 401--427.
- D. Kreimer; Dyson-Schwinger equations: from Hopf algebras to number theory. Universality and renormalization, 225--248, Fields Inst. Commun., 50, Amer. Math. Soc., Providence, RI, 2007.
- A. Tanasa, F. Vignes-Tourneret; Hopf algebra of non-commutative field theory. J. Noncommut. Geom. 2 (2008), no. 1, 125--139.

Conférences

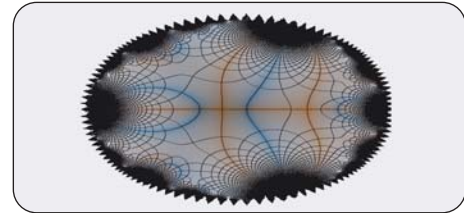
Invitées

- Renormalization and Galois theories, CIRM Marseille, 2006 (J.-P. Ramis, A. Connes, D. Sauzin)
- NCGOAO6, Nashville, 2006 (A. Connes, F. Fauvet)
- RIMS, Kyoto, 2006 (J.-P. Ramis, Y. André)
- MPIIM, Bonn, 2007 (Connes)
- Fields Inst., Toronto, 2005, (Kreimer)

Colloques : 30

Approche géométrique de la complexité et applications

Bruno Salvy



Une solution de l'équation de Chazy.

SALVY Bruno, INRIA Rocquencourt - GALLIGO André, Laboratoire Dieudonné Université de Nice Sophia-Antipolis - GIUSTI Marc, Laboratoire d'informatique de l'École polytechnique - YAKOUBSOHN Jean-Claude, Laboratoire Mathématiques pour l'Industrie et la Physique de l'université - Paul Sabatier Toulouse 3

Acronyme	GECKO	Discipline	Mathématiques et interactions
Edition	2005	Mots clés	<ul style="list-style-type: none">• Calcul formel ;• Complexité ;• Théorie des zéros approchés ;• Méthodes d'homotopie ;• Géométrie.
Durée du projet	36 mois		
Financement	372 000 €		
Personnels (H-m)	C + EC + IR : 186 Autres IT : Recrutés : 24		

Résumé

Ce projet porte sur l'interaction entre la géométrie et la complexité. L'objectif est une meilleure compréhension de la complexité des algorithmes mathématiques, le développement d'algorithmes efficaces, et le développement d'un logiciel efficace de calcul formel.

le programme
blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

Concevoir des algorithmes de complexité quasi-optimale par rapport à la taille de leurs entrées et sorties ;
exploiter la structure des systèmes pour trouver des algorithmes efficaces sur des familles ;
exploiter la géométrie des ensembles de couples (systèmes, solutions) pour concevoir des algorithmes de résolution par homotopie. Ce point est maintenant mieux compris

Résultats majeurs

- Amélioration de toutes les bornes de complexité précédemment connues pour la factorisation de polynômes à deux variables.
- Extension de la méthode de Newton à divers contextes pour donner des algorithmes quasi-optimaux.
- Algorithme en complexité quasi-optimale pour l'évaluation numérique en précision arbitraire de solutions d'équations différentielles linéaires.
- Méthodes spécifiques efficaces pour des classes de systèmes d'équations polynomiales issues de la conception assistée par ordinateur.
- Plate-forme logicielle pour le calcul symbolique efficace : *Mathemagix*.

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- Alin Bostan, Frédéric Chyzak, François Ollivier, Bruno Salvy, Éric Schost, and Alexandre Sedoglavic, Fast computation of power series solutions of systems of differential equations, *SODA'07, Society for Industrial and Applied Mathematics, January 2007, Proceedings of the eighteenth annual ACM-SIAM symposium on Discrete algorithms, New Orleans, Louisiana*, pp. 1012–1021.
- L. Busé, M. Elkadi, and A. Galligo, Intersection and self-intersection of surfaces by means of Bezoutian matrices, *Computer Aided Geometric Design* 25 (2008), no. 2, 53–68.
- Diatta Niang Daouda, Bernard Mourrain, and Olivier Ruatta, On the computation of the topology of a non-reduced implicit space curve, *ISSAC '08: Proceedings of the twenty-first international symposium on Symbolic and algebraic computation (New York, NY, USA), ACM, 2008*, pp. 47–54.
- Jean-Pierre Dedieu and Gregorio Malajovich, On the number of minima of a random polynomial, *Journal of Complexity* 24 (2008), 90–108.
- Clémence Durvy and Grégoire Lecerf, A concise proof of the Kronecker polynomial system solver from scratch, *Expositiones Mathematicae* 26 (2008), no. 2, 101–139.
- Joris van der Hoeven, On effective analytic continuation, *Mathematics in Computer Science* 1 (2007), no. 1, 111–175.

Conférences

Invitées

- *Symbolic Numeric Computation'07* (London, Ontario) : A. Galligo
- *Foundations of Computational Mathematics'08* (Hong Kong) : M. Giusti, J.-P. Dedieu
- *Algorithms in Algebraic Geometry (IMA, Minneapolis)* : L. Busé, B. Mourrain, B. Salvy
- *Computational complexity of polynomial factorization (AIM, Palo Alto)* : G. Lecerf
- *Differential Equations and Singularities (Satellite of ICM 2006, Madrid)* : J. van der Hoeven

Colloques :

Intégrabilité réelle et complexe en Mécanique Hamiltonienne

Alexei Tsygvintsev



Unité Mathématiques Pures et Appliquées, ENS de Lyon

Acronyme	Integrabilite	Discipline	Mathématiques et interactions
Edition	2005	Mots clés	<ul style="list-style-type: none">• Systèmes Hamiltoniens• Problème des trois corps• Intégrabilité
Durée du projet	36 mois		
Financement	88 000 €		
Personnels (H-m)	C + EC + IR : 360		
	Autres IT :		
	Recrutés :		

Résumé

Un système Hamiltonien est dit intégrable s'il a suffisamment de lois de conservation, c'est-à-dire d'intégrales premières comme l'énergie, le moment cinétique, etc.

On observe qu'ils sont localement «tous semblables» dans le sens où le mouvement d'un tel système est (en dehors des singularités) un mouvement quasi périodique sur des tores. Par contre, les systèmes non-intégrables sont «tous différents» et la nature de leur non intégrabilité est spécifique dans chaque cas particulier.

Notre équipe développe des méthodes théoriques et pratiques des théories de l'intégrabilité complexe et réelle (existantes déjà depuis Poincaré). Un des objectifs de notre projet est de favoriser l'interaction entre ces méthodes tout en respectant les particularités de chacune.

Parmi nos techniques, nous disposons du théorème de Morales et Ramis qui permet de montrer que certains systèmes Hamiltoniens ne sont pas intégrables en utilisant un groupe de Galois différentiel, ainsi que de l'approche de Ziglin basée sur le groupe de monodromie et des méthodes récentes de calcul formel pour l'étude des équations différentielles. D'autre part notre étude est basée sur les techniques perturbatives avancées comme la théorie KAM, la théorie des variétés invariantes des objets hyperboliques, les méthodes de moyennisation, etc.

le programme blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

Résultats majeurs

- Etude complète de l'intégrabilité méromorphe du problème des 3 corps au voisinage des orbites de Lagrange paraboliques (Tsygvintsev).
- Démonstration de la non-intégrabilité du problème de Rattleback (Tsygvintsev).
- Classification des cas d'intégrabilité des systèmes Hamiltoniens aux potentiels homogènes de degré 2 et 3 (Przybylska).
- Démonstration de la non-intégrabilité de la machine d'Atwood (Weil, Boucher).
- Travaux sur la dynamique projective (Albouy).
- Travaux sur l'application d'entropie en étude quantitative de l'intégrabilité (Marco).
- Travaux sur la théorie de Galois non-linéaire; l'étude approfondie du groupoïde de Malgrange (Casale).
- L'étude de phénomènes de symétries dans des formes linéaires en polyzetas (Cresson).

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- Cresson J., Fischler S., Tanguy R., Phénomènes de symétries dans des formes linéaires en polyzetas, *Journal für die reine und angewandte Mathematik (Crelle's Journal)*, 617 (2008), 109-15
- Casale, G., Une preuve galoisienne de l'irréductibilité au sens de Nishioka-Umemura de la 1ère équation de Painlevé *Differential equation and Singularities. 60th years of J.M.Aroca Astérisque* 157 (2008)
- A. Tsygvintsev, On some exceptional cases in the integrability of the three-body problem, *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, Vol. 99, No. 1, 237-247, 2007
- A. Tsygvintsev, On the analytic non-integrability of the Rattleback problem, (with H. Dullin), *Annales de la faculté des sciences de Toulouse*, 2008
- M. Przybylska, Finiteness of integrable $2n$ -dimensional homogeneous polynomial potentials, *Phys. Lett. A* (3):180 -- 187 (2007)
- D. Boucher, J-A Weil, About the Non-Integrability in the Friedmann-Robertson-Walker Cosmological Model" *Brazilian Journal Of Physics*, vol. 37, no. 2A, June, 2007

Conférences

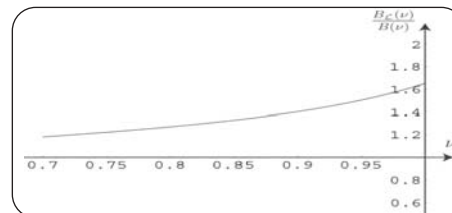
Invitées

- A. Tsygvintsev : Workshop on Numerical Methods in Astrodynamics Castello di Celano, Celano (AQ), Italy, July 14-15, 2008
- J.-P. Marco : Workshop on Geometric Aspects of Integrable Systems (July 17-19, 2006, University of Coimbra, Portugal)
- Nguyen Tien Zung : Workshop Poisson 2006 Poisson Geometry in Mathematics and Physics Tokyo, June 5 - 9, 2006
- M. Przybylska : Workshop GEOMETRY OF INTEGRABLE SYSTEMS 09-13 April 2007 (Hanoi University of Education)
- J.-P. Ortega : Geometric mechanics and its applications, MASIE, (Lausanne, July 2004)

Colloques :

Approches Computationnelles en Chimie Quantique RELativiste

Gabriel Turinici



Applications à l'étude de certaines étoiles à neutrons, les magnétars : erreur de l'approximation de niveaux Landau

TURINICI, Gabriel, Laboratoire CEREMADE, Université Paris Dauphine - MADAY, Yvon, Laboratoire J.L. Lions,

Université Pierre et Marie Curie Paris VI - LEWIN Mathieu, Laboratoire de Mathématiques, UMR CNRS 8088, Université de Cergy

Acronyme ACCQUAREL
Edition 2005
Durée du projet 40 mois
Financement 240 000 €
Personnels (H-m) C + EC + IR : 72
Autres IT :
Recrutés : 21

Discipline Mathématiques et interactions

Mots clés

- Chimie quantique relativiste
- Analyse numérique
- Structure électronique
- Dirac-Fock
- Chimie théorique

Résumé

Le but principal de ce projet est de développer et justifier de nouvelles méthodes en chimie quantique relativiste. La chimie quantique relativiste est dédiée à la modélisation et la simulation de la matière à l'échelle microscopique, en tenant compte des effets physiques complexes subis par les électrons de coeur dans les atomes lourds (comme l'or ou l'uranium par exemple). Plusieurs techniques numériques ont été développées et sont actuellement utilisées par chimistes et

physiciens. Notre but principal est d'une part d'étudier le comportement des méthodes actuellement utilisées en chimie et physique, et d'autre part de proposer de nouvelles méthodes, basées sur des travaux de plusieurs membres de ce projet.

le programme
blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

Les avancées dans l'étude des équations de la structure électronique relativiste se sont appuyées sur des compétences en matière de calcul et analyse fonctionnelle (calcul d'opérateurs, inégalités fonctionnelles, EDP) et modélisation en mécanique quantique, complétées par un souci de cohérence avec les approches numériques développées en interne ou à l'extérieur.

Résultats majeurs

Sur le plan théorique des avancées ont été obtenues dans les domaines suivants: inégalités fonctionnelles de type Hardy, modèles en QED et pour les défauts dans les cristaux, méthodes de min-max pour la caractérisation de valeurs propres dans des trous spectraux, limite thermodynamique, solutions normalisées pour des équations semi-linéaires fortement indéfinies.

Sur le plan numérique notre effort s'est concentré sur la mise en oeuvre d'un code de calcul pour le test d'algorithmes adaptés au cas relativiste.

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- R. Bosi, J. Dolbeault, and M. J. Esteban, Estimates for the optimal constants in multipolar Hardy inequalities for Schrödinger and Dirac operators, *Commun. Pure Appl. Anal.*, 7 (2008), pp. 533—562.
- J. Dolbeault, M. Esteban, and M. Loss. Characterization of the critical magnetic field in the Dirac-Coulomb equation. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 41(18):185303 (13pp), 2008.
- C. Hainzl, M. Lewin, E. Séré & J.P. Solovej. A Minimization Method for Relativistic Electrons in a Mean-Field Approximation of Quantum Electrodynamics. *Phys. Rev. A* 76 (2007), 052104.
- C. Hainzl, M. Lewin, E. Séré, Existence of atoms and molecules in the mean-field approximation of no-photon Quantum Electrodynamics, *Arch. Rat. Mech. Anal.*, DOI 10.1007/s00205-008-0144-2.
- E. Cancès, A. Deleurence & M. Lewin. Non-perturbative embedding of local defects in crystalline materials. *J. Phys.: Condens. Matter.* 20 (2008), 294213.
- Jean Dolbeault, Ari Laptev, and Michael Loss Lieb-Thirring inequalities with improved constants To appear in *J. Eur. Math. Soc (JEMS)*, 2008. arXiv:0708.1165

Conférences

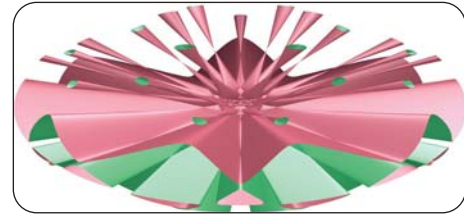
Invitées

- Octobre 2006 : Organisation (M.J. Esteban avec C. Le Bris et G. Scuseria) du workshop "Mathematical and Numerical Aspects of Quantum Chemistry Problems", Oberwolfach (Allemagne).
- Juillet 2007 : Organisation (M. Lewin et G. Turinici) du Minisymposium 'Computational issues in relativistic quantum chemistry' dans le congrès ICIAM 2007, Zürich, Suisse.
- XI Encuentro de Matematica y sus Aplicaciones (plenary speaker), Quito (Ecuador), 7--11 Juillet 2008.

Colloques : 30

Méthodes mixtes, visualisation et optimisation

Laurent Vuillon



Surface de degré 9 avec 228 points doubles

Laboratoire d'Informatique Algorithmique: Fondements et Applications (LIAFA), CNRS UMR 7089, Université Paris Diderot

Acronyme	JCLAMA
Edition	2005
Durée du projet	36 mois
Financement	50 000 €
Personnels (H-m)	C + EC + IR : 75,6 Autres IT : Recrutés :

Discipline	Mathématiques et interactions
Mots clés	<ul style="list-style-type: none">• Optimisation continue et discrète• Géométrie convexe• Systèmes dynamiques• Tomographie• Visualisation de courbes algébriques

Résumé

L'activité mathématique vient de subir une transformation radicale depuis que les ordinateurs offrent une puissance de calcul importante, les mathématiciens ont pris l'habitude d'avoir recours à l'ordinateur comme tube à essais. Se posent alors des problèmes de modélisation, de discrétisation, d'optimisation, de visualisation et de programmation. Le projet s'appuie sur une situation unique en France où l'on retrouve dans un même laboratoire des chercheurs en mathématiques pures, mathématiques appliquées et mathématiques-informatique. Dans ce contexte, les chercheurs échangent des idées entre équipes depuis longtemps et collaborent aussi sous la forme de groupes de travail. Il se dégage de ces discussions une thématique transversale portée par les jeunes chercheurs consistant à mélanger les méthodes continues et discrètes pour

attaquer une grande variété de problèmes. Notre propos était donc de structurer ce mouvement et d'en faire émerger une équipe transversale, autour des thématiques suivantes:

- Etude des systèmes dynamiques et de la tomographie à l'aide de techniques continues et discrètes.
- Optimisation continue et discrète pour résoudre plusieurs problèmes en géométrie convexe.
- Algorithmes pour visualiser et optimiser des courbes algébriques.

le programme
blanc

Verrous scientifiques et technologiques, ou points durs

Un des points durs provient de la combinatoire des mots et des suites équilibrées. La conjecture de Fraenkel a des implications multiples aussi bien en théorie des nombres que dans les problèmes d'ordonnements. Fraenkel prétend que le seul mot infini (sur k lettres) équilibré sur chacune de ses lettres et ayant des fréquences des lettres deux à deux distinctes est le mot infini Fr_k^ω tel que $Fr_k = Fr_{k-1} k Fr_{k-1}$ avec $Fr_3 = 1213121$. Cette conjecture a maintenant 35 ans d'âge et un premier pas vers sa résolution a été fait grâce à l'étude des suites équilibrées (qui généralisent les mots de Sturm i.e. les suites données par approximation discrète de droites dans le plan).

Résultats majeurs

- Démonstration de la conjecture de Fraenkel pour une sous-classe des suites équilibrées.
- Nouvelles caractérisations géométriques des ensembles de largeur constante (i.e. ayant une projection de longueur constante sur l'ensemble des droites).
- F. Mangolte et J. Kollár ont montré que pour une surface rationnelle le groupe des automorphismes algébriques est dense dans le groupe des difféomorphismes.
- Nouvel algorithme de discrétisation des courbes algébriques, qui (lorsqu'il répond) garantit mathématiquement que l'objet discret (une réunion de segments) a la même topologie que la vraie courbe algébrique.

Production scientifique depuis le début du projet

Publications ACL/brevets

- F. Bihan and F. Mangolte, Topological types of real regular jacobian elliptic surfaces, *Geometriae Dedicata* 127, 57-73 (2007).
- T. Lachand-Robert and E. Oudet, Bodies of constant width in arbitrary dimension, *Math. Nachrichten*.
- Z. Belhachmi, D. Bucur, B. Burgeth and J. Weickert How to chose interpolation data in images, *SIAM Journal of Applied Mathematics*.
- G. Paquin and L. Vuillon, A characterization of balanced episturmian sequences, *Electronic Journal of Combinatorics*, 14 (2007), n 1, Research Paper 33, 12 pp.
- F. Bihan, J. Maurice Rojas and Frank Sottile "On the sharpness of fewnomial bounds and the number of components of fewnomial hypersurfaces", à paraître dans *IMA Volume on Algorithms in Algebraic Geometry*.

Conférences

Invitées

- F. Bihan, deux workshops d'une semaine (avril et juin 2008) au centre Bernoulli à Lausanne durant le semestre "Real and tropical algebraic geometry" (de nombreux spécialistes ont participé, dont A. Khovansky).
- F. Mangolte, Algebraic Geometry Seminar, Princeton University, N-J, USA, 1 avril 2008.
- F. Mangolte, Birational automorphism groups and birational geometry, Scuola Normale Superiore, Pisa, Italie, 5 - 12 octobre 2008
- L. Vuillon, "Tiling system recognizability of convex polyominoes and associated generating functions" Deuxième colloque Franco-Canadien de Mathématiques, Montréal du 1er au 6 juin 2008.
- D. Bucur, avril 2008 Prague, IFIP Conference, "Variational analysis of the rugosity effect".

Colloques : 21



USAR
unité support de l'ANR



CNRS USAR
3 rue Michel Ange
75794 Paris CEDEX 16