

Sommaire

| | |
|--|-----|
| Éditorial | 3 |
| Un mot de début par Victorita Dolean..... | 5 |
| Comptes rendus des CA et bureaux de la SMAI | 7 |
| Droit de réponse par D. Bresch | 15 |
| Du côté des maisons de la simulation - Réseau MSO | 17 |
| Du côté du CNRS..... | 31 |
| Du côté d'INRIA | 39 |
| Une cartographie de la communauté mathématique française | 51 |
| La candidature de Paris à l'organisation de l'ICM 2022 | 73 |
| Recension de livres | 77 |
| Comptes rendus de manifestations..... | 81 |
| Résumés de thèses..... | 87 |
| Annonces de colloques | 119 |
| Liste des correspondants locaux | 124 |

SOMMAIRE

Date limite de soumission des textes pour le Matapli 116 :
31 mai 2018

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

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

MATAPLI - ISSN 0762-5707

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

Prix des publicités et encarts dans Matapli pour 2017/18

- 150 € pour une demi-page intérieure
- 250 € pour une page intérieure
- 400 € pour la 3^e de couverture
- 450 € pour la 2^e de couverture
- 500 € pour la 4^e de couverture
- 300 € pour le routage avec Matapli d’une affiche format A4
(1500 exemplaires)

(nous consulter pour des demandes et prix spéciaux)

Envoyer un bon de commande au secrétariat de la Smai

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

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

smai@emath.fr

Site internet de la SMAI :

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

Editorial

par Thierry Horsin
président de la SMAI

EDITORIAL

Chères lectrices, chers lecteurs de Matapli,

Nous avons convenu avec Victorita Dolean qu'elle écrive l'édito le numéro 115 de Matapli, mais j'ai tenu par quelques courtes lignes à contribuer à cette "première" édition. Victorita s'est parfaitement appropriée la fonction d'éditrice en chef de Matapli et je l'en félicite, conscient de la difficulté de cette tâche, et la remercie à nouveau très sincèrement.

La réforme du baccalauréat suscite un certain nombre d'interrogations. Exprimées par la voie d'Edwige Godlewski, présidente de la CFEM, et en total accord avec la SMAI, certaines traduisent notre inquiétude de l'avenir de notre jeunesse et sa relation aux mathématiques et aux sciences pour notre futur public dans les formations scientifiques. Au delà de cette question, le rapport de la mission Torossian-Villani indique, je crois, la nécessité que tout futur citoyen ait une formation en mathématique. Si d'autres estiment publiquement qu'au quotidien les mathématiques ne servent pas, leur manifestation de chaque instant constitue cependant un contre-exemple flagrant. L'expression de cet avis de non utilité montre que l'apprentissage du raisonnement scientifique ou logique ne va pas de soi et se cultive dans la continuité et il me semble que l'idée d'en faire jusqu'en terminale n'est donc pas absolument farfelue. Bien sûr, il n'est pas question que tout citoyen devienne un crack en mathématiques ou dans d'autres sciences (mais que pourrait-on trouver à y redire si c'était le cas ?), mais il est en particulier question de comprendre et savoir que le raisonnement déductif ou que le fait scientifique démontré n'est pas une opinion et qu'il fait reculer les frontières du dogmatisme.

Chaque personne qui s'est commis à la recherche sait qu'avoir une opinion sur ce qu'on prétend prouver ou non est plus qu'utile, mais une fois la preuve ou le contre-exemple établi, il n'en est plus question. Un et un font toujours deux, qu'on en ait envie ou pas. Ce qu'apporte l'apprentissage du raisonnement scientifique, chaque science établissant sa propre règle ou son propre enjeu épistémologique qui lui permet d'exister, c'est de comprendre la possibilité d'opposer une réponse

Éditorial

déductive, certes parfois très difficile à trouver, à une affirmation et l'éducation jusqu'à l'âge adulte ne devrait pas en être exempte.

Je voudrais terminer ces quelques lignes pour remercier à nouveau l'équipe organisatrice du forum emploi maths 2017 et particulièrement Laurent Boudin et Bertrand Michel qui ont coordonné avec brio cet événement majeur qui souligne, et notre public étudiant a aussi besoin de ce message, tout l'intérêt des mathématiques au sein des entreprises. . . .

Bien amicalement
Thierry Horsin

Les mathématiques comparent des phénomènes les plus diversifiés et découvrent les analogies secrètes qui les unissent. J.B.J. Fourier

Un mot de début

par Victorita Dolean

Chères/Chers collègues et lectrices/lecteurs de Matapli,

Ceci est mon premier numéro en tant que rédactrice en chef de Matapli. Merci tout d’abord à Thierry Horsin de m’avoir confié cette mission au nom de la SMAI, dont j’espère m’acquitter avec autant de succès et enthousiasme que mon prédécesseur. Je ne pourrai jamais assez remercier à Christian Gout pour le temps qu’il a dédié à me "former" et pour toute sa disponibilité à me guider dans les rouages du métier. Je ne peux que souhaiter de continuer son travail avec autant d’efficacité tout en y apportant ma contribution et ma touche personnelles.

S’impliquer dans la vie d’une communauté dynamique et variée est très enrichissant et Matapli a toujours essayé d’être le reflet vivant de cette dernière. Son contenu affirme encore une fois l’évolution de cette communauté avec ses différentes facettes mais aussi ses aspirations vers des mathématiques "utiles". Pour ceux qui trouverait cette formulation inappropriée en y voyant dans l’abstraction la preuve ultime de la nature noble de la reine des sciences, je rappellerai les propos de John von Neumann (probablement un des derniers esprits encyclopédiques pionnier dans de nombreux domaines en incluant la théorie des jeux) : *Je pense que c’est une approximation relativement bonne de la vérité - qui est beaucoup trop compliquée pour permettre autre chose que des approximations - que les idées mathématiques ont leur origine dans l’empirique.*

Les applications se retrouvent à tous les niveaux, que ce soit dans les sujets de recherche des équipes INRIA (un organisme avec une vocation appliquée par excellence dès sa création) ou alors dans la mission même des nouveaux organismes transverses comme le Réseau MSO qui est d’assurer un transfert technologique efficace. La variété des problématiques traitées avec succès par les différentes "branches" de ce réseau montrent clairement que sa création correspondait à une nécessité. De surcroît, la cartographie faite par M. Esteban et ses co-auteurs montre d’ailleurs que l’intérêt pour les applications générant des problèmes difficiles et scientifiquement intéressants transcende les classifications compartimentées des sections CNU.

Un mot de début...

Un vent de renouveau souffle également du côté du CNRS, plus particulièrement à l'institut INSMI qui a désormais un nouveau directeur, en synergie avec les réformes se préfigurant à l'échelle nationale ou régionale. Les universités, quant à elles connaissent maintenant une nouvelle dynamique grâce aux appels à projets des programmes d'investissement d'avenir.

Et *last but not least* même une communauté auto-consistante par sa taille et sa diversité se doit à elle-même de se positionner à une échelle plus grande, celle de l'international, par sa visibilité ou les actions d'impact censées d'augmenter ce dernier. Ceci se retrouve d'une façon récurrente dans la politique de recherche des différents organismes et une belle concrétisation de cette aspiration serait peut-être l'organisation de "ICM 2022" à Paris. On attend avec impatience le résultat de cette candidature et on ne peut que souhaiter que Paris reçoive ce beau cadeau en guise de reconnaissance et surtout comme point de départ pour un changement d'échelle en France et dans le monde.

Bien amicalement,
Victorita Dolean

Comptes rendus des AG, CA et bureaux de la SMAI

Communiqué par Nicolas Vauchelet

Secrétaire Général de la SMAI

Compte rendu — Conseil d’Administration 26 Janvier 2018

Présents : T. Champion, J.-F. Gerbeau, O. Goubet, L. Goudenège, T. Horsin, F. Hubert, J. Lacaille, S. Mancini, Y. Penel, V. Perrier, C. Scheid, V. C. Tran, N. Vauchelet, M. Zani.

Excusés : F. Barbaresco, F. Boyer, P. Calka, C. Chalons, J.-S. Dhersin, E. Gobet, F. Issard-Roch, M. Lewin, T. Lelièvre, S. Robin, O.S. Serea,

1 Principaux points à l’ordre du jour

- **Point sur la "prospective"**. Le CA a invité Yvon Maday pour parler d’une nouvelle initiative intitulée « *Mathematics in interAction* ». Il s’agit d’une plateforme pour le développement des mathématiques en interaction notamment par le biais de rencontres organisées à la station biologique de Roscoff. Un comité scientifique bidisciplinaire serait composé avec une part égale de mathématiciens et de spécialistes d’autres disciplines. Le travail de ce comité consisterait à solliciter des conférences, une dizaine par année. Le CS de la SMAI a été consulté pour ce projet. Il s’est montré positif et a émis quelques recommandations. Le CA de la SMAI soutient avec enthousiasme cette initiative. Il recommande l’implication de sociétés savantes d’autres disciplines et que la construction du comité scientifique soit bien représentatif, y compris en mathématiques, des interactions.

- **Point sur les publications**, par Jean-Frédéric Gerbeau.

- La revue *Mathematical Modeling of Natural Phenomena* va faire partie des revues dont la SMAI est éditeur scientifique. Une liste de noms a été proposée pour étendre le comité éditorial de MMNP, actuellement composé d’un éditeur en chef et de 3 éditeurs associés. Trois personnes ont accepté d’en faire partie : Vincent Calvez, Céline Grandmont, Anna Marciniak-Czochra. Le CA propose de les nommer pour un mandat de 1 an avec tacite reconduction chaque année. La SMAI fera un bilan au bout des 3 années.
- Dû à la forte augmentation du nombre de soumissions dans la revue RO, un co-éditeur en chef va être prochainement nommé.

Comptes rendus des CA & bureaux de la SMAI

- Des discussions avec Denis Talay et Yvon Maday sont en cours pour l’avenir de la revue Maths In Action.
- Suite à l’appel de Jussieu, plusieurs bibliothèques ont réduit leurs abonnements en stoppant ceux à certaines revues. L’argent économisé devrait faire partie d’un pot commun qui pourrait être utilisé pour soutenir des solutions de publication alternatives. Si cela se concrétisait, la SMAI utiliserait ces fonds pour soutenir le développement du journal SMAI-JCM.

- Point site web, par Ludovic Goudenège et Claire Scheid.

Le site web de la SMAI est en cours de reconstruction. L’objectif est de rendre en dur le site web afin d’éviter notamment d’éventuels problèmes lors des mises à jour, tout en ayant une facilité d’utilisation pour les rédacteurs. Les personnes autorisées à écrire seraient limitées au bureau actuel et celui de l’année précédente plus quelques personnes volontaires parmi les correspondants. Les membres de la commission web deviendraient les modérateurs du site.

- Point sur le secrétariat.

Afin de soutenir les organisateurs de ses congrès et manifestations, la SMAI souhaite embaucher un CDD en support pour l’événementiel pour une durée de 6 à 8 mois. Par ailleurs, Noura Sahtout a émis le souhait de passer à 100%. Une implication dans l’événementiel pourrait donc lui être ajoutée dans sa fiche de poste. Le CA donne son accord pour le passage à 100% de Noura Sahtout et la création d’un poste de soutien à l’événementiel. Une agence spécialisée se chargera de rédiger la fiche de poste.

- Point sur le FEM

- Aide au financement des déplacements. La SMAI a reçu des demandes de 13 universités de province pour l’aide au financement des déplacements d’étudiants souhaitant participer au FEM. Un financement à hauteur de 500€ a été accordé à chaque université envoyant plusieurs étudiants en ayant fait la demande dans les temps. Le montant maximal fixé par étudiant est de 150€. Le montant global investi par la SMAI s’élève à 5k€.
- L’édition 2017 du FEM a regroupé environ 2000 participants. Les tables rondes ont remporté un bon succès. La très belle organisation du forum a été soulignée. La SMAI tient à féliciter et remercier les deux coordinateurs, Laurent Boudin et Bertrand Michel, et l’ensemble des organisateurs pour le travail accompli.
- **FEM 2018.** Le président de la SFdS, le président de la SMAI et le directeur d’AMIES souhaitent reconduire le FEM selon le même schéma pour décembre 2018. Par contre les commissaires de l’exposition 2017, Laurent Boudin et Bertrand Michel, souhaitent passer la main. Emmanuelle Crépeau et Myriam Maumy-Bertrand acceptent d’être co-organisatrices du prochain forum.

- **Résultats campagne EUR.** Aucun projet comportant des mathématiques n'a été récompensé. Une lettre ouverte a été rédigée, conjointement avec la SMF et la SFdS, s'étonnant de ces résultats, mais les journaux consultés n'ont pas souhaité la publier.

- **Rencontres Maths et Industrie :**

- **RMI Maths et Mouvements dans le Sport** le 13 mars 2018 à l'IHP. Le CA de la SMAI donne son accord pour participer financièrement à cette RMI pour un montant de l'ordre de 2000€ afin de financer les repas, pauses-café et missions de certains participants.
- Une **RMI Maths et Ecologie** se met en place, prévue mi-septembre 2018.

- **Programme interface du CIRM.** Il s'agit d'un programme de formation continue. La SMAI a été sollicitée pour susciter des candidatures pour organiser des journées de formation au CIRM à partir de 2019.

- **Ecoles CIMPA.** Il y a peu d'écoles de mathématiques appliquées proposées. La SMAI est prête à soutenir des écoles de mathématiques appliquées de qualité.

- **Actions Grand Public,** par Florence Hubert.

- **Cycle de médiation scientifique SMAI/CNAM** Le programme 2017-2018 du cycle de médiation scientifique SMAI/CNAM se précise. Une série de rencontres a eu lieu à l'occasion de la semaine de la fête de la science du 7 au 15 octobre 2017. Une deuxième série a eu lieu les 15-16 janvier 2018. De nouvelles rencontres sont programmées lors de la semaine des mathématiques 12-16 mars. Plus précisément, sont programmées :
 - une intervention le mardi 10 octobre 2017 de Hasnaa Zidani, chercheuse à l'ENSTA, sur l'optimisation des réseaux éoliens avec pour objet phare l'éolienne.
 - une intervention le mercredi 11 octobre 2017 de Magali Ribot, professeur à l'université d'Orléans, sur les bioénergies (intitulée « La guerre des petites bêtes ») en liaison avec l'atelier de Lavoisier.
 - une intervention le mardi 16 janvier 2018 de Julie Delon (professeur à l'université Paris Descartes) sur le traitement d'image, avec pour objet phare du Musée le bélinographe, a été finalement repoussée.
 - une intervention le mercredi 17 janvier de François Jouve (professeur à l'université Paris Diderot) sur le travail de G. Darboux en géométrie et de son impact dans la compréhension des matériaux et la mécanique des milieux continus.
 - Une intervention le mercredi 14 mars de Jean-Michel Coron, (professeur à l'Université Pierre et Marie Curie, Membre de l'Académie des

Comptes rendus des CA & bureaux de la SMAI

Sciences), « Sur la régulation des systèmes : des horloges à eau aux pilotes automatiques », en liaison avec les régulateurs de Watt, le gyroscope de Foucault, le servomoteur de Farcot.

- Une intervention le vendredi 16 mars de Patrice Hauret, (Michelin) sur « Le pneumatique : performance automobile, mouvement et mathématiques », en liaison avec la Ford T.

Noter que le mercredi après midi les rencontres sont à destination des enseignants. La SMAI et le Musée du CNAM étudie la possibilité d’une diffusion en direct des conférences dans d’autres centres du CNAM avec des conférences en lien avec des objets stockés dans les réserves du musée. Pour cela, des petites séquences de 15 minutes autour de ces objets seraient filmées au préalable. Une demande d’aide de financement a été déposée auprès de la fondation Blaise Pascal.

- **Semaine des mathématiques 2018** La thématique choisie pour la semaine des mathématiques 2018 est « Mathématiques et mouvement ». La SMAI organise, en collaboration avec l’IHP et AMIES, une journée le mardi 13 mars dans ce cadre. La matinée sera une demi-journée RMI sur le thème Mathématiques et mouvements dans le sport, l’après midi sera à destination des lycéens et du grand public. On rappelle qu’il y a aura deux manifestations les mercredi 14 mars et vendredi 16 mars dans le cadre du cycle de médiation scientifique SMAI/musée du CNAM, et d’autres animations au musée les 17 et 18 mars.
- **Prix de l’académie des sciences** Des journées en l’honneur des primés de l’académie des sciences 2016 et 2017 ont été organisées les 21- 22 décembre à Grenoble. La SMF a piloté l’organisation de ces journées communes. La SMAI devrait piloter l’organisation des journées en 2018.
- **Salon de l’Onisep** Le salon de l’Onisep a eu lieu du 17 au 19 novembre 2017 Porte de Versailles à Paris. Merci aux collègues qui ont représenté la SMAI à ce salon
- **Réunions Sciences et média** Un journée Sciences et média a été organisée à la BNF le 11 janvier 2018 sur le thème « Comment lutter contre la dés-information scientifique ? » Cette journée est organisée conjointement par la Société Chimique de France (SCF), la Société Française de Physique (SFP), la Société Française de Statistique (SFdS), la Société Informatique de France (SIF), la Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles (SMAI) et la Société Mathématique de France (SMF). La précédente rencontre avait eu lieu le 1er février 2016 à la préfecture de Paris, Ile de France sur le thème « Comment parler de sciences aux jeunes ? »
- **Salon culture et jeux mathématiques** Le dix-neuvième salon Culture et Jeux Mathématiques se déroulera Place Saint Sulpice, Paris VIème du 24 au 27 mai 2018. La thématique cette année est « Mathématiques et mouve-

ments ». Les sociétés savantes partageront un stand intitulé « Métiers des maths ».

- **Site web** On rappelle que le site web de la SMAI a un nouvel onglet “Grand public” sur lequel toutes ces informations sont répertoriées.

- Enseignement.

- Un mini-symposia sur l’enseignement sera organisé lors du prochain CANUM. Il portera sur la formation à distance.
- Le rapport Mathiot sur l’organisation du Bac et la réforme des lycées a été publié.

- Nouvelles des groupes thématiques.

- Groupe SMAI-MODE
 - Les journées du groupe auront lieu du 28 au 30 mars 2018.
 - Les journées Franco-Allemande en optimisation FG-X 2019 ont été attribuées. Elles seront organisées par nos collègues de l’Université de Nice (Didier Auroux & Jean-Baptiste Caillau) dans le campus de Valrose, épaulés par le LJAD, Inria et l’I3S et, comme le veut la tradition, un pays invité : la Suisse.
 - Demande d’organisation de journées communes entre SMAI-MODE et SIAM : les personnes intéressées peuvent contacter Helena Frankowska.
 - La journée commune organisée avec la ROADEF le 8 juin à l’IHP aura pour thématique l’optimisation des réseaux.
- Groupe SMAI-MAS
 - Les journées MAS 2018 auront lieu du 29 au 31 août 2018 à Dijon.
 - Les candidatures au prix Neveu sont ouvertes jusqu’au 2 février.
- Un groupe Maths-Bio est en cours de formation.

- Création d’un prix Jean-Jacques Moreau par le groupe SMAI-MODE.

La SMF sera associée à ce prix. Ce prix sera attribué tous les deux ans pour un(e) mathématicien(ne) de l’optimisation et de la décision de moins de 45 ans, en poste en France. Un projet de règlement du prix a été soumis au CA. Le CA de la SMAI soutient la création de ce prix.

- Prix Marc Yor. Ce prix a été mis en place l’année dernière et récompense un(e) mathématicien(ne) en théorie des probabilités de moins de 40 ans. Il y a peu de candidatures pour cette année. La SMAI invite les candidats à postuler.

- Reconduction du vote électronique. Le CA acte la reconduction du vote électronique pour le renouvellement des membres du CA suivant le même format que l’année dernière. La commission électorale sera constituée de : Y. Penel, C. Scheid, V.C. Tran, N. Vauchelet.

Comptes rendus des CA & bureaux de la SMAI

- Point sur les correspondants locaux de la SMAI, par Yohan Penel

CONTEXTE. La SMAI a organisé le jeudi 7 septembre 2017 une journée d’information à l’attention des correspondants locaux. Sur les 57 correspondants de France métropolitaine, 25 avaient fait le déplacement pour assister à des présentations officielles (historique de la SMAI, missions de la SMAI, . . .), à des tables rondes (actions concrètes, adhésions, . . .) et à des retours d’expérience. À cette occasion, le passage de témoin s’est effectué entre S. Mancini et Y. Penel en tant que chargé de mission « correspondants locaux ». Suite à cette journée, un sondage a été réalisé auprès des correspondants locaux sur l’utilité de cette journée, sur leur quotidien et sur la communication (réciproque) entre la SMAI et ses correspondants locaux. 21 réponses à ce sondage ont été enregistrées (soit un taux de réponse de 37%, ce qui est assez faible malgré deux relances).

ANALYSE DES RÉPONSES. 1. **Journée d’information** : 83% des répondants jugent utile l’organisation de cette journée mais la question de la récurrence (1 an, 2 ans, . . .) ne fait pas l’objet d’un consensus.

2. **Diffusion des informations de la SMAI** : 100% des répondants sont satisfaits de la diffusion des informations venant de la SMAI (via la présidence, le secrétariat général ou les chargés de mission). 71% d’entre eux transfèrent directement à l’ensemble de leur laboratoire. Parmi les différentes informations, celles qui leur paraissent les plus importantes sont celles liées aux annonces de conférences et de postes.

3. **Rôle des correspondants locaux** : 86% d’entre eux pensent être bien identifiés comme correspondant SMAI mais seuls 29% ont l’occasion de prendre la parole lors d’événements de leur laboratoire. Parmi les missions considérées comme les plus compliquées à assurer, sont citées la collecte d’informations à faire remonter à la SMAI (comme les résumés des thèses et des HdR) et la démarche pour motiver les personnes à adhérer à la SMAI. Enfin, 62% souhaiterait la mise en place d’une interface de dialogue entre les différents correspondants locaux et la SMAI.

- Points sur les échanges avec la SIF.

Initié par Fatiha Alabau, lors de sa mandature, un rapprochement entre la SIF et la SMAI est en cours de réflexion. Ce rapprochement pourrait constituer une opportunité de faire revivre le groupe MAIRCI. Quelques actions communes sont envisagées : mise en place d’une journée thématique scientifique, d’une demi-journée d’échange sur les publications. La CA se prononce pour une adhésion commune avec la SIF.

2 Points d'information

- Didier Bresch a demandé un droit de réponse. Celui-ci est publié dans le bulletin *MATAPLI*.
- Une BD sur le sexisme en sciences/mathes a été transmise aux correspondants locaux.
- **Soutien de l'association WIMS** à hauteur de 200€ à caractère exceptionnel compte tenu du surcroît d'activité de l'association pour cette année.
- **Avenant à la convention SMAI 2017**. Les bénéfices du congrès SMAI seront répartis entre la SMAI et les entités organisatrices.
- **SMAI 2019**. Un accord avec le club Belhambra de Guidel sur les tarifs a été obtenu.

Prochains CA de la SMAI.

- vendredi 30 mars à 14h dans la salle visio de l'IHP.
- vendredi 29 juin à 14h dans la salle de visio de l'IHP.

Prochaine AG, le 15 juin à 16h00, lieu à déterminer.

Curves & Surfaces 2018

Arcachon, France / June 28 – July 4, 2018

Organized by SMAI SIGMA

Plenary speakers:

Alexander Bobenko, Berlin
Emmanuel Candes, Stanford
Maria Charina, Wien
Elaine Cohen, Utah
Philipp Grohs, Wien
Frances Kuo, Sydney
Mauro Maggioni, Johns Hopkins
Jorg Peters, Florida
Amit Singer, Princeton
Max Wardetzky, Goettingen

Mini-symposia organizers:

Christian Gout, Rouen
Thomas Hangelbroek, Hawaii
Stefan Kunis, Osnabrueck
Dany Leviatan, Tel Aviv
Georg Muntingh, Oslo
Steve Oudot, Inria Saclay
Martin Rumpf, Bonn
Giancarlo Sangalli, Pavia
Carola-Bibiane Schoenlieb, Cambridge
Vladimir Temlyakov, South Carolina

Registration: <http://www.curvesandsurfaces.org>



Droit de réponse

par Didier Bresch

Lundi 04 décembre 2017, je reçois le numéro 114 de Matapli en tant qu’adhérent de la SMAI. Avec plaisir, je parcours cet exemplaire et je tombe sur le compte-rendu du CA de la SMAI. Celui-ci contient un paragraphe (page 22) mentionnant la rencontre que j’ai sollicitée auprès des présidents des sociétés savantes (SFDS, SMAI, SMF) et qui a eu lieu le 29 septembre 2017 à l’IHP.

Malheureusement ce texte court ne reflète pas les échanges que nous avons eus et ne présente que le ressenti de la SMAI, tel qu’il a été relayé par son président lors de notre réunion. Ce paragraphe ne rend donc pas compte de la teneur de nos discussions et j’ai donc écrit au président de la SMAI pour avoir un droit de réponse permettant aux abonnés et aux membres du CA de prendre la réelle mesure de ce qui a pu être dit aux présidents de sociétés savantes ce jour-là.

Voici donc ce que j’aurai aimé lire dans le compte-rendu du CA de la SMAI, en complément du paragraphe mentionné ci-dessus :

"Didier Bresch (président du CoNRS section 41) tient à préciser que le mandat du comité national actuel s’étend sur plusieurs années, ce qui lui permet d’avoir une politique scientifique globale et nationale sur la durée de son mandat, une politique toujours basée sur l’excellence scientifique, et reflétant toutes les sensibilités mathématiques. Il est convaincu que les échanges avec les présidents de sociétés savantes sont bénéfiques pour notre communauté mathématique car ils sont à la base d’une meilleure cohérence dans les actions du CoNRS section 41. Il tient également à rappeler que l’équilibre hommes/femmes fait partie des points d’attention du comité, lequel est d’ailleurs composé à parité égale hommes/femmes. Il relève néanmoins que l’on ne peut faire porter au comité national la responsabilité de la faible présence féminine dans les candidatures, et donc parmi les lauréats (ce phénomène s’inscrit dans des mécanismes complexes apparaissant dès le lycée et mettant en compte des comportements psycho-sociaux complexes qu’il nous faut combattre à tous les niveaux et la section 41 s’engage dans ce travail à son niveau)."

Pour conclure ce droit de réponse, j’aimerais rajouter que je souhaite avoir des discussions fréquentes avec les présidents des sociétés savantes et qu’elles fassent l’objet de comptes-rendus co-rédigés publiés.

Droit de réponse

En effet, je pense que le président de la section 41 du CoNRS et les présidents de sociétés savantes ont une responsabilité collective : ils sont notamment responsables de la cohésion de la communauté mathématique et de la construction d’un dialogue efficace qui prenne en compte les mathématiques dans toute leur diversité dans un esprit d’unité plutôt que d’opposition.

Du côté des maisons de la simulation - Réseau MSO

Dans cette rubrique MSO, sur ce nouveau réseau d’initiatives régionales pour développer les relations entre mathématiques et entreprises qui a été décrit dans le dernier numéro de MATAPLI, nous allons vous présenter les différents membres du réseau. Nous commençons par MSO-AuRA, membre du réseau pour la région Auvergne-Rhône Alpes qui est constitué de 3 noeuds, à Clermont, Grenoble (avec MaiMoSiNE qui est l’entité "modèle", créée dès 2010) et Lyon. Cette organisation avec une coordination régionale d’initiative locale est en effet l’organisation cible préconisée dans la stratégie MSO multi-échelle détaillée dans le dernier numéro avec au niveau européen, le réseau de réseaux nationaux, <http://www.eu-maths-in.eu/> et au niveau national AMIES. Nous présentons ensuite Cemosis, initiative alsacienne très dynamique au niveau européen, formation et HPC. Notez que le réseau MSO sera présent lors du salon Teratec, à Palaiseau les 19 et 20 juin.

MSO-AuRA

Communiqué par François Bouchon, Univ. Clermont Auvergne
Arnaud Guillin, Univ. Clermont Auvergne
Emmanuel Maître, Univ. Grenoble Alpes
Véronique Maume-Deschamps, Univ. Claude Bernard Lyon 1,
AMIES.

Le membre MSO-AuRA (Modélisation, Simulation, Optimisation en région Auvergne Rhône-Alpes) du réseau MSO national regroupe trois structures régionales (à Clermont-Ferrand, Grenoble et Lyon - Saint-Etienne). Nous présentons ci-dessous l’origine de la création de cette structure, et des exemples de collaborations industrielles qui ont vu le jour dans son cadre.

La genèse de l’entité MSO-AuRA (Modélisation, Simulation, Optimisation en région Auvergne Rhône-Alpes) se retrouve dans le développement de MaiMoSiNE à Grenoble et de plusieurs collaborations entre entreprises et des laboratoires de Grenoble et Lyon. Elle réunit maintenant trois structures régionales (à Clermont-Ferrand, Grenoble et Lyon - Saint-Etienne). Nous présentons deux exemples de collaborations réalisées dans ce cadre.

1 Historique : MaiMoSiNE

La Structure Fédérative de Recherche (SFR) MaiMoSiNE a été créée à Grenoble en 2010 à l’initiative de Stéphane Labbé, avec pour objectif d’être un guichet d’accès aux actions de modélisation et simulation de l’Université ainsi qu’une vitrine

Du côté des maisons de la simulation - Réseau MSO

des recherches réalisées dans ce domaine. Soutenue par le CNRS, Grenoble INP et l’Université Grenoble Alpes (UGA), la structure est organisée en trois pôles, *Hôtel à Projets*, *Animation Scientifique* et *Logiciels et HPC*.

Le pôle *Hôtel à Projets* a développé au cours de ces dernières années une compétence reconnue dans le domaine de la collaboration avec les entreprises, notamment en direction des TPE/PME/ETI, ce qui s’est concrétisé par une trentaine de contrats industriels. Ces contrats ont été passés entre les entreprises et Floralis, la filiale de droit privé de l’UGA. Un acteur essentiel dans cette interaction a été l’AMIES, qui par son programme PEPS a permis à nombre de TPE/PME d’investir dans un projet de collaboration axé sur la modélisation et la simulation, afin d’optimiser son activité.

Les ressources ainsi dégagées ont permis de financer en partie le pôle *Animation Scientifique*, piloté par Laurence Viry, qui a eu un rôle central dans le développement de la structure. En effet, en soutenant les actions de modélisation et les collaborations interdisciplinaires autour des mathématiques dans la communauté universitaire, celui-ci a contribué à sensibiliser les chercheurs d’autres disciplines à la simulation et à ses outils.

Enfin, le pôle *Logiciels et HPC*, désormais en collaboration avec l’UMS GRICAD, s’est concentré sur l’ouverture des moyens de calcul vers les entreprises mais aussi aux équipes universitaires en proposant des expertises ou des formations en collaboration avec le pôle *Animation Scientifique*. Christophe Picard, son responsable, a été très actif dans la mise en place de la plateforme SIMSEO (<http://simseo.fr> la simulation au service de l’entreprise), pilotée par GENCI et TERATEC et qui soutient l’investissement des PME en modélisation et simulation. Grâce à ce programme, trois entreprises régionales ont pu accéder à cette expertise en 2017, et ceci par deux fois dans le cadre d’une collaboration MaiMoSiNE avec des équipes universitaires de Lyon.

C’est dans ce contexte que MaiMoSiNE a accueilli avec grand intérêt l’initiative d’AMIES et de l’INSMI de structurer nationalement les contributions locales naissantes sous la forme du réseau MSO, qui a vocation à faciliter le partage de compétences régionales.

2 MSO-AuRA

Préfigurant en quelque sorte la mise en place de MSO-AuRA, la cellule relation entreprises de l’Institut Camille Jordan (ICJ), devenue VaLSEM (Valorisation Lyon - Saint-Etienne en Mathématiques) et MaiMoSiNE ont collaboré pour la mise en place en 2015 du FUI LUG2 (outils modulaires efficaces d’image acoustique). Ce projet, qui a démarré effectivement en 2017, retenu à l’appel *Usine du Futur*

Du côté des maisons de la simulation - Réseau MSO

du pôle de compétitivité Minalogic est porté par l'entreprise MicrodB. Il vise à développer une nouvelle génération d'antennes acoustiques pour identifier, localiser et quantifier précisément les sources de bruit. Les principaux enjeux scientifiques sont d'améliorer la localisation des sources et le traitement des données, de réaliser une imagerie 3D. Le projet réunit trois PME de la région AuRA (MicrodB, Terabee, Rtone) et quatre laboratoires (Institut Camille Jordan, Laboratoire Jean Kuntzmann, Laboratoire d'Informatique de Grenoble, Laboratoire des Vibrations Acoustiques).

Avec la création du réseau MSO en 2017, est apparu l'intérêt de regrouper sous un même membre MSO les trois structures régionales :

- MaiMoSiNE (Grenoble),
- MMSA (Maison de la Modélisation et de la Simulation en Auvergne à Clermont-Ferrand),
- et VaLSEM (Lyon - Saint-Etienne).



MSO-AuRA devient ainsi un portail régional Mathématiques - Entreprises qui vise à renforcer la visibilité des relations mathématiques entreprises au niveau régional tout en garantissant une gestion de proximité. En particulier, chaque élément de MSO-AuRA a sa propre gestion financière des contrats. L'intérêt de cette maison commune réside en un partage des contacts et des sollicitations d'entreprises, en la mise en commun de moyen et en la force de réponse commune à des appels régionaux, nationaux et européens. MSO-AuRA permet aussi le déploiement au niveau de la région Auvergne Rhône-Alpes du programme SiMSEO.

MaiMoSiNE devrait devenir une SFR multi-tutelles UGA-GINP-UCBL-UCA qui assurera le support administratif de MSO-AuRA et permettra la mise en œuvre et le développement de programmes communs comme SiMSEO, sans avoir à passer par des contrats de sous-traitance comme c'est le cas actuellement.

3 Exemples de réalisations

3.1 Arpege Master K : une entreprise de pesage à la pointe de l’innovation (Grenoble/Lyon)

Arpège Master K est une entreprise de Saint-Priest, près de Lyon, acteur de premier plan du pesage industriel. Dans ce secteur industriel cette PME se démarque par son offre plaçant l’innovation et la R&D en avant, et c’est dans ce contexte que son directeur, M. Fossi, s’est adressé à MaiMoSiNE par l’intermédiaire de Philippe Béliard, notre interlocuteur chez Floralis. Lors d’une visite sur site, nous avons écouté la problématique industrielle, avec comme expert Julien Jacques, Professeur au laboratoire ERIC de l’Université Lyon 2. Après diagnostic, il a pu proposer une réponse à la demande de l’entreprise, en collaboration avec Irène Gannaz, maître de conférences à l’INSA et membre de l’Institut Camille Jordan. Le résultat de ce travail, encadré contractuellement par Floralis et soutenu par le dispositif SIMSEO, s’est concrétisé par un rapport scientifique et un code implémenté en langage R. Les quelques lignes ci-dessous sont tirées du rapport remis à l’entreprise.

Arpège Master K dispose de ponts de pesée munis de 6 capteurs. Ces dispositifs permettent d’enregistrer les poids mesurés simultanément par les capteurs au cours du passage d’un véhicule sur le pont. La maintenance de ce système nécessite la détection précoce de capteurs défaillants, ou de la dérive de la mesure de capteurs fonctionnant, due par exemple à l’ensablage du pont.

Un premier travail a été d’identifier la période de pesage : en effet, de par la configuration des capteurs ceux-ci ne sont pas activés simultanément lors de la mise en place du camion. La courbe de pesage présente une période qui correspond à la pesée, et il s’agit d’identifier ce plateau (Figure 1). La montée en charge a

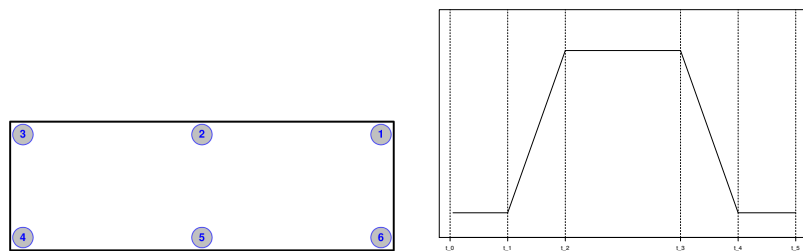


FIGURE 1: Position des capteurs sous le pont et évolution théorique d’une pesée.

été représentée par un modèle linéaire par morceaux avec instants de rupture à

identifier. Des techniques de clustering et des tests du rapport de vraisemblance maximale ont permis de juger de la significativité des différences entre clusters. Concernant les défauts à identifier, des procédures d’alerte ont été développées pour détecter l’instabilité d’un capteur, des écarts de mesure trop importants entre deux capteurs en vis-à-vis ou au milieu et aux extrémités (voir Figure 1 gauche). L’équipe a ainsi mis en oeuvre une méthode détectant une variabilité des mesures d’un capteur trop élevée en comparaison de celle des autres, un problème de pont vrillé, ou des anomalies de pesée sur les capteurs centraux (Figure 2).

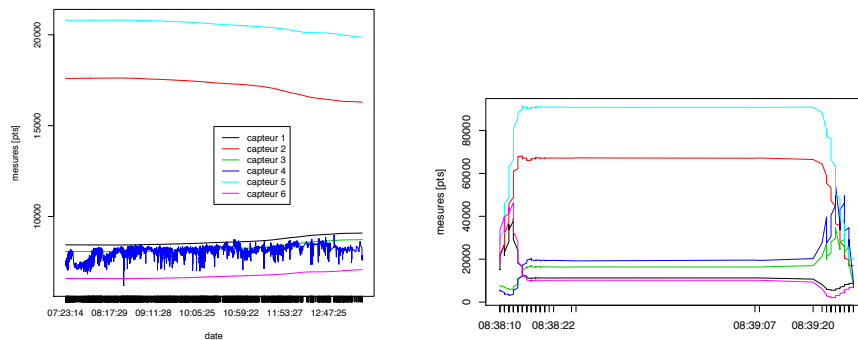


FIGURE 2: Instabilité d’un capteur (gauche) et différence de mesure entre capteurs centraux et capteurs placés aux extrémités.

3.2 Trelleborg : dispositifs pour l’extraction pétrolière offshore (Clermont-Ferrand)

Trelleborg est une entreprise Suédoise spécialisée dans la production de polymères industriels, flexibles et caoutchoucs. Le centre de Clermont-Ferrand a parmi ses activités la conception et la production de flexibles destinés à l’extraction pétrolière en eaux profondes. Le dimensionnement de ces flexibles est une étape cruciale afin d’en assurer l’efficacité et la stabilité. Les ingénieurs étudient ces phénomènes de manière expérimentale, mais aussi en recherchant des modèles mathématiques et des méthodes numériques adaptées.

Les ingénieurs de Trelleborg se sont ainsi rapprochés de chercheurs de l’équipe ED-PAN (équations aux Dérivées Partielle & Analyse Numérique) du Laboratoire de Mathématiques Blaise Pascal de l’Université Clermont Auvergne et de la MMSA, pour étudier ces modèles mathématiques. Des travaux récents suggèrent que la vitesse de déplacement de l’extrémité du dispositif est solution d’une équation aux dérivées partielles ayant pour paramètres un certain nombre de grandeurs physiques dont la vitesse du fluide dans le flexible. La stabilité du système est alors

Du côté des maisons de la simulation - Réseau MSO

liée aux valeurs propres des opérateurs associés à cette EDP.

La recherche numérique des valeurs propres peut être faite en discrétisant ces opérateurs, l'un des intérêts mathématiques consiste à étudier dans quelle mesure les résultats obtenus dépendent de la méthode de discrétisation choisie. La société est intéressée par cette étude mathématique et par la réalisation d'un code de calcul permettant de caler les paramètres pour obtenir un dispositif stable, et plus précisément de déterminer pour quelles valeurs de la vitesse du fluide ces valeurs propres vont rester dans le demi-plan $Re(\lambda) < 0$. (Figure 3).

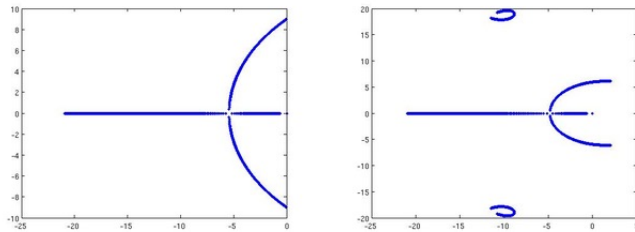


FIGURE 3: Localisation des premières valeurs propres d'un opérateur différentiel d'ordre 4, pour différentes valeurs de vitesse du fluide.

Cemosis : Centre de Modélisation et de Simulation de Strasbourg

Communiqué par Christophe Prud’homme

Philippe Helluy

Myriam Maumy-Bertrand

Céline Caldini-Queiros

Marcela Szopos

Vincent Chabannes

Cemosis, IRMA UMR 7501, Université de Strasbourg



Histoire de la structure

Cemosis a été créé en Janvier 2013 à la suite de l’appel à projet IDEX attractivité 2012 pour accompagner l’arrivée de C. Prud’homme comme Professeur à l’IRMA dans l’équipe Modélisation & Contrôle de P. Helluy. Il s’agissait d’une part d’ouvrir de nouveaux axes de recherche outre la fusion et la physique des plasmas, qui est au coeur de l’équipe, et de développer les relations entre les mathématiques et les entreprises d’autre part dans le cadre du Labex IRMIA. L’opportunité offerte par les financements IDEX et LABEX IRMIA et les besoins en recherche multi-disciplinaire et en particulier en modélisation, simulation et optimisation à Strasbourg ont naturellement conduit à la création de Cemosis.

En France en 2013, il existait des structures locales et nationales pour la modélisation et la simulation. Au niveau local, nous pouvons citer MaiMoSiNE à Grenoble, dont C. Prud’homme a été un des fondateurs, CaSciMoDOT à Orléans ou encore ICS à Paris et au niveau national l’Agence des Mathématiques en Interaction avec l’Entreprise et la Société (AMIES) ou encore la Maison de la Simulation (Mds). De telles structures (interdisciplinaires et/ou tournées vers l’industrie) ont

Du côté des maisons de la simulation - Réseau MSO

été également créées à l'étranger : nous pouvons par exemple citer chez nos voisins allemands l'ICSC à Heidelberg, Matheon à Berlin ou encore AICES à Aachen. Les mathématiciens sont à l'origine des toutes ces structures en France et à l'étranger et ils sont les forces vives une fois mises en place.

En 2015, l'Étude sur l'Impact Socio-Économique des Mathématiques (EISEM) en France a dressé un premier bilan sur "la forte contribution des mathématiques à l'économie nationale et cette étude révèle/considère qu'elles joueront un rôle majeur pour relever les défis industriels et sociétaux de demain".

Cemosis, au même titre que MaiMoSiNE, est cité dans ce rapport et est considéré comme une orientation à suivre pour accompagner les relations recherche-industrie (pages 15 et 42). Ce rapport a joué un rôle incontestable pour faciliter les discussions et la promotion des mathématiques sur le site strasbourgeois tant auprès des collègues, que de l'institution, des étudiants mais aussi des entreprises. En Novembre 2016, Cemosis recrute un Ingénieur de Recherche à durée indéterminée financé par l'Université de Strasbourg. Ce recrutement préfigure un tournant important pour notre structure. Courant 2017, le réseau MSO a été créé sous l'impulsion d'AMIES : des structures ont émergées dans chaque région attestant des enjeux partagés par la communauté mathématique sur les relations avec les entreprises, la société ou encore les autres disciplines. Au delà même des enjeux, nous pourrions même parler des envies partagées. Fin 2017, Cemosis accueille l'équipe en charge du projet Simseo à Strasbourg, Alsacalcul Services, dont le but est la valorisation de la simulation pour les petites et moyennes entreprises, afin de fournir une vitrine homogène de services autour de la simulation en Alsace. Nous rédigeons à ce moment un plan stratégique de développement à 4 ans avec une transition pour Cemosis de devenir une plateforme technologique de l'Université. Si Cemosis n'a pas le chiffre d'affaires de plateforme telles que, par exemple, le Sertit, le Service Régional de Traitement d'Image et de Télédétection, il est considéré comme ayant un fort potentiel par l'Université et est affiché en tant que tel dès l'ouverture du portail entreprise de l'Université ¹ en Janvier 2018.

Si en 2010 avec la création de MaiMoSiNE, 2011 celle d'AMIES et en 2013 celle de Cemosis, le contexte de développement des relations mathématiques entreprises relevait davantage du constat de l'inexistence ou du manque de visibilité de l'interface entre mathématique et les entreprises, en 2017 il est tout autre ! La révolution digitale des entreprises, l'avènement du HPC et du cloud computing, l'Internet des Objets, ou encore la fabrication additive sont des sujets où les mathématiques sont un facteur clé. Cemosis a décidé dès sa création d'avoir une approche de la recherche orientée vers les applications, l'interdisciplinaire et les collaborations. Cette approche est confortée par ces transformations (digitales) actuelles profondes dans notre société et dans les entreprises.

1. <http://entreprises.unistra.fr/>

4 L’organisation de Cemosis

4.1 Avant tout des mathématiciens

Cemosis a deux composantes de base : la recherche et la formation. Concernant la Recherche, il s’appuie essentiellement sur l’équipe MOCO² du Laboratoire IRMA, et sur la Formation Cemosis s’appuie sur le Master CSMI³ en informatique scientifique et en Mathématiques de l’Information. De plus, il y a actuellement des collègues du Laboratoire de Mathématiques (LMIA) de Mulhouse qui sont également membres de Cemosis ainsi que des collègues avec leur expertise dans d’autres disciplines (informatique et ingénierie).

4.2 Une équipe et une organisation

L’équipe se compose d’un directeur, de deux ingénieurs de recherche à plein temps dont un qui est en charge du management des projets avec le directeur, de deux chargées de mission (entreprise et inter-disciplinaire) d’un business développeur et d’un ensemble d’experts aussi bien en lien avec d’autres disciplines qu’avec les entreprises. De plus, chaque année un nombre important d’ingénieurs de recherche (postes temporaires), doctorants, étudiants de maîtrise, stagiaires et autres collaborateurs contribuent aux activités de Cemosis.

La liste des membres actuels est disponible à <http://www.cemosis.fr/team>.

Cemosis réunit (*i*) un comité exécutif une fois par mois pour discuter, décider et coordonner les actions, (*ii*) un comité d’orientation une fois par an qui est composé de 4 VP de l’Université de Strasbourg, un représentant de l’INSMI du CNRS, des directeurs du laboratoire IRMA, de l’UFR et des Labex IRMIA et AMIES ainsi que d’un chef d’entreprise. Nous avons deux personnes extérieures à l’Université Strasbourg dans ce comité d’orientation : ceci nous semble important pour avoir un regard extérieur critique par rapport à l’ensemble de nos actions.

4.3 Des compétences

Cemosis propose des expertises dans les domaines suivants :

- Modélisation, simulation et optimisation (MSO)
- Calcul Haute Performance (HPC)
- Traitement du signal et image (SIP)
- Traitement de données et mines (DPM)

2. <http://www-irma.u-strasbg.fr/rubrique162.html>

3. <http://www.csmi.eu>

Du côté des maisons de la simulation - Réseau MSO

Ces compétences ont été reconnues par le rapport EISEM⁴ comme des technologies cruciales pour assurer le succès des collaborations entre les entreprises et les mathématiques. Elles sont également très précieuses pour les collaborations multidisciplinaires. Ces compétences sont évidemment fortement liées à l’informatique.

Un aspect important de nos compétences est le développement de logiciels pour les méthodes numériques, les algorithmes et les applications. Il est un moyen important de transmettre et partager nos recherches et nos travaux dans le cadre de nos collaborations. Cemosis a développé des plateformes logicielles ouvertes telles que son logiciel phare Feel++⁵ - autour duquel se rassemblent utilisateurs / développeurs / chercheurs pour collaborer. Feel++ est clairement un atout dans nos relations inter-disciplinaires et avec les entreprises, il vient en soutien aux expertises MSO et HPC et contient de nombreux résultats de notre recherche.

Cemosis développe d’autres logiciels tels que AngioTK (pipeline logiciel pour la reconstruction des vaisseaux sanguins à partir d’images médicales), l’e-infrastructure H2020 cloud/HPC MSO4SC ou encore Selalib (physique des plasmas).

4.4 Les missions et les valeurs de Cemosis

Les missions de Cemosis sont les suivantes

- Etre une force motrice, une interface et une vitrine (i) entre les mathématiques et les autres disciplines (ii) entre la recherche mathématique et la recherche académique avec les entreprises ;
- Participer activement au changement positif de l’image des mathématiques dans d’autres disciplines, dans la société et dans les entreprises ;
- Diffuser les connaissances associées aux expertises de Cemosis dans le monde socio-économique ;
- Fédérer les efforts dans les domaines de la modélisation, de la simulation et de l’optimisation, du calcul haute performance et du traitement de masse de données en Alsace et plus largement dans la région Grand-Est ;
- Développer des partenariats stratégiques (régionaux, nationaux et internationaux) avec des laboratoires et des entreprises sur des projets phares.

Pour cela, nous nous appuyons sur des valeurs et principes partagés par l’ensemble des collègues :

- Les mathématiques, la modélisation mathématique et les méthodes mathématiques fournissent des cadres et des outils puissants pour résoudre les défis académiques, industriels et sociétaux.
- Inversement, les défis académiques, industriels et sociétaux peuvent nourrir et aider à développer les mathématiques dans de nouvelles directions et fournir de nouveaux problèmes inattendus.

4. <http://www.agence-maths-entreprises.fr/a/?q=fr/eisem>

5. <http://www.feelpp.org>

- Dans le nouveau monde numérique et l’industrie du futur, les mathématiques par la modélisation, la simulation et l’optimisation, le traitement du signal et de l’image, le calcul haute performance, le traitement des données et l’exploitation minière sont des technologies clés.
- L’éducation initiale et continue est cruciale dans un monde en évolution rapide (technologiquement sage).
- Les plates-formes logicielles ouvertes permettant de rassembler les communautés d’utilisateurs / développeurs / chercheurs et l’environnement de collaboration agile sont des composants essentiels des collaborations réussies.

4.5 Les pôles de Cemosis

Nous avons organisé Cemosis en trois pôles : *(i)* projet, *(ii)* formation et *(iii)* logiciel et infrastructure. Cette organisation correspond au fonctionnement opérationnel au quotidien.

4.5.1 Projets

Il y a trois niveaux de projets de recherche : *(i)* court terme - jusqu’à 12 mois - projets de master tutorés - stage tutoré - projet de collaboration initiale - services *(ii)* moyen terme - jusqu’à 2 ans - projet de collaboration - services *(iii)* long terme - 3 ans ou plus - collaboration de recherche

Différentes modalités sont disponibles pour ces partenariats ou services : projet de master tutoré, PEPS AMIES 1 et 2, ANR, FUI, EU, CIFRE PhD, contrats industriels. Le processus de sélection des projets, soit en passant un contrat avec une entreprise, soit en soumettant une proposition à un appel, vérifie que le projet doit être en phase avec le plan stratégique de développement de Cemosis. Si Cemosis ne peut pas répondre à une demande, il aide à trouver l’expertise au sein d’UNISTRA ou du réseau MSO / AMIES.

4.5.2 Formation et événements

Cemosis s’appuie fortement sur le Master CSMI et ses étudiants pour créer des ponts avec d’autres disciplines et entreprises à travers :

(i) Projets de semestre en Master première et deuxième année *(ii)* Stages tutorés en Master première et deuxième année. Cemosis organise des événements tels qu’*(i)* un séminaire régulier d’entreprise mathématique pour le Master CSMI ouvert aux étudiants L2 et plus, *(ii)* les journées utilisateurs Feel++ *(iii)* SEME (Semaine d’Étude Mathématique-Entreprise) *(iv)* Master Classes *(v)* Séminaires multidisciplinaires, ateliers et conférences

Cemosis participe à l’organisation d’événements tels que : *(i)* Forum Emploi Math (FEM) - diffusion d’informations, recherche d’entreprises participantes

(ii) Écoles d’été - par ex. Cemracs 2015, 2016, école d’été Vivabrain en 2017. Enfin, Cemosis développe des mini-cours autour des plateformes logicielles.

4.5.3 Logiciels et services informatiques

S’appuyant sur l’équipe d’ingénierie IRMA et sur l’expertise de MOCO, Cemosis a développé une plateforme de collaboration hébergeant les projets de recherche et les logiciels associés ainsi que les cours.

Les principes sont les suivants : (i) le noyau mathématique du logiciel est disponible de manière ouverte et est déployé rapidement et (ii) selon la collaboration, l’application résultante peut être open-source ou fermée. Idem pour les données associées.

Enfin Cemosis est en charge de l’offre de service pour le mésocentre de Strasbourg auprès des entreprises.

5 Partenariats et Succès

Nous présentons quelques exemples de collaborations illustrant différents aspects de notre travail à Cemosis.

5.1 E-Infrastructure MSO4SC : Mathematical Modelling, Simulation & Optimization for Societal Challenges with Scientific Computing

Cemosis participe au projet européen MSO4SC⁶ dont l’objectif est de “fournir des technologies mathématiques et ses applications pour résoudre des défis sociétaux en tant que service à travers une infrastructure en ligne orientée HPC”.

Cemosis contribue l’intégration de Feel++, identifié comme Framework Mathématique dans MSO4SC, ainsi que deux applications pilotes associées à des collaborations phares de Cemosis : (i) Eye2brain et (ii) Hifimagnet. Le premier est une collaboration internationale (France, Italie, USA) dont l’objectif est de développer un cadre de calcul fiable et efficace du système Oeil/Cerveau permettant des interprétations assistées par ordinateur des données cliniques. Le second est une collaboration avec le grand équipement du CNRS, le LNCMI, sur la modélisation et la simulation de champs magnétiques intenses (record récent en France de 37T à Grenoble en partie en utilisant certains de nos travaux). Ces applications s’appuient sur Feel++ et ses toolboxes (CFD, CSM, FSI, Heat) qui sont également disponibles. La figure 4 présente les différences couches de l’e-infrastructure MSO4SC.

6. <http://mso4sc.eu>

Du côté des maisons de la simulation - Réseau MSO

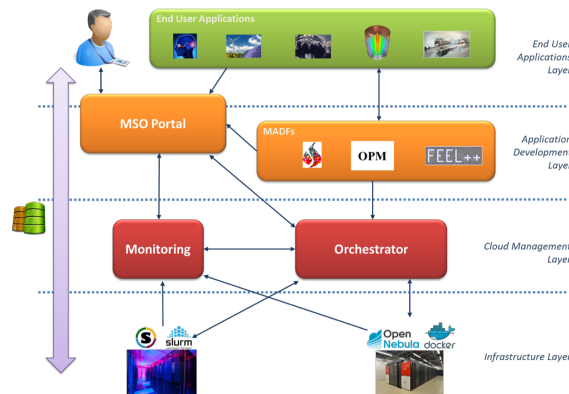


FIGURE 4: Les couches de l’e-infrastructure MSO4SC

L’offre de MSO4SC est de simplifier de manière considérable l’accès au HPC et à des frameworks puissants au travers d’un portail Web appelé MSO Portal. Nous réfléchissons actuellement à une offre de service vers les entreprises au travers du mésocentre de Strasbourg. Nous sommes déjà rentrés en contact avec différentes structures telles que GENCI pour discuter de l’exploitation de cette e-infrastructure.

Ce projet a été financé par le programme de recherche et d’innovation Horizon 2020 de l’Union européenne dans le cadre de la convention de subvention no 731063.

5.2 Axessim

Un succès industriel de Cemosis est celui de la collaboration avec la société Axes-Sim, spécialisée dans le développement de logiciels de simulation électromagnétique. Du stage à la thèse CIFRE en entreprise et aux projets de R&D multi-annuels, cette collaboration a permis de fournir à l’entreprise des atouts concurrentiels significatifs pour elle-même et ses clients (THALES, Dassault Aviation, SAFRAN, CEA, . . .), par exemple sur l’étude de l’interaction d’ondes Radar dans le domaine aéronautique ou encore la simulation d’antennes de capteurs à la surface du corps humain. Des méthodes inédites de calcul exploitant au mieux les nouvelles architectures informatiques ont été développées.

5.3 Hager

Avec la multiplication des panneaux photovoltaïques et de la possibilité de vendre sa production d’énergie en Allemagne, de nouveaux problèmes sont apparus : le rejet massif d’énergie provoque des perturbations du réseau électrique ou encore le gaspillage d’énergie dû à l’énergie non-consommée ou non-vendue. L’objectif de

Du côté des maisons de la simulation - Réseau MSO

notre collaboration avec l'entreprise Hager a été d'abord de contrôler l'énergie stockée via des batteries et de contrôler le rejet de l'énergie sur le réseau au travers de signature électrique (E-Roadmap) que la maison doit satisfaire sur des parties critiques d'une journée. Nous avons contribué la modélisation du dispositif, la formulation mathématique et l'implémentation de l'algorithme de gestion de l'énergie du dispositif dénoté EMG dans la figure 5 montrant l'ensemble du dispositif. Pour mener à bien ce projet, nous avons collaboré avec l'Université de Bourgogne et en particulier Jean-Baptiste Caillaud qui est spécialiste en optimisation et contrôle optimal. C'est un bel exemple de ce que le réseau MSO peut apporter aux relations math-entreprises : si toutes les compétences ne sont pas toutes réunies sur un site, nous pouvons faire appel à un noeud du réseau qui apporterait l'expertise manquante. Le financement PEPS 1 AMIES nous a facilité cette collaboration.

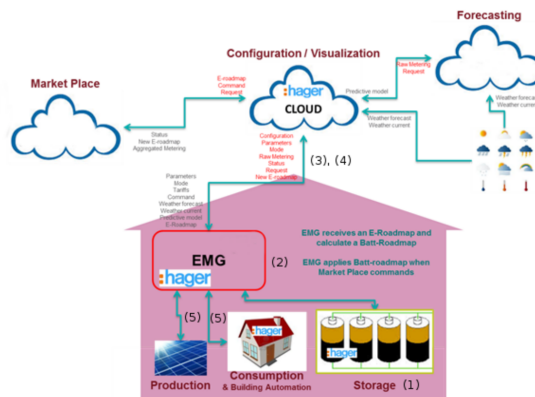


FIGURE 5: Niveau élevé de l'architecture du dispositif mis en place par Hager pour le marché allemand.

5.4 Classification de courbes de charge

Afin de mieux comprendre la consommation de chacun de ses clients, Électricité de Strasbourg a mis en place des appareils de mesure de courbes de charge. La charge de chaque client est calculée pendant 30 minutes et la courbe a été enregistrée. En croisant cette information avec la température extérieure, la typologie de client (individuel ou professionnel), le type de chauffage, il est possible de prévoir la charge du réseau. Le but de la collaboration est l'obtention d'une classification non supervisée de la population. Les formes et périodicité des courbes, corrélation entre différents jours ou dépendance entre la charge et les facteurs extérieurs sont autant de facteurs pris en compte pour réaliser la classification. Ce travail a été initié lors de la SEME à Strasbourg en 2014.

Du côté du CNRS

Nouvelles de l’Insmi

par Pascal Auscher

Du côté du CNRS

28 août 2017 : prise de fonction en tant que directeur de l’Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions (Insmi). Le voyage commence aux commandes d’un navire qui a déjà derrière lui quelques belles traversées et deux capitaines courageux qui ont laissé un bateau bien armé, en bon état, et avec un équipage bien entraîné. On ne chôme pas à l’Insmi, les projets sont nombreux, les enjeux sont importants...

Alors que j’étais à l’Agence d’Evaluation de la Recherche et d’Enseignement Supérieur, (AERES devenue HCéRES), en 2009, j’avais assisté au lancement de cet institut dédié aux mathématiques au sein du CNRS, ainsi qu’au choix de ce nom, qu’avec du recul, j’apprécie encore plus : Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions. Tout est dit : un institut qui a le souci de tous les mathématiciens du territoire national, qui travaille à établir les conditions les plus favorables au développement de la recherche en mathématiques, tout en favorisant les projets scientifiques ambitieux et innovants ; un institut qui dépasse l’opposition mathématiques pures et appliquées en plaçant les mathématiques au centre - qu’il s’agisse de la démonstration de conjectures célèbres ou de la construction d’algorithmes, - tout en interagissant avec les autres sciences et avec la société, grand public et entreprises. Un institut à qui a été confiée officiellement en 2010 la mission nationale d’animer la recherche en mathématiques en France.

Tout en veillant à toujours développer le cœur disciplinaire, l’Insmi recrute aussi pour ses laboratoires des chercheurs en interactions avec d’autres sciences ou relevant d’autres sections ou de commissions interdisciplinaires. L’Insmi est également présent au sein de la Mission pour l’Interdisciplinarité du CNRS et participe à nombre d’appels d’offre.

Avec le souci de valoriser les mathématiques auprès du grand public, l’Insmi soutient le GDS Autour de la Diffusion des Mathématiques (AuDiMath), un "groupe de service" consacré à la diffusion des mathématiques, et encourage les actions innovantes en la matière. On en a besoin pour faire naître des vocations scientifiques, pour soutenir la formation des enseignants en mathématiques, qu’il s’agisse de la formation initiale ou, surtout, de la formation continue. Les chercheurs en mathématiques et le réseau AuDiMath ont une expérience à partager et

Du côté du CNRS

des idées à apporter.

Soucieux du transfert de compétences vers les entreprises, l’Insmi travaille depuis plusieurs années dans ce domaine à travers l’Agence pour les Mathématiques en Interactions avec les Entreprises et la Société (Amies), récompensée par un LabEx. Cela crée ainsi une visibilité de nos formations et doctorants auprès des entreprises. La création du réseau des maisons de la Modélisation, de la Simulation et de l’Optimisation (MSO), présentes dans quasiment toutes les régions de France, montre le chemin parcouru depuis la naissance de MaiMoSiNE, pionnière du genre. Toutes ces actions demandent à être poursuivies avec détermination et enthousiasme, dans une société où les besoins en calcul, en modélisation et en traitement de données ne cessent de croître.

La politique de site s’est considérablement développée depuis la loi Fioraso de 2013 et la mise en place de regroupements d’universités et écoles sous des formes variées dans un périmètre géographique. Or une des forces de notre communauté est un fonctionnement en réseau au niveau national. L’Insmi veille donc à ce que cette spécificité soit reconnue et que les mathématiques trouvent leur place, tant au niveau des sites que des divers appels à projets des programmes d’investissement d’avenir (LabEx, IdEx-Isite, Ecoles Universitaires de Recherche, ?). Pour cela, l’Insmi accompagne les porteurs de projets et a des discussions constantes avec les représentants scientifiques du CNRS sur chaque site.

L’organisation des moyens de calcul et de conservation des données dans des structures organisées et pérennes, respectueuses de l’environnement et d’un développement durable est un des enjeux qu’il nous faudra porter avec nos différents partenaires. Le travail mené par l’Unité mixte de service (l’UMS) Gricad est riche en enseignement. L’Insmi s’appuie dans cette réflexion sur l’expérience du Groupement de recherche (GDR) Calcul et de Mathrice (le réseau des informaticiens des laboratoires de mathématiques : un GDS que les autres instituts nous envient), et continuera à travailler ces questions au sein de la Mission Calcul et Données du CNRS avec les autres instituts.

L’Insmi a une forte orientation à l’international. Comme un transatlantique, il a ses ports d’attache sur tous les continents : ses Unités mixtes internationales (UMI), Laboratoires internationaux associés (LIA) et Groupements de recherche internationaux (GDRI), aussi appelés International research network (IRN). Dans ce domaine, l’Insmi a mené une politique de positionnement stratégique au Mexique (UMI ouverte à Mexico en 2017), en Afrique du Sud et en Corée (projets bien avancés), dans le prolongement de ses actions précédentes en Chine ou en Inde. De nouvelles perspectives s’ouvrent en Iran ainsi qu’en Afrique subsaharienne, deux directions dans lesquelles des projets exploratoires sont pertinents. En Europe, signalons l’ouverture prochaine d’une UMI à Londres. L’Insmi va continuer

à travailler à restructurer ses actions bilatérales en Europe en visant à ce que les projets s’adaptent à la notion de consortium prônée par la politique européenne. Rappelons enfin le système de délégations qui permet aux enseignants chercheurs de répondre positivement à des invitations pour des séjours longs à l’étranger, que ce soit dans nos structures ou ailleurs.

Deux chantiers importants sont devant nous dans le cadre d’actions Contrat Plan Etat-Région (CPER) : les agrandissements du Centre international de rencontres mathématiques (Cirm), une UMS avec la Société Mathématique de France (SMF) et Aix Marseille Université (AMU), ainsi que ceux de l’Institut Henri Poincaré (l’IHP), une UMS avec Sorbonne Université (SU). D’une part, la construction d’une nouvelle salle de conférences et de chambres supplémentaires vont permettre au Cirm d’accueillir simultanément deux rencontres scientifiques et de répondre à l’accroissement des propositions d’événements. Dans le même temps, la SMF pilote un chantier pour augmenter les capacités d’accueil du restaurant du Cirm et rénover les cuisines. D’autre part, l’IHP va pouvoir profiter du bâtiment Perrin, mis à disposition de l’IHP par l’SU. Situé en face du bâtiment Borel occupé actuellement par l’IHP, ce bâtiment historique va être rénové et étendu. Il pourra ainsi abriter un espace novateur de médiation scientifique dédié aux mathématiques et aux sciences du numérique, une nouvelle salle de conférences, des espaces de travail, des bureaux... Je salue les directions du Cirm et de l’IHP qui ont permis que ces projets ambitieux voient le jour, ainsi que les financeurs, région Paca, SMF et CNRS pour le premier, ville de Paris, région île-de-France, SU et CNRS pour le second.

D’autres défis attendent la communauté mathématique. L’un des plus importants concerne la documentation. En cette période de mutation que connaît aujourd’hui l’édition scientifique, l’Insmi se doit d’être force de réflexion et de proposition, et j’aurai à cœur qu’il le fasse, avec le conseil scientifique de l’Insmi, le réseau national des bibliothèques de mathématiques (le GDS RNBM), l’UMS Mathdoc et la bibliothèque Jacques Hadamard. L’Insmi en particulier soutient le récent appel de Jussieu pour permettre l’éclosion de nouveaux modèles d’éditions, comme par exemple le centre Mersenne, plate-forme support à l’édition académique en LaTeX hébergée par Mathdoc. L’accès aux données, et leur utilisation, que constituent les archives et les articles, est un enjeu que l’Insmi suit aux côtés de la Direction de l’information scientifique et technique (Dist) du CNRS.

Emploi scientifique, insertion des jeunes, l’Insmi a son rôle à jouer. Il est de sa responsabilité de veiller à la préservation du potentiel mathématique français en maintenant le nombre de postes aux concours CR à un niveau satisfaisant. L’Insmi compte sur le réseau de GDR thématiques pour contribuer à l’insertion des jeunes dans la communauté nationale des mathématiciens, les aider à s’orienter dans l’offre internationale de post-docs et les accompagner dans leur formation à tra-

Du côté du CNRS

vers workshops, écoles thématiques et conférences. Les appels à projets type Projets exploratoires premier soutien (PEPS) jeunes chercheurs que l’Insmi propose les aident à développer leurs projets scientifiques. La mobilité entre laboratoires contribue à la dissémination des idées et au dynamisme de notre école mathématique. La mobilité dans les affectations au moment des recrutements CR et du passage DR sera une stratégie affichée et volontariste de l’institut. L’Insmi encourage toujours la mobilité, qu’elle soit interne sur projet scientifique, ou externe, comme par exemple celle de nos CR vers la carrière de professeur.

C’est en travaillant en étroite collaboration avec les directeurs des Unités mixtes de recherche (UMR) de l’Insmi, ce socle sur lequel se construit la recherche mathématique, que je piloterai le navire Insmi. Il convient aussi de ne pas oublier le rôle crucial de nos IT dans nos laboratoires en support à l’activité de recherche. Si maintenir la barre est important, tout bon marin sait qu’il a besoin de ses voiles - la section 41 du comité national, le conseil scientifique de l’Insmi? et de son équipage, directeurs adjoints scientifiques, directeur adjoint administratif, chargés de mission, chargés d’études et d’administration scientifiques et assistantes. Enfin, je compte sur un dialogue fécond avec les sociétés savantes, avec les universités et les écoles qui abritent les mathématiciens, ainsi que les grands organismes avec lesquels ils collaborent. Et je nous souhaite à toutes et à tous une belle croisière!

Bilan de quelques actions de l’Insmi

Communiqué par Pascal Auscher
 Virginie Bonnaillie-Noël
 Jean-Stéphane Dhersin
 Clotilde Fermanian Kammerer
 Mathieu Lewin

Texte écrit par l’équipe de direction de l’Insmi en décembre 2017.

1 Délégations CNRS

Le CNRS finance chaque année 480 années de délégations qui sont partagées entre les dix instituts du CNRS. Bien qu’il soit le plus petit des dix instituts du CNRS, l’Insmi bénéficie d’un cinquième des délégations mises en jeu. En effet, la communauté mathématique est très universitaire et a donc davantage recours aux délégations que d’autres disciplines. C’est aussi un choix politique du CNRS de soutenir fortement les mathématiques par ces délégations.

| Année | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|--|-------|------|------|-------|
| Nb. de demandes | 285 | 256 | 248 | 253 |
| Nb. de personnes ayant obtenu 6 mois de délégation | 177 | 190 | 174 | 159 |
| Nb. de personnes ayant obtenu 1 an de délégation | 14 | 6 | 23 | 25 |
| Total des délégations Insmi (en année) | 102,5 | 101 | 110 | 104,5 |

Rappelons que l’étape finale de l’attribution des délégations se fait au niveau des " sites " et est arbitrée par son directeur scientifique référent (DSR). À l’issue de l’analyse des dossiers par les sections du comité national, les instituts se réunissent pour un premier arbitrage, puis le DSR dialogue avec les directions d’établissements.

Les dossiers sont évalués par les sections de l’institut dont relèvent les laboratoires d’affectation. L’expertise scientifique des dossiers effectuée par la section 41 du comité national est basée sur la liste de critères élaborée conjointement par le comité national et l’Insmi, liste qui est publiée sur le site de la section. Le projet scientifique est un élément déterminant de l’évaluation du dossier. Rappelons que les informations concernant les services faits lors des années précédentes, les décharges, les CRCT et les délégations auprès d’autres organismes de recherche (Inria par exemple) doivent apparaître clairement dans les dossiers de candidature. Enfin, concernant les accueils en UMI, il faut penser à se signaler auprès du

Du côté du CNRS

directeur adjoint scientifique en charge de l'international ; pour mémoire, un appel d'offre spécifique est envoyé aux laboratoires durant l'automne.

2 Postes de chercheurs invités et d'ingénieurs sur projets

Chaque année, lors des demandes de moyen effectuées par les unités, il est possible de demander des postes de chercheurs invités (autrefois appelé “postes rouges”). Ces postes permettent de faire venir dans nos unités (UMR, UMS, FR) des chercheurs venant de l'étranger qui sont embauchés sur un contrat à durée limitée d'une durée de 3 mois sur des postes de CR ou de DR. Ces demandes sont examinées par le comité national.

Dans ce cadre, à l'automne 2017, l'Insmi a reçu 44 demandes (36 demandes à l'automne 2016 et 44 en 2015) dont 4 demandes non recevables. Les dossiers scientifiques ont été évalués par le comité national et, comme en 2016 et en 2015, 16 de ces demandes ont été acceptées. Ces postes de chercheurs associés correspondent annuellement à 4 emplois à temps plein. À cela, il faut ajouter 18 mois concernant l'organisation des semestres à l'IHP, et autour de 2 années de chercheurs issus de nos UMI/LIA (2,5 en 2017, 1,5 en 2016). Au total, c'est 8 ETPT (“équivalent temps plein travaillé”) qui sont consacrés à ces invitations.

Par ailleurs, depuis cette année, l'Insmi propose des volants de 6 mois ou 1 an de CDD pour recruter des ingénieurs afin de mener à bien des projets de développement d'algorithme ou des projets de traitement de données. Là aussi, les demandes remontent lors de la demande de moyen de l'unité et sont analysées par le comité national. Dans ce cadre, à l'automne 2017, l'Insmi a reçu 9 demandes dont une hors cadre, deux émanant de la même unité, et deux demandes qui font également l'objet d'un autre processus d'attribution (Noemi, FSEP ou autre). Au final, c'est quatre CDD de 6 mois qui vont être lancés en retour.

3 Programmes Peps Jeunes Chercheur-e-s

L'Insmi a lancé en 2016 un Programme exploratoire premier soutien (PEPS) annuel dédié aux jeunes chercheurs et chercheuses, “jeunes” au sens où les lauréats ont soutenu leur thèse depuis moins de 7 ans (le délai étant augmenté d'une année par enfant en cas de congé de maternité ou d'adoption, et de la durée du congé pris en cas de congé maladie, paternité ou parental, ainsi qu'en cas de service national).

L'objectif est d'aider ces collègues à développer leur recherche, à nouer des collaborations en France ou à l'international et à amorcer ainsi des projets de plus grande ampleur pouvant mener à terme à un dépôt auprès d'une agence de moyens.

Durant ces deux années d’existence du programme, la situation a été très stable. Le montant global des projets déposés était d’environ 350 k€, celui des projets retenus autour de 170 k€ pour un total d’une cinquantaine de projets lauréats.

4 Programmes interdisciplinaires

En soutien à l’interdisciplinarité, l’Insmi s’associe à des actions montées avec les autres instituts et dans le cadre de la Mission Interdisciplinarité (MI) du CNRS. Globalement, on observe une faible pression du côté des mathématiques dans ces différents programmes et les collègues sont vivement encouragés à candidater.

Les appels d’offre sont relayés dans la lettre de l’Insmi ou sur le site internet. Les dossiers de candidature sont légers (4 à 6 pages) et nécessitent un faible niveau de détails. Les projets portés par des jeunes chercheurs sont très appréciés par les évaluateurs. Ces appels étant interdisciplinaires, les projets sont évalués par des experts de deux disciplines et il est donc important que la rédaction des projets soit faite en coordination avec tous les collègues impliqués dans le projet.

Typiquement, ces projets durent un ou deux ans, avec un budget annuel de 5 à 20 k€. Le budget peut être utilisé pour du fonctionnement et du matériel et ne permet donc pas de payer des salaires. Quelques subventions de stage de M2 sont néanmoins distribuées par la MI. Les crédits sont versés directement dans les laboratoires et doivent être dépensés au cours de l’année civile.

Chaque année, deux programmes sont lancés en juillet au moment des demandes de moyens des unités. Il s’agit de deux appels à projets impliquant l’Insmi et l’Institut National des Sciences de l’Univers (INSU) :

- **Tellus** (depuis 2016) :
Modélisation de la surface terrestre, fluides géophysiques, astronomie.
57 k€ distribués en 2016 et 36 k€ en 2017.
- **Manu** (chaque année depuis 5 ans), dans le cadre du programme LEFE (Les Enveloppes Fluides et l’Environnement) :
Méthodes mathématiques et numériques, fluides et environnement.

Les autres appels à projets sortent entre septembre et janvier de l’année suivante. Ils couvrent différentes interfaces. L’un d’entre eux, le **Défi Infiniti** recouvre des aspects de modélisation et concerne donc tout particulièrement les mathématiciens. En 2016 et 2017, l’Insmi a été plus particulièrement impliqué par les appels suivants :

- **Défi S2C3** - Comportements humains collectifs (1 projet en 2016 porté par des membres de laboratoires de l’Insmi, 2 projets en 2017) ;
- **Défi Littoral** (3 projets en 2016), pas d’appel d’offre en 2017 ;
- **Défi Imag’in** (3 projets Insmi en 2016, 1 projet en 2017) ;

Du côté du CNRS

- **Défi Mastodons** sur les données massives (1 projet Insmi en 2016, 4 projets en 2017) ;
- **Défi Infiniti** (5 projets Insmi en 2016, 10 projets en 2017) ;
- **Peps MPI** - Modélisation des processus infectieux (1 projet Insmi en 2017) ;
- **Peps Energie** (1 projet en 2017).

Enfin, l’Insmi a eu deux lauréats du programme *Osez l’interdisciplinarité!* en 2017. Cet appel d’offre lancé cette année vise à soutenir les chercheurs CNRS désireux de faire une reconversion thématique dans un cadre interdisciplinaire.

L’enveloppe totale correspondant à ces projets est d’environ 235 k€ en 2017 (contre 134 k€ en 2016).

Les **Peps de site**, cofinancés par le CNRS et les sites, ont pris fin en 2016. L’interdisciplinarité a souvent été utilisée comme source et force de structuration scientifique du site et les dossiers déposés ont reçu une évaluation externe puis une évaluation conjointe par le site et le CNRS. Dans ce cadre, en 2016, une quinzaine de projets impliquant des membres de laboratoire relevant de l’Insmi ont été sélectionnés pour un montant total de 195 k€.

Du côté d'INRIA

Communiqué par Pascal Bruel (responsable de l'EPI Cagire)
Angelo Iollo (responsable de l'EPI Memphis)
Mario Ricchiuto (responsable de l'EPI Cardamom)
Olivier Saut (responsable de l'EPI Monc)

Dans cette première édition de la nouvelle rubrique "Du côté d'Inria", quatre équipes-projets du centre de recherche Inria Bordeaux — Sud-Ouest présentent leurs recherches et leurs collaborations avec le monde industriel.

1 Équipe-projet Cagire

L'équipe-projet Cagire (<http://www.inria.fr/equipes/cagire>) — commune à Inria, au CNRS et à Université de Pau et des Pays de l'Adour — a été bâtie autour de l'idée que l'une des clés du développement des systèmes propulsifs (aéronautiques ou automobiles) et des systèmes de production énergétique du futur réside dans le recours à des outils de simulation agile de dynamique des fluides turbulents reposant sur une approche adaptative h-m-p qui se distingue des approches h-p classiques par l'hybridation des modèles physiques au sein d'une même plateforme de simulation. Même si différentes méthodes de simulation (DNS¹) et de modélisation de la turbulence (LES², RANS³, hybrides RANS/LES comme l'approche HTLES⁴) sont disponibles et ont été considérablement améliorées au fil du temps, aucune d'entre elles ne satisfait et ne satisfera tous les besoins rencontrés dans telle ou telle configuration industrielle ou environnementale. Le projet Cagire part donc du principe que toutes ces méthodes seront utiles à l'avenir dans différentes situations ou régions de l'écoulement considéré et qu'il faudra alors être capable de combiner, au cours d'une même simulation, l'ensemble de ces méthodes de manière à profiter de leurs avantages respectifs et de la compensation mutuelle de leurs limitations. On aboutit ainsi à une description de la turbulence à des échelles très variables dans le domaine de calcul, d'où la dénomination de simulations multi-échelles. Cependant, un travail considérable est nécessaire pour 1) établir le comportement des différents modèles de turbulence discrétisés par des méthodes d'ordre élevé et 2) déterminer des critères de choix de basculement entre modèles, similaires aux évaluations d'erreur utilisées en raffinement automatique

1. Direct Numerical Simulation
2. Large Eddy Simulation
3. Reynolds Averaged Navier–Stokes
4. Hybrid Temporal Large Eddy Simulation

Du côté d'INRIA

de maillage, mais basés sur la physique des écoulements. Par exemple, le mode RANS pourra s'étendre sur l'ensemble des régions où la turbulence est suffisamment proche de l'équilibre.

On peut également imaginer que des critères de stabilité hydrodynamique puissent conduire à basculer localement de LES en DNS pour être capable de résoudre avec une précision suffisante les modes instables qui jouent un rôle dans la dynamique de la turbulence à petite échelle. La spécificité de l'ADN de l'équipe-projet Cagire tient dans le dialogue permanent et l'unité de lieu entre activités de modélisation, de simulation HPC et d'expérimentation (avec le banc d'essai Maveric) qui sont indispensables à la réussite d'une telle entreprise. Cet objectif de mise au point d'une approche de simulation agile d'écoulements turbulents a émergé grâce à l'expérience acquise par les membres de l'équipe au cours de leur participation passée et présente à de nombreux programmes européens (KIAI, WALLTURB, IMPACT-AE, SOPRANO) ainsi qu'aux partenariats directs noués avec des industriels des secteurs concernés (AD-Industrie, EDF, Safran, PSA). Les axes clés du développement des systèmes industriels du futur ont ainsi été identifiés et les problématiques génériques pertinentes du point de vue scientifique en ont été extraites pour servir de support au développement de l'activité de l'équipe. Ce choix méthodologique a été motivé par le désir de conduire une activité de transfert aussi efficace que possible tout en maintenant clairement une nette distinction entre ce qui relève des compétences du chercheur et celles liées au développement de produits au sein des compagnies industrielles évoluant dans des secteurs fortement concurrentiels et stratégiques. Un exemple de secteur concurrentiel et en constante évolution est celui de la propulsion aéronautique, qui est l'un des domaines applicatifs visés. Celui-ci est en effet soumis à des normes de plus en plus restrictives en ce qui concerne la production d'espèces polluantes. La vision européenne dans ce domaine pour les trente prochaines années ("ACARE Flightpath 2050") intègre d'ores et déjà le besoin impérieux de développer des systèmes propulsifs toujours plus innovants. Le grand changement en cours dans les pratiques de conception tient au recours de plus en plus massif et précoce à la simulation numérique en lien avec l'emploi de plus en plus fréquent de nouvelles technologies de fabrication additive. Ces "process" critiques font l'objet de développements constants et d'investissements importants. La complexité des configurations industrielles et les coûts de calcul des différentes méthodes de simulation disponibles font donc que l'avenir de la CFD⁵ industrielle passe à terme par le développement en amont d'une méthodologie de simulation agile d'écoulements turbulents qui, en fonction de la physique locale, adapte son échelle de résolution d'un extrême à l'autre du spectre de fluctuations spatiotemporelles (typiquement de l'échelle de Kolmogorov à l'échelle intégrale, c'est-à-dire de la DNS au RANS). Les nombreuses méthodes hybrides RANS/LES développées ces dernières années vont bien dans cette direction mais elles se heurtent, dans leur application industrielle, à plusieurs problèmes : les

5. Computational Fluid Dynamics

méthodes numériques mises en oeuvre dans les codes industriels actuels, favorisant essentiellement la stabilité, ne sont pas adaptées aux exigences de précision des calculs LES, et, à plus forte raison DNS ; les résultats dépendent énormément des choix (zonage, raffinements locaux) faits par l'utilisateur, qui se base sur sa connaissance a priori des propriétés locales de l'écoulement ; la précision de la discrétisation (convergence en maillage, notamment) ne peut être assurée, ni même simplement évaluée de manière satisfaisante. C'est pourquoi il est nécessaire, pour les années à venir, de développer de manière parallèle et concertée des méthodes de modélisation hybride et de discrétisation flexibles et adaptatives. Selon l'équipe-projet, à moyen ou long terme, une simulation industrielle devrait s'appuyer sur une variabilité de modèle (adaptation m) couplée à des méthodes numériques à précision localement variable. Il faudrait donc satisfaire à la fois à des exigences de précision d'une résolution à microéchelle (ordre élevé, i.e. adaptation p, évaluation d'erreur, raffinement automatique, i.e. adaptation h) et les exigences de stabilité et de coût optimisé d'une résolution à macroéchelle (ordre faible, évaluation d'erreur, raffinement ou "déraffinement"). Pour que la méthode puisse réellement être considérée comme transférable vers l'industrie, l'adaptation locale du modèle physique et de la méthode numérique doit se faire avec une intervention minimale de l'utilisateur, en se basant sur une combinaison de critères pertinents, de nature physique (évaluation au cours du calcul des propriétés locales de l'écoulement) et mathématique (évaluation d'erreur). Avant d'en arriver à ce stade ultime, il est nécessaire de concevoir et de mettre en place chaque brique élémentaire de modélisation physique, de développer les schémas numériques appropriés, de lever les verrous liés au développement des différents couplages nécessaires, d'être capable d'exploiter les nouvelles architectures hétérogènes de calcul et enfin, de tester de manière rigoureuse la qualité prévisionnelle des résultats obtenus sur des configurations d'écoulements pertinentes.

2 Équipe-projet Cardamom

L'équipe-projet Cardamom (<http://www.inria.fr/equipes/cardamom>) — commune à Inria, à l'université de Bordeaux et à Bordeaux INP — s'intéresse au développement de modèles numériques pour la mécanique des fluides, avec une attention particulière portée aux applications nécessitant le suivi, la capture, ou la modélisation de fronts complexes. L'équipe développe des modèles aux équations aux dérivées partielles, ainsi que des schémas numériques robustes et d'ordre élevée. Cardamom développe en particulier de méthodes non classiques dites "residual distribution", permettant l'utilisation de maillages non structurés adaptatifs et mélangeant des propriétés et des idées venant à la fois des éléments finis (continus) stabilisés et des volumes finis, et avec une approche originale pour stabiliser des discontinuités. Cardamom développe aussi des outils d'adaptation de maillage performants, garantissant une approximation efficace de fronts en mouvement, et des méthodes de quantifications des incertitudes.

Du côté d'INRIA

Une des applications au coeur des travaux de l'équipe est l'étude du givrage des ailes d'avion ainsi que des technologies de dégivrage/antigivrage. Ce phénomène peut avoir un impact désastreux sur les performances aérodynamiques de l'avion, et pire encore constituer un vrai danger pour la sécurité pendant le vol, comme malheureusement vu dans des accidents récents comme par exemple le vol AF447 Rio de Janeiro–Paris de 2009. Le coût des campagnes expérimentales pour ce type de problématiques est tel que le recours à des simulations est indispensable. Dans ce cadre, la possibilité de modéliser et capturer la croissance du givre, ainsi que les trajectoires des blocs de glace pour faire des estimations de risque d'impact, est fondamentale. Le développement de ce type d'outils numériques était par exemple au coeur de projets comme le FP7-STORM (www.fp7-storm.eu, coordonné par SAFRAN) auquel l'équipe-projet a participé. D'ultérieures collaborations avec ONERA ainsi qu'avec plusieurs industriels du domaine (SAFRAN, AIRBUS, etc) sont en cours.

Une autre application au coeur de l'activité de Cardamom est la simulation d'écoulements à surface libre, par exemple pour l'évaluation des risques côtiers. Les directives en matière de gestion du littoral (par ex. le Guide méthodologique de 2014 de la direction générale de prévention de risques du ministère de l'écologie, du Développement durable, et de l'énergie) prévoient des risques qui dépassent les méthodes le plus traditionnelles de modélisation de la submersion. Les inondations de ce début d'année, ainsi que d'autres liées à des tempêtes comme Xynthia en 2010, montrent l'importance de pousser ces prévisions à l'échelle d'une ville. Cela est aujourd'hui envisageable grâce à l'existence de données à très haute résolution (modèle numérique de terrain et d'élévation), ou de cartes des agglomérations urbaines via des plates-formes comme OpenStreetMap (www.openstreetmap.org, pour la France données disponibles aussi sur www.data.gouv.fr). Si ces données permettent des prévisions à l'échelle urbaine, les résolutions nécessaires mènent à des temps de calcul tellement importants que cela limite leur utilisation dans un cadre opérationnel. Les activités de Cardamom se placent dans ce contexte pour développer des outils de prévision de la submersion parallèles, adaptatifs, robustes et précis.

Enfin le développement d'outils performants pour la quantification des incertitudes en mécanique des fluides est un sujet de grande actualité. Cardamom a proposé un certain nombre de méthodes et de libraires qui font l'objet de nombreux partenariats et collaborations avec des industriels dans des domaines différents (ASL, CNES, CEA et d'autres). Le succès de ces activités permet désormais d'envisager la création d'une équipe entièrement dédiée à ce sujet.

2.1 Collaborations en modélisation des écoulements surface libre

Plusieurs aspects des activités de l’équipe ont mené à des interactions avec EDF. Un des thèmes développés initialement est l’amélioration des schémas de transport dans la plate-forme open source Telemac (www.open-telemac.org). Plusieurs des nouvelles release de Telemac permettent désormais d’utiliser les schémas "residual distribution" de Cardamom. Cette activité continue pour améliorer ultérieurement la robustesse du code en présence de bacs découvrant. D’autres activités actuellement en cours sont liées à l’utilisation dans Telemac de techniques de déformation adaptative de maillage. Un certain nombre de travaux en commun ont aussi été menés dans le projet TANDEM (www-tandem.cea.fr). Il s’agit en particulier d’activités visant le développement et l’évaluation de méthodes de simulations de tsunamis sur maillages non structurés adaptatifs, avec applications à de cas réels comme l’évènement qui a frappé le Japon en 2011.

Un partenariat avec la PME allemande BGS IT&E a permis de développer une plate-forme de simulation qui couple de modèles de pluie, avec une représentation à très fine échelle d’une ville sur laquelle les équations de Saint-Venant sont résolues de manière couplée avec un sous-modèle prenant en compte le réseau des égouts et toutes les structures urbaines. Les résultats obtenus avec ce modèle ont été validés avec des données historiques dans les régions simulées et ensuite présentées à la population à l’occasion d’exposés visant la sensibilisation aux risques d’inondation.

UHAINA est un projet de moyen/long terme mené par Cardamom, le laboratoire EPOC (UMR 5805), l’institut de mathématiques de Bordeaux (UMR 5251) et l’institut montpellierain Alexander Grothendieck (UMR 5149) dont l’objectif est de fournir aux acteurs français impliqués dans l’évaluation du risque côtier un outil de prévision. Cet outil utiliserait les modèles et les techniques numériques les plus modernes, ainsi qu’une implémentation haute performance s’appuyant sur des bibliothèques développées chez Inria. Cette plate-forme suscite déjà des collaborations directes avec les acteurs de la communauté ciblée (par ex. le BRGM, ou le centre rivages pro tech de SUEZ), et sera un moyen naturel de valoriser les développements scientifiques de l’équipe.

2.2 MMG : une plate-forme de remaillage open source pluridisciplinaire

MMG (www.mmgttools.org) est une plate-forme de remaillage distribuée avec une licence LGPL codéveloppée par Cardamom, l’UPMC, et le CNRS de Grenoble. MMG réunit des logiciels dédiés au remaillage bidimensionnel, 3D surfacique et 3D volumique. Ces logiciels permettent entre autres :

- de générer un maillage 2D à partir des segments de la frontière du maillage ;

Du côté d’INRIA

- d’améliorer la qualité des éléments d’un maillage et l’approximation de la géométrie sous-jacente ;
- d’adapter un maillage à une carte de taille isotrope ou anisotrope ;
- de discrétiser explicitement une isovaleur donnée d’une fonction (par ex. isovaleur 0 de la fonction distance signée).

La plate-forme MMG est utilisée à la fois dans le milieu académique et par de grands groupes industriels. Depuis 2017, le consortium open source MMG, hébergé par l’action InriaSoft de la fondation Inria permet de financer en partie :

- la stabilisation, la pérennisation et les développements ingénieurs au sein de la plate-forme ;
- l’animation de la communauté open source de la plate-forme.

En échange de leur adhésion, les membres du consortium peuvent participer aux conseils du consortium qui décident de la répartition des ressources du consortium et de la feuille de route des ingénieurs de la plate-forme.

3 Équipe-projet Memphis

Les méthodes développées par l’équipe-projet Memphis (<http://www.inria.fr/equipes/memphis>) — commune à Inria et à l’université de Bordeaux — permettent de simuler des phénomènes multiphysiques complexes par une modélisation appropriée, une représentation automatique et implicite de la géométrie, des schémas cartésiens hiérarchiques et des simulations parallèles. Les schémas hiérarchiques cartésiens permettent la solution multi-échelles de PDE sur des maillages non adaptés au corps avec une réduction drastique des coûts de calcul. Ces méthodes sont facilement parallélisables et peuvent être mises à l’oeuvre sur des architectures de calcul performantes. Ils évitent de s’occuper de la génération du maillage, une tâche prohibitive lorsque les bords se déplacent et que la topologie est complexe et non stationnaire. L’expérience industrielle et les pratiques courantes montrent que la génération de maillage représente environ 20 % du temps total d’analyse, alors que la création d’une géométrie spécifique à une simulation nécessite environ 60 %, et que seulement 20 % du temps total est réellement consacré à l’analyse. Même si le problème du maillage peut être abordé aujourd’hui grâce à de puissants générateurs de maillage et des partitionneurs de maillage pour le parallèle, le maillage représente toujours une grave difficulté, en particulier lorsqu’il s’agit de traiter des géométries très complexes dont la topologie peut varier. Memphis se consacre à la conception de schémas qui simplifient l’approximation numérique des problèmes impliquant des objets instationnaires complexes et des phénomènes physiques multi-échelles. L’approche développée par l’équipe combine l’application précise des conditions limites non adaptées avec des grilles adaptatives octree et oversets. L’idée de base est d’utiliser un maillage octree/overset pour l’approximation de la solution, tandis que la géométrie est décrite par des

fonctions de niveau et que les conditions limites sont imposées à l'aide de méthodes d'interpolation appropriées.

Paralléliser et repenser massivement les schémas numériques permettra de résoudre des problèmes inédits en physique et de prévoir de nouveaux phénomènes grâce à la simulation. Cependant, dans les applications industrielles, des réponses rapides en ligne sont nécessaires pour la conception et le contrôle. Les modèles d'ordre réduit (ROM) sont des modèles mathématiques simplifiés dérivés de l'ensemble des PDE régissant la physique du phénomène d'intérêt. Avec les ROM on négocie la précision pour la vitesse et l'évolutivité, et on contrecarre la malédiction de la dimension en réduisant significativement la complexité informatique. Les ROM représentent un élément de base idéal pour les systèmes avec des exigences de temps réel, comme pour les systèmes interactifs d'aide à la décision qui offrent la possibilité d'explorer rapidement différentes alternatives. Avec les ROM basés sur les données, il est possible de réaliser une convergence entre l'approche "données" et l'approche "simulation à la modélisation". Dans ce contexte, Memphis étudie en premier lieu les moyens optimaux de créer un échantillonnage de la solution grâce aux simulations numériques réalistes réalisées dans l'équipe. Ensuite, l'équipe se focalise sur l'étude d'approches de classification de l'espace des solutions pour partitionner de manière efficace l'espace des paramètres. Des progrès réels seront ainsi réalisés dans la représentation réduite des phénomènes où l'advection ou le transport dans un espace physique ou paramétrique jouent un rôle prédominant. L'autre point essentiel au coeur des recherches menées est la certification des solutions obtenues par ROM afin de garantir la précision de la simulation numérique. Cette approche combinée, basée sur une phase d'apprentissage et une de modélisation numérique fine, permettra de garantir à la fois la précision des résultats du modèle réduit et, par ailleurs, d'intervenir sur la phase d'apprentissage enrichissant la base de données pour améliorer la précision là où cela est nécessaire. L'objectif final est la conception de méthodes automatiques et certifiées pour extraire un modèle réduit des énormes masses de données de simulation aujourd'hui exploitables.

3.1 Collaboration avec Valeol, une filiale de Valorem

Coordonné par l'université de Bristol, Aérogust (Aeroelastic Gust Modeling) financé par le programme Horizon 2020, réunit douze partenaires académiques et industriels de différents pays. L'objectif du projet est de travailler sur la modélisation des effets des rafales de vent sur les ailes des avions et les pales d'éolienne. L'équipe-projet Memphis et la société Valeol, une filiale de la société Valorem, un entrepreneur d'éoliennes en Nouvelle-Aquitaine, collaborent pour développer un code de calcul 3D modélisant l'écoulement de l'air autour de la pale d'éolienne. Dans ce cadre, ils mettent en place une campagne expérimentale permettant de recueillir des mesures détaillées de la déformation du vent, de la déformation des pales et des prises de pression des pales. Les objectifs de ce travail expérimental

Du côté d'INRIA

sont de calibrer les modèles numériques et d'utiliser des données réelles pour mieux comprendre les déformations de la pale. En effet, très peu de données expérimentales des éoliennes sont accessibles à la fois avec la géométrie, le modèle structural et la mesure sur la pale; et aucun d'entre eux ne corrèle ces mesures avec des rafales en amont provenant des turbines. Les données suivantes sont collectées sur une éolienne située à Plougras (Bretagne, France).

3.2 Transfert de compétences avec la start-up SMechH

La simulation numérique est née dans l'industrie aéronautique et aérospatiale où le coût de fabrication d'un prototype est extrêmement élevé. Il était alors indispensable d'avoir des outils capables de tester la qualité d'un profil d'aile, en termes de traînée et de portance par exemple, avant de la concevoir et de l'intégrer à un avion. En aérospatiale, il est par exemple très coûteux de tester des prototypes de satellites en environnement réel. Les équipes de recherche se sont alors intéressées à des outils numériques capables de reproduire ces phénomènes physiques (écoulement de gaz, de fluide, déformation de structure, etc.) afin de simuler ces tests. Ces mêmes méthodes sont maintenant très répandues dans l'automobile, dans l'énergie... et permettent de diminuer drastiquement les coûts et d'augmenter les performances des avions, des voitures, des éoliennes, de diminuer le nombre de forages pour trouver du pétrole...

L'équipe-projet de recherche Memphis d'Inria Bordeaux — Sud-Ouest, dont est issu Florian Bernard, porteur du projet entrepreneurial SMechH, travaille sur ces questions intéressant les secteurs aéronautique et spatial. Ils sont en demande de nouvelles méthodes de simulation pour pousser encore plus loin l'innovation, notamment grâce à une diminution des coûts y afférant. Disposant d'outils de simulation numérique multiphysique développés au sein de l'équipe Memphis, le centre a étudié la possibilité de création d'une start-up pour servir ses objectifs de transfert des technologies développées. Il s'est avéré que malgré le besoin réel des secteurs aéronautique et spatial, les méthodes d'intégration des technologies, les délais d'engagement et d'achat de ces groupes, ainsi que leur nombre limité, rendent difficile une voie de valorisation sur le modèle start-up dans ces secteurs.

La rencontre avec un concepteur d'implants chirurgicaux lors d'un forum a donné une nouvelle direction au projet. Cette impression d'avoir découvert un marché encore inexploité et au très fort potentiel s'est confirmée grâce à la multiplication des rencontres avec les professionnels du secteur des implants de chirurgie de reconstruction (posés suite à des accidents ou des maladies). Aujourd'hui des implants standards sont utilisés par les chirurgiens pour opérer leurs patients. Cependant, le recours à des implants standards peut avoir des conséquences néfastes, atteignant la plupart du temps le confort du patient, et dans certains cas entraîner sa mort. Ces difficultés sont généralement causées par la mise en place d'implants

inadaptés à sa morphologie. La survenue d’événements indésirables induit généralement des chirurgies correctrices ou encore rend les dispositifs inefficaces. Jusqu’à aujourd’hui la personnalisation n’est pas possible sans augmenter les coûts de fabrication d’implants déjà très coûteux. Le secteur évolue toutefois avec l’arrivée des imprimantes 3D qui permettent une fabrication rapide et sur mesure de ces dispositifs à des coûts se rapprochant d’une fabrication en série. Il y a encore tout à construire pour répondre au challenge de la personnalisation des implants.

La future start-up a pour ambition de continuer à développer et de commercialiser, auprès de ses futurs clients "fabricants d’implants pour la chirurgie de reconstruction", des logiciels utilisant la simulation numérique comme outil de personnalisation d’implants médicaux sur mesure. Par la simulation de la pose du dispositif médical entre les différentes couches de tissus du patient, nous rendrons possible le fait de prédire les performances du dispositif et donc de le concevoir spécifiquement pour chaque patient. SMechH travaille également avec des chirurgiens qui seront les utilisateurs finaux de ses produits.

Aujourd’hui le développement d’une interface graphique permettra une utilisation simple et intuitive des codes de calculs. Pour cela, un développeur logiciel, ayant l’expérience des logiciels pour le médical, a rejoint l’équipe. Le logiciel final permettra une conception rapide et personnalisée de l’implant mais également la possibilité de lui fournir différentes informations aidant au choix de l’implant. Dans un premier temps, nous nous orientons sur des applications dans le cardiovasculaire où différentes problématiques pré et postopératoires ont été identifiées et où un écho favorable a été trouvé auprès de différents chirurgiens.

Le projet SMechH est aujourd’hui suivi par l’incubateur régional d’Aquitaine et devrait donner le jour à la start-up Nurea dans les semaines à venir.

4 Équipe-projet Monc

L’objectif principal de la recherche de l’équipe-projet Monc (<http://www.inria.fr/equipes/monc>) — commune à Inria, au CNRS et à Bordeaux INP — est de développer de nouveaux outils numériques à destination des biologistes et médecins en couplant des modèles mathématiques du cancer et des données de suivi. Monc essaie de répondre à des défis posés par les cliniciens et expérimentateurs : améliorer la compréhension de la biologie du cancer et de la pharmacologie, faciliter le développement de nouvelles thérapies innovantes ou développer des outils d’aide à la décision personnalisés pour chaque patient, pour la surveillance de la maladie ou pour évaluer précocement l’efficacité des thérapies.

La recherche est orientée selon trois axes. Le premier concerne la modélisation du cancer pour les études biologiques ou précliniques pour étudier les mécanismes

Du côté d'INRIA

responsables de l'évolution de la maladie, de la dissémination métastatique ou les interactions entre médicaments. Le deuxième axe est dédié à la modélisation biophysique de thérapie comme l'électroporation étudiée de l'échelle cellulaire à l'échelle tissulaire, ou encore la radiothérapie adaptative. Le dernier axe traite de modélisation clinique en vue de simulations personnalisées par patient. Il vise à aider le suivi de la maladie en fournissant aux médecins de nouveaux indicateurs issus principalement des données d'imagerie, en construisant un modèle mathématique spécifique à chaque patient à partir de l'historique de sa maladie.

Les recherches de l'équipe-projet sont basées sur des modèles construits en étroite collaboration avec des biologistes et des médecins à l'aide de systèmes d'équations aux dérivées partielles. Ces modèles sont construits à partir des données disponibles pour pouvoir être validés et calibrés. Monc essaie donc de produire, à partir de connaissances biologiques ou médicales, des modèles le plus simples possible permettant d'exploiter l'information clinique de routine pour avoir le moins possible de paramètres à déterminer pour chaque patient. Typiquement, les données utilisées proviennent du suivi des patients en imagerie (scanners, IRM) ou des mesures expérimentales (signal GFP) pour les recherches précliniques. Ces modèles sont résolus numériquement de façon efficace en utilisant des techniques avancées de calcul scientifique. Des méthodes innovantes d'assimilation de données ou de résolution de problème inverse sont nécessaires pour calibrer un modèle sur chaque patient, ce qui revient, par exemple, à déterminer, à l'aide de ses examens passés d'imagerie, les paramètres du modèle permettant de reproduire l'évolution observée. On peut ensuite utiliser le modèle pour faire des prédictions de l'évolution de la maladie. L'équipe travaille la plupart du temps sur des cohortes de plusieurs dizaines de patients. Pour ne pas négliger d'information non prise en compte dans les modèles (comme des signatures génétiques) et tirer parti des informations de population, Monc utilise également des méthodes d'apprentissage statistique couplées à des modèles mathématiques ou directement à nos outils d'analyse d'image. L'objectif est alors par exemple pour un patient d'estimer le risque de rechute ou sa réponse finale probable à une thérapie en se servant des premières séances. Suivent trois exemples représentatifs de la recherche de l'équipe Monc.

4.1 Suivi de l'évolution de méningiomes (collaboration avec le CHU Bordeaux)

Les méningiomes sont des tumeurs intracrâniennes dont la croissance peut être difficile à évaluer. En collaboration avec le CHU de Bordeaux, l'équipe-projet Monc a dérivé un modèle EDP 3D pour prédire la croissance de la lésion de chaque patient en utilisant la séquence d'image du suivi initial.

La validation de l'approche a donné des résultats très satisfaisants sur une cohorte de 58 patients du CHU Bordeaux. à l'aide du modèle spatial personnalisé, le mé-

decin a une meilleure estimation de la vitesse de croissance de la lésion, des zones qu'elle va compresser, ce qui peut lui permettre de mieux planifier une intervention chirurgicale ou par radiothérapie si la localisation de la lésion le permet.

4.2 Électroporation irréversible de tumeurs du foie (collaboration avec le CHU J. Verdier, Bondy)

L'électroporation irréversible (IRE) consiste à appliquer, à l'aide d'électrodes, des impulsions courtes de haut voltage aux cellules tumorales pour endommager la membrane cellulaire sans effets thermiques. C'est une alternative intéressante aux techniques d'ablation non chirurgicales pour les tumeurs profondes localisées près d'organes vitaux ou des vaisseaux importants. Cependant, après l'intervention, la zone effectivement traitée est difficile à évaluer et le radiologue doit attendre quelques semaines pour avoir une bonne estimation du résultat de l'ablation. Grâce à un modèle mathématique de la thérapie, l'équipe-projet Monc essaie de fournir une meilleure réponse à cette question dès la fin de l'intervention.

4.3 Étude du protocole combinant bevacizumab et cytotoxiques scheduling dans des souris modèles NSCLC (collaboration avec SmartC et AP-HM)

L'administration concomitante du bevacizumab et de cisplatine est un traitement courant pour un type de tumeur primitive du poumon. La renormalisation vasculaire qui suit l'administration de bevacizumab peut améliorer de façon transitoire l'efficacité de la délivrance de médicament, ce qui suggère une administration séquentielle plutôt que simultanée. Pour rechercher le protocole optimal, l'équipe-projet Monc a mené une étude préclinique sur des souris modèles de la maladie. Des expériences ont d'abord confirmé cette amélioration de l'efficacité par une administration séquentielle de bevacizumab et chimiothérapie. En combinant ces données avec un modèle mathématique d'évolution tumorale sous thérapie qui tient compte de l'effet de renormalisation vasculaire, l'équipe a déterminé qu'un écart de 2,8 jours entre les deux administrations serait optimal. Cette prédiction a été confirmée expérimentalement avec une croissance réduite de 38 % par rapport à une administration concomitante et une survie prolongée (74 jours au lieu de 70 jours). Cette augmentation de l'efficacité n'est pas observée avec d'autres séquences très différentes, cela montre l'intérêt de la modélisation pour déterminer de meilleurs protocoles thérapeutiques. Un modèle pourrait même permettre de déterminer pour la clinique des protocoles adaptés à chaque patient pour maximiser l'efficacité de la combinaison antiangiogéniques/chimiothérapie.

SMAI Members: **JOIN SIAM**[®]

AT A 30% DISCOUNT!

If you live outside the United States, join SIAM as a reciprocal member and become part of our international and interdisciplinary community of educators, practitioners, researchers, and students from more than 100 countries working in industry, laboratories, government, and academia.

SIAM OFFERS YOU:

- Subscriptions to *SIAM News* and *SIAM Review*
- Discounts on SIAM books, journals, and conferences
- Eligibility to join SIAM activity groups
- SIAM Unwrapped (member e-newsletter)
- The ability to nominate two students for free membership
- Eligibility to vote for or become part of SIAM leadership
- Eligibility to nominate or to be nominated as a SIAM Fellow

GO TO WWW.SIAM.ORG/JOINSIAM
TO JOIN ONLINE AS A RECIPROCAL
MEMBER AND RECEIVE A 30% DISCOUNT.



JOIN TODAY

www.siam.org/joinsiam

SOCIETY for INDUSTRIAL and APPLIED MATHEMATICS

3600 Market Street, 6th Floor, Philadelphia, PA 19104-2688 USA
Phone: +1-215-382-9800 · Fax: +1-215-386-7999 · membership@siam.org · www.siam.org

Une cartographie de la communauté mathématique française

Communiqué par Maxime Chupin

Jean Dolbeault

Maria J. Esteban

Mathieu Lewin

CEREMADE, CNRS & Université Paris-Dauphine

Résumé

Cette étude tente de dresser une cartographie thématique des mathématiques universitaires en France, définies ici comme l'ensemble des électeurs des deux sections CNU 25 et 26. Basée sur les publications référencées dans MathSci-Net et la classification MSC, elle met en évidence la répartition des forces entre les différents domaines de recherche, et compare ces résultats avec le découpage en deux sections CNU. L'approche retenue permet aussi de déterminer la part des chercheurs et enseignants-chercheurs travaillant sur les « applications des mathématiques » et de réaliser une cartographie similaire pour les recrutements des CR au CNRS pendant la période 2005–2016.

1 Introduction

La communauté mathématique française est très unie dans son fonctionnement, ce qui est un réel atout pour sa visibilité et sa vitalité. Mais, du point de vue scientifique, il faut bien admettre qu'elle est très diverse, et parfois un peu compartimentée. Quelle est la répartition thématique des recherches en mathématiques ? Quelle est la proportion des mathématiciennes et mathématiciens qui ont une activité conséquente dédiée aux « applications des mathématiques » ?

Cette étude tente de dresser une cartographie thématique des mathématiques universitaires françaises. Nous avons cherché à savoir quels sont les équilibres existants entre les différentes thématiques, et à comparer ces résultats avec le découpage en deux sections du *Conseil National des Universités*, la section CNU 25 *Mathématiques* et la section CNU 26 *Mathématiques appliquées et applications des mathématiques*. Nous avons aussi cherché à identifier les mathématiciennes et mathématiciens qui travaillent sur les « applications des mathématiques », en un sens qui sera discuté plus bas et qui ne coïncide pas nécessairement avec le découpage

Une cartographie de la communauté mathématique française

en deux sections CNU. Dans la dernière section, nous mettons finalement ces résultats en regard des recrutements de *Chargés de Recherche* (recrutements CR) par la Section 41 *Mathématiques et interactions des mathématiques* du CNRS depuis 2005.

Les résultats présentés ci-dessous fournissent des données inédites (malheureusement parcellaires) sur notre communauté scientifique. Ils soulèvent un certain nombre de questions qui appellent à la poursuite de l'étude, éventuellement avec des outils différents. Pour nourrir les réflexions, nous avons essayé de relever autant que possible les biais, les limitations et les problèmes méthodologiques que soulèvent les données et leur analyse.

Remerciements. *Nous remercions tous ceux qui se sont donnés la peine de relire ce texte et avons essayé d'intégrer de manière constructive leurs remarques. Nous avons été très sensibles aux encouragements qui nous sont parvenus.*

2 Une cartographie des sections CNU 25 et 26

2.1 Qu'est-ce qu'un mathématicien universitaire en France ?

Lorsque nous avons commencé cette étude, une première difficulté a été de définir précisément le groupe de personnes à étudier. Il semble difficile de considérer tous les mathématiciens français, y compris ceux qui exercent une activité dans l'industrie, car il ne serait pas aisé de donner une définition à la fois claire et incontestable, ni *a fortiori* d'avoir une liste de ces acteurs. Nous avons tout d'abord décidé de restreindre notre étude aux chercheurs et enseignants-chercheurs travaillant dans un établissement public d'enseignement supérieur ou de recherche. Mais même cette définition n'est pas pour autant facile à traduire de manière concrète.

Nous disposons d'un excellent annuaire sur le site internet www.emath.fr, géré par le service Mathrice (GDS no 2754) au CNRS, et qui recense plus de 5000 personnes. Quelques tests préliminaires ont toutefois révélé que les données de cet annuaire sont très hétérogènes. Certains laboratoires y ont déclaré tous leurs membres, y compris les post-doctorants, les thésards, les personnels administratifs et mêmes les visiteurs étrangers, alors que d'autres se contentent d'y inclure leurs chercheurs et leurs enseignants-chercheurs. Par ailleurs, certains laboratoires non directement affiliés au CNRS ou à Inria n'y sont pas référencés (comme le CERMICS à l'École des Ponts).

Nous avons donc décidé de nous limiter à la dernière liste officielle des **électeurs des deux sections CNU 25 et 26**, qui date de 2015 et regroupe **3278 personnes**, dont 1411 en section CNU 25 (43 %) et 1867 en section CNU 26 (57 %). Cette liste a de nombreux défauts, puisqu'elle ne comprend pas les chercheurs

Une cartographie de la communauté mathématique française

d’Inria, ni ceux des écoles d’ingénieurs, alors qu’elle comprend en général les chercheurs CNRS affectés dans les universités. À titre d’exemple, les chercheurs CNRS affectés à l’École Polytechnique n’y sont pas référencés, alors que les enseignants y apparaissent le plus souvent lorsqu’ils sont, par exemple, détachés de leur établissement d’origine.

Sans les chercheurs d’Inria et des écoles d’ingénieurs, cette liste de plus de 3000 personnes sous-représente fortement les mathématiques dites « appliquées », un biais qu’il faudra retenir lors de la présentation des résultats de l’étude.

La répartition des électeurs entre les deux sections CNU 25 et 26 a évolué au cours du temps, avec un léger glissement en faveur de la section CNU 26 durant les dernières années, comme le montre le tableau 1. Il serait aussi intéressant d’étudier cette évolution sur une période plus longue et de la comparer à l’éventuelle évolution des thématiques de recherche. Malheureusement, nous n’avons eu accès ni aux listes d’électeurs pour les sessions antérieures à 2015, ni même au nombre d’électeurs pour les sessions antérieures à 2007.

| Année élection | Nb électeurs CNU 25 | Nb électeurs CNU 26 | Total |
|-------------------|------------------------|------------------------|-------|
| 2015 | 1411 (43 %) | 1867 (57 %) | 3278 |
| 2011 | 1467 (45 %) | 1776 (55 %) | 3243 |
| 2007 | 1515 (46 %) | 1752 (54 %) | 3267 |

TABLE 1: Évolution du nombre d’électeurs des deux sections CNU 25 et 26, entre 2007 et 2015.

2.2 Une cartographie thématique

Afin d’étudier la répartition thématique des recherches en mathématiques des électeurs au CNU, nous avons basé notre étude sur les données de MathSciNet et la classification mathématique par domaine (Mathematics Subject Classification, ou MSC), qui a été établie conjointement par Mathematical Reviews (AMS) et Zentralblatt MATH (EMS, Fiz, Springer). Cette classification officielle est utilisée par les deux sites bibliographiques, ainsi que par la plupart des journaux de recherche en mathématiques.

Nous n’avons retenu que le premier niveau de cette classification, qui comprend **65 catégories** numérotées de 00 à 97 (avec des nombres manquants), voir le tableau 3 en annexe. La classification actuelle date de 1980 et elle a été révisée successivement en 1985, 2000 et 2010. Le premier niveau n’a pas changé depuis 2000, mais des changements entre catégories ont eu lieu en 1985 et 2000. Les derniers changements, en 2000, concernent :

Une cartographie de la communauté mathématique française

- l’inclusion de la catégorie MSC 04 (Théorie des ensembles) au sein de la catégorie MSC 03 (Logique mathématique et fondations)¹ ;
- la création de la catégorie MSC 37 (Systèmes dynamiques et théorie ergodique), extraite des catégories MSC 28 (Mesure et intégration) et MSC 58 (Analyse globale, analyse sur les variétés) ;
- la renumérotation de la catégorie MSC 73 en MSC 74 (Mécanique des solides déformables) ;
- la création de la catégorie MSC 91 (Théorie des jeux, économie, sciences sociales et sciences du comportement), extraite des catégories MSC 90 (Recherche opérationnelle, programmation mathématique) et MSC 92 (Biologie et autres sciences naturelles).

Ces évolutions devront être gardées à l’esprit dans la suite de notre discussion.

Rappelons aussi que chaque article référencé sur MathSciNet possède un code MSC primaire et plusieurs codes MSC secondaires éventuels. Les codes MSC sont choisis par les éditeurs, sur conseil des rapporteurs rédigeant les *Mathematical Reviews* et, éventuellement, des auteurs eux-mêmes (lorsque le journal collecte cette information). La procédure n’est pas explicitée sur le site de MathSciNet, mais il semblerait que le site associe dans un premier temps un code MSC primaire de façon plus ou moins automatique, avant une validation ou une correction éventuelle basée sur le rapport (s’il y en a un, ce qui n’est pas le cas de tous les articles). L’observation de nos propres publications a révélé que les classifications MSC ne sont pas toujours correctes, en particulier au niveau des sous-catégories ; les erreurs sur la catégorie primaire principale (numérotée de 00 à 97 : celle que nous avons retenue dans notre étude et que nous désignerons dans la suite, pour faire simple, comme *classification MSC*) semblent quant-à-elles assez rares.

MathSciNet propose pour chaque chercheur référencé un profil public, établi à partir de ses publications, où n’est prise en compte que la classification MSC primaire de chacun de ses articles, et qui contient le nombre d’articles publiés dans chacune des 65 catégories MSC : c’est cette donnée que nous avons utilisée. Les informations nominatives n’ont jamais été considérées dans notre étude et nous nous sommes tenus à ne prendre en compte que les résultats statistiques.

L’utilisation de MathSciNet impose de restreindre la liste des électeurs des sections CNU 25 et 26 à ceux qui y sont référencés (c’est-à-dire possèdent un *MR Author ID*). Notre étude n’a pas permis de retrouver l’identifiant MathSciNet de 459 électeurs des sections CNU, ce qui a donc restreint le groupe étudié à un ensemble de **2819 personnes** (1236 dans la section CNU 25 et 1583 dans la section CNU 26, soit respectivement 44 % et 56 %). L’absence de ces personnes dans la base MathSciNet ne signifie pas nécessairement qu’elles n’ont jamais publié d’article de recherche en mathématiques. D’autres explications sont possibles :

1. Avant 1980, les deux étaient déjà regroupées au sein d’une catégorie MSC 02, désormais obsolète.

Une cartographie de la communauté mathématique française

erreurs d’orthographe, changements de noms, délais d’apparition dans MathSciNet, publication dans des revues non référencées par MathSciNet, *etc.* En tout état de cause, nous avons considéré que la proportion des électeurs des sections CNU 25 et 26 référencés par MathSciNet restait significative et c’est donc sur la liste correspondante qu’a porté notre étude.

La figure 6 et le tableau 2 fournissent l’histogramme de toute la communauté en fonction de la classification MSC, à la fois en nombre de personnes et en nombre de publications. Cet histogramme amène plusieurs commentaires. Tout d’abord, certaines thématiques ressortent fortement, les trois plus frappantes étant les Probabilités (MSC 60), les Équations aux Dérivées Partielles (EDP, MSC 35) et les Statistiques (MSC 62). Cette observation est le signe que les catégories MSC ont une granularité très variable selon les domaines. Ainsi les chercheurs en EDP savent que cette catégorie comprend des activités et des thèmes assez hétérogènes, qui couvrent un grand nombre de type d’équations avec des propriétés mathématiques très variées et qui nécessitent le développement de techniques mathématiques également très diverses. Ceci pourrait d’ailleurs justifier un éclatement de la catégorie 35 en plusieurs catégories.

| Sujet MSC | % pop. | % publi. |
|--|--------|----------|
| 60 (Probabilités) | 10.28 | 9.94 |
| 62 (Statistiques) | 9.92 | 6.78 |
| 35 (Équations aux dérivées partielles) | 9.76 | 13.9 |
| 65 (Analyse numérique) | 5.98 | 6.34 |
| 11 (Théorie des nombres) | 5.40 | 5.09 |
| 14 (Géométrie algébrique) | 5.08 | 3.51 |
| 58 (Analyse globale, analyse sur les variétés) | 3.26 | 3.69 |
| 53 (Géométrie différentielle) | 3.23 | 2.85 |
| 32 (Plusieurs variables complexes, espaces analytiques) | 3.02 | 2.84 |
| 76 (Mécanique des fluides) | 2.94 | 3.41 |
| 37 (Systèmes dynamiques et théorie ergodique) | 2.71 | 2.34 |
| 49 (Calcul des variations, contrôle optimal, optimisation) | 2.53 | 3.88 |
| 82 (Mécanique statistique, structure de la matière) | 1.89 | 2.31 |
| ⋮ | | |

TABLE 2: Proportions du nombre de personnes (% pop.) et du nombre de publications (% publi.), classées par ordre décroissant (% pop.).

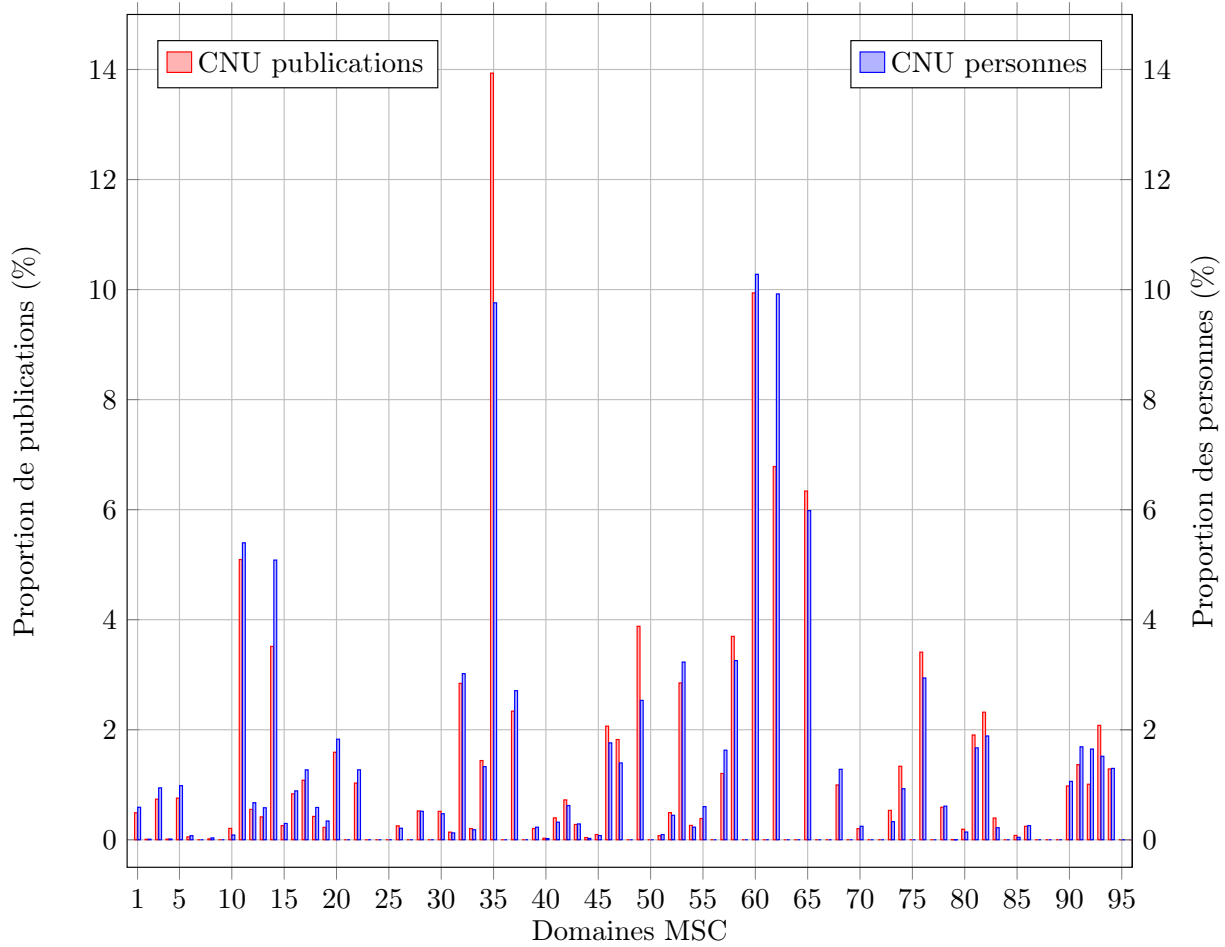
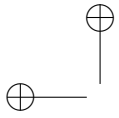
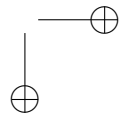
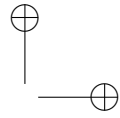
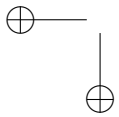


FIGURE 6: Proportions en personnes et en publications, selon les thèmes MSC, pour les électeurs aux sections CNU 25 et 26 en 2015.



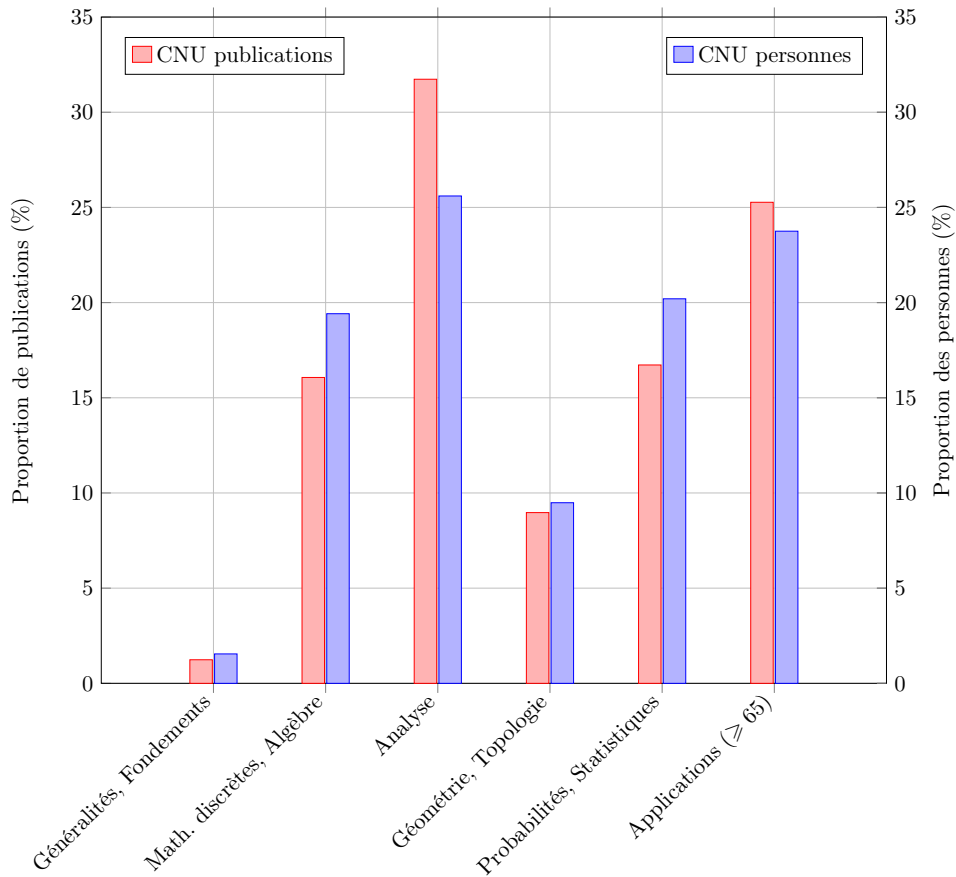
Une cartographie de la communauté mathématique française

Le nombre de publications par mathématicien dépend fortement tant de son domaine de recherche que de pratiques (comme l’écriture en collaboration avec parfois de nombreux co-auteurs) qui peuvent varier énormément : l’activité de recherche d’un individu ne peut être réduite à un simple décompte de ses articles. En ce sens, notre histogramme en « nombre de personnes » semble plus adéquat, puisque chaque chercheur contribue de la même façon, indépendamment de son nombre de publications, à condition qu’il ait publié un article référencé dans MathSciNet au moins une fois dans sa vie. Une fois énoncées ces précautions importantes, il faut bien convenir que la différence entre l’histogramme basé sur le nombre de publications et celui qui repose sur le nombre de personnes est très faible, à l’échelle qui est dictée par les catégories MSC. Si l’on entre dans le détail, les exceptions notables sont les EDP (MSC 35) et le Calcul des variations et l’optimisation (MSC 49) dont les chercheurs semblent avoir un nombre de publications plus important, alors qu’en Géométrie algébrique (MSC 14) et en Statistiques (MSC 62), le nombre de publications est un peu moins important s’il est rapporté au nombre de personnes concernées. Pour les Statistiques (MSC 62), l’absence totale de référencement des publications dans certains domaines applicatifs (par exemple en médecine) explique très certainement le résultat. Le même effet est probablement présent dans une certaine mesure en Analyse numérique (MSC 65). Chaque mathématicien, dans ses catégories MSC de prédilection, est bien placé pour en expliquer les particularités et il n’est pas dans le propos de cette étude de décrire finement les variations ou d’en suggérer des causes.

La classification officielle MSC regroupe les différents sujets selon cinq *grandes catégories* : Généralités et fondements (MSC 00–04), Mathématiques discrètes et algèbre (MSC 05–22), Analyse (MSC 26–49), Géométrie et topologie (MSC 51–58), Mathématiques appliquées et autres (MSC 60–97). Parce que c’est un usage généralement admis en France, il nous a semblé opportun d’extraire de la cinquième catégorie les Probabilités (MSC 60) et les Statistiques (MSC 62). Les résultats sont donnés par l’histogramme de la figure 7. Ce dernier fournit une idée générale de la répartition en ressources humaines et en publications de notre communauté dans ces différentes *grandes catégories*.

Les premiers résultats de cette section fournissent une cartographie de la communauté universitaire française en mathématiques, basée sur la classification MSC. Il convient de garder à l’esprit qu’il existe divers biais possibles. Le plus important concerne le fait que MathSciNet ne retient que la catégorie MSC primaire de chaque article, en ignorant les catégories MSC secondaires éventuelles. Un autre biais notable de notre étude, déjà signalé, est l’absence quasi totale des publications dans certains domaines applicatifs (médecine, sciences sociales, *etc.*), alors que d’autres sont bien mieux représentés (physique, informatique, *etc.*). Ceci tend à sous-estimer le volume réel de publications dans certains domaines, en particulier les Statistiques (MSC 62), et plus généralement l’effort de recherche en interaction avec des disciplines autres que les mathématiques.

Une cartographie de la communauté mathématique française



| MSC | Catégorie | % pop. | % publi. |
|-------|------------------------------------|--------|----------|
| 00–04 | Généralités et fondements | 1.54 | 1.24 |
| 05–22 | Mathématiques discrètes et algèbre | 19.42 | 16.07 |
| 26–49 | Analyse | 25.60 | 31.73 |
| 51–58 | Géométrie et topologie | 9.49 | 8.97 |
| 60–62 | Probabilités et statistiques | 20.20 | 16.72 |
| 65–97 | Applications et autres | 23.75 | 25.27 |

FIGURE 7: Proportion en personnes et en publications des électeurs des sections CNU 25 et 26 en 2015, selon les grandes catégories MSC.

3 Mathématiques appliquées, applications des mathématiques

La distinction historique entre mathématiques « pures » et « appliquées » est restée ancrée dans le découpage des mathématiques universitaires françaises en deux sections CNU (25 et 26). Nous commencerons donc par discuter du profil global de ces deux sections, en utilisant la classification MSC, puis nous étudierons d’une manière un peu différente le profil des chercheurs qui consacrent une partie de leur travail aux « applications », sans référence particulière ni aux deux sections CNU, ni aux domaines de recherche.

3.1 Les sections CNU 25 et 26

La figure 8 montre la répartition des personnes de notre groupe en fonction du classement MSC, pour les deux sections CNU. La première conclusion que l’on tire de cet histogramme est que la dichotomie 25/26 est essentiellement basée sur le domaine de recherche, plutôt que sur le caractère appliqué ou non de l’activité des chercheurs. Ainsi, la plupart des sujets MSC sortent très majoritairement 25 ou très majoritairement 26. La section CNU 26 regroupe ainsi la plus grande partie des EDP (MSC 35) et des Probabilités (MSC 60), la quasi totalité des Statistiques (MSC 62), de l’Analyse numérique (MSC 65), du Calcul des variations et de l’optimisation (MSC 49) et de presque tous les sujets « applicatifs » dont la catégorie MSC est supérieure à 65. La Combinatoire (MSC 05), l’Informatique (MSC 68 et 94) qui est presque à l’équilibre entre 25 et 26, et les Théories quantiques (MSC 81) qui comprennent une forte part de méthodes algébriques sont des exceptions notables. Les EDP (MSC 35) ont une assez grande proportion de 25 au sein d’une majorité de 26. Rappelons d’ailleurs que, du point de vue des *grandes catégories* MSC, les EDP font partie de « l’Analyse » et non pas des « Mathématiques appliquées et autres ».

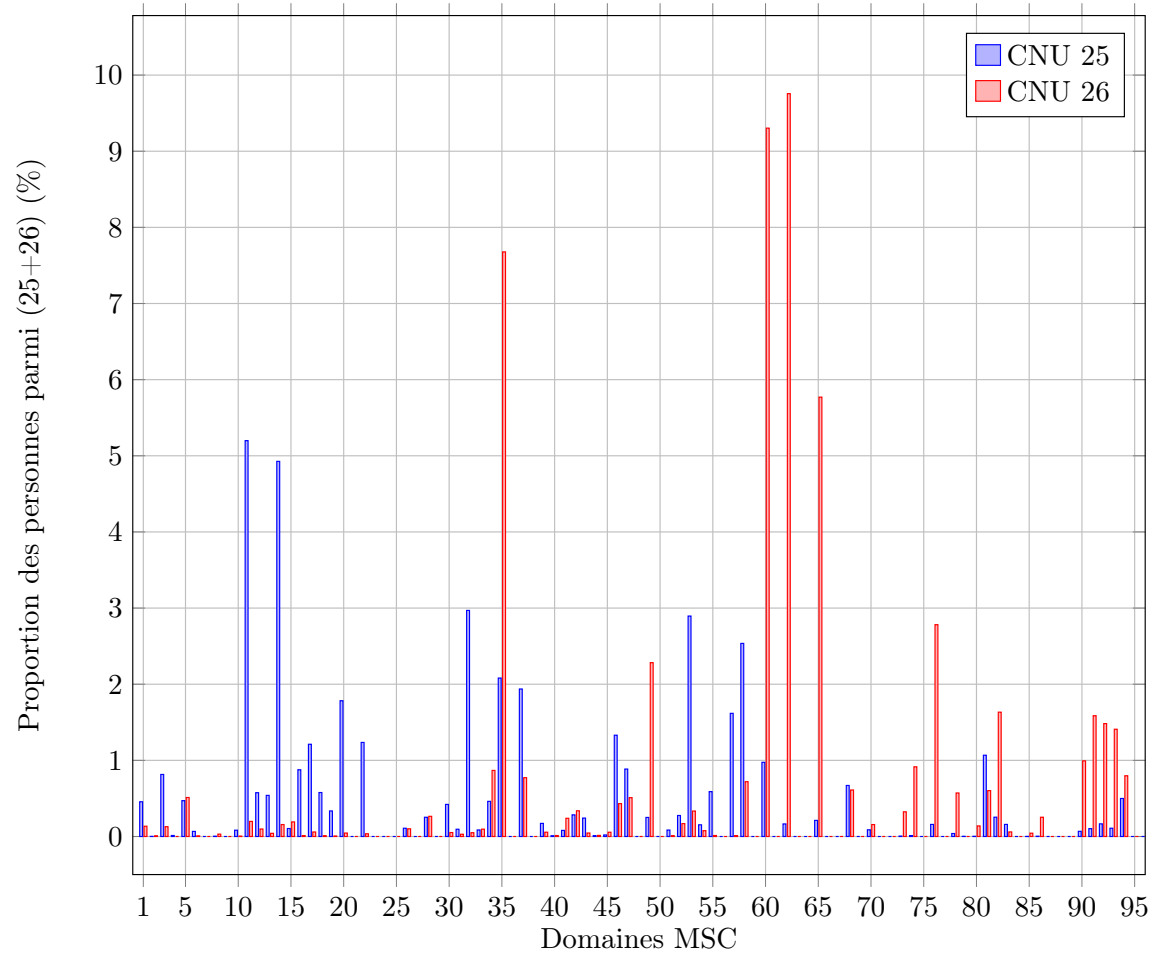
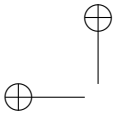
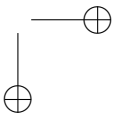
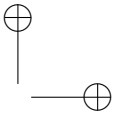
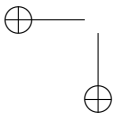


FIGURE 8: Proportion en personnes selon la classification MSC, pour les deux sections CNU 25 et 26.



3.2 Applications des mathématiques

Le découpage 25/26 est, en première approximation, purement lié au sujet de recherche, ce qui vide en grande partie de son sens le terme « mathématiques appliquées ». Il n’y a bien sûr aucune raison de penser que certains sujets MSC ne pourraient pas avoir d’applications, et l’histoire a largement montré que tous les domaines mathématiques ont un impact sur d’autres domaines des sciences, sur la technologie, dans l’industrie ou plus généralement dans la société et la sphère économique. Il serait également erroné d’imaginer que tous les électeurs de la section CNU 26 ont une activité principalement dirigée vers les applications. La réalité est en effet bien plus complexe et en constante évolution.

Nous avons par conséquent recherché un indicateur plus « comportemental », qui mesure réellement l’intérêt et l’implication des chercheurs pour des problèmes en dehors de l’étude des structures mathématiques pour elles-mêmes, sans privilégier ou écarter des sujets particuliers. Cet indicateur ne peut pas être binaire, car on sait bien que l’intérêt pour les applications peut prendre beaucoup de formes, et qu’il évolue aussi dans le temps.

En se basant sur la classification MSC et les données de MathSciNet, une façon de construire cet indicateur consiste à étudier l’activité des chercheurs dans les domaines applicatifs recensés dans le troisième tiers du classement MSC. En effet, les codes au delà de la catégorie MSC 68 couvrent de nombreux domaines d’application, dont l’informatique et la théorie de l’information (MSC 68 et 94), la mécanique (MSC 70), la physique et la chimie (MSC 71–83), l’astronomie et l’astrophysique (MSC 85), les géosciences (MSC 86), la recherche opérationnelle (MSC 90), la théorie des jeux, l’économie et les sciences sociales (MSC 91), la biologie (MSC 92), la théorie des systèmes (MSC 93) et les sciences de l’éducation (MSC 97). On notera toutefois que cette classification fait la part belle aux applications physiques, qui regroupent plus de la moitié des codes MSC. D’ailleurs MathSciNet recense certains articles des journaux de physique les plus connus (comme *Physical Review Letters* par exemple, mais uniquement dans le cas de chercheurs qui possèdent déjà un *MR Author Id*), alors qu’il ne contient presque aucune référence dans les journaux phares de biologie, de médecine ou de sciences sociales pour ne pas parler de journaux plus tournés vers la technologie.

Nous proposons donc de calculer, pour chaque auteur, le pourcentage α d’articles publiés dont la catégorie MSC primaire est supérieure ou égale à une limite choisie. Un α proche de 100 % signifierait ainsi une (très) forte activité dédiée aux applications. Avec cette définition, on peut s’attendre à ce qu’une plus faible proportion de chercheurs ait une valeur de α conséquente que dans la distinction actuelle 25/26. Comme nous allons le voir, cette intuition est confirmée par les données.

Le choix de la limite à partir de laquelle les sujets MSC seront déclarés « domaines applicatifs » ou « applications des mathématiques » (que nous opposerons aux ma-

Une cartographie de la communauté mathématique française

thématiques « pour elles mêmes ») nécessite une discussion. La classification MSC officielle en *grandes catégories* prétend que les applications comprennent tous les codes MSC supérieurs ou égaux à 60, en y incluant donc les Probabilités (MSC 60) et les Statistiques (MSC 62). Ce choix ne nous semble pas du tout pertinent, car ces deux catégories MSC comportent aussi, aujourd’hui, des aspects très théoriques, détachés de toute application directe dans un autre domaine des sciences. La même remarque s’applique dans une certaine mesure à l’Analyse numérique (MSC 65), même si on pourrait argumenter que l’implémentation informatique reste la motivation principale des recherches dans ce domaine, y compris pour les plus théoriques. Par ailleurs, on pourrait aussi argumenter qu’une grande part des EDP (MSC 35) devrait être comptée dans les applications, au même titre que les Probabilités (MSC 60).

Comme indiqué précédemment, la qualification des Statistiques (MSC 62) est rendue délicate par la forte variété des applications concernées, et dont le référencement par MathSciNet est très médiocre. Pour cette raison purement technique, il pourra être utile d’inclure les Statistiques dans notre définition des domaines applicatifs même si, encore une fois, l’inverse nous semblerait aussi justifié.²

La figure 9 montre la proportion de la communauté mathématique française (CNU 25 et 26 confondues) qui possède une activité supérieure à un seuil α , dont nous avons fait varier la valeur de 10 à 40 %, en incluant – ou non – les Statistiques (MSC 62) dans les applications.³ Dans la figure de gauche, on voit qu’environ 40 % de notre communauté possède une activité dans les domaines applicatifs supérieure à $\alpha = 30$ %. La figure 10 montre le même résultat en distinguant les chercheurs des sections 25 et 26. On observe ainsi que 10 % des électeurs de la section 25 et 65 % des électeurs de la section CNU 26 ont une activité appliquée, avec un α supérieur ou égal à 30 %. Les électeurs de la section CNU 26 sont donc plus impliqués dans les applications des mathématiques que ceux de la section CNU 25. Ces résultats montrent toutefois que 10 % des chercheurs de la section CNU 25 ont une activité appliquée, selon cette définition, alors que 35 % des électeurs de la section CNU 26 n’en ont pas.

Pour avoir une idée de la répartition des domaines les plus concernés par les applications, nous pouvons extraire de la population totale le nombre de chercheurs

2. L’attitude consistant à se débarrasser définitivement de l’appellation « mathématiques appliquées », au profit des seules « applications des mathématiques » se développe dans certains pays. Par exemple, le département de mathématiques du Massachusetts Institute of Technology (MIT) à Cambridge aux États-Unis est divisé en « Pure Mathematics » qui comprend tous les domaines des mathématiques dont les Probabilités et les Statistiques, et « Applied Mathematics » qui ne contient que des domaines applicatifs, voir <https://math.mit.edu/research/index.php>. Rappelons également que l’intitulé officiel de la section CNU 26 est « Mathématiques appliquées et applications des mathématiques ».

3. Le nombre des personnes concernées varie avec les valeurs de α mais l’allure des histogrammes y est peu sensible. De manière pragmatique, nous avons retenu les valeurs de α qui rendent ces histogrammes les plus lisibles possibles.

Une cartographie de la communauté mathématique française

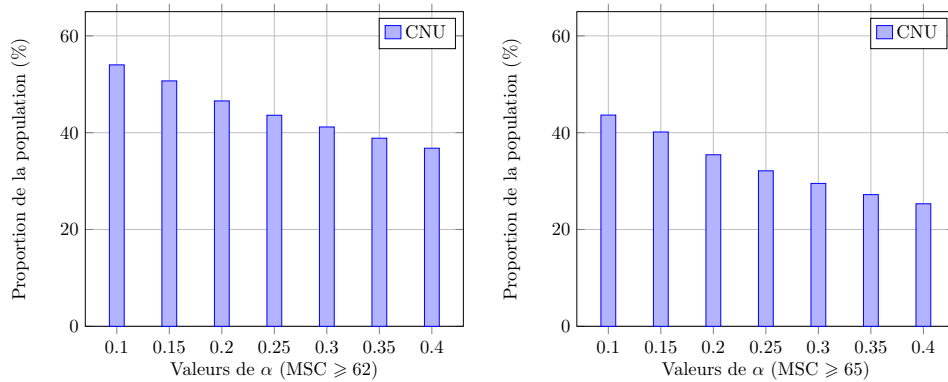


FIGURE 9: Proportion des personnes qui possèdent une activité supérieure à α au delà des MSC 62 (incluant les Statistiques, gauche) ou MSC 65 (excluant les Statistiques, droite).

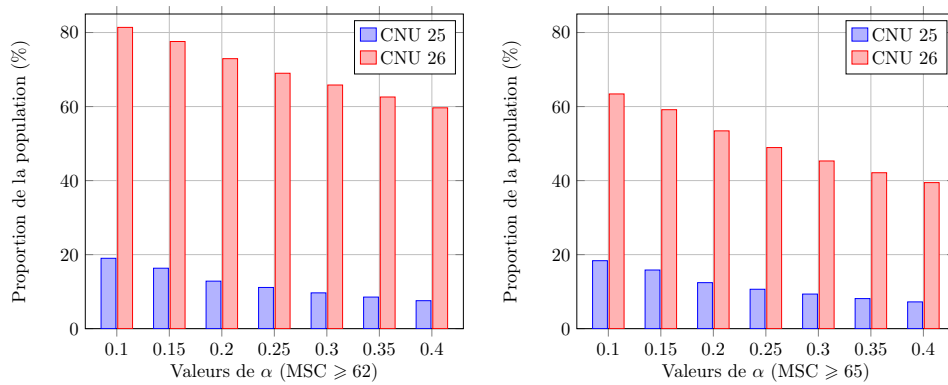


FIGURE 10: Proportion des personnes qui possèdent une activité supérieure à α au delà des MSC 62 (incluant les Statistiques, gauche) ou MSC 65 (excluant les Statistiques, droite) pour les deux sections CNU.

Une cartographie de la communauté mathématique française

qui ont une activité appliquée supérieure à un certain seuil α , et répartir ensuite leur *activité*, mesurée par le pourcentage de leurs publications dans chaque catégorie MSC. La figure 11, réalisée en prenant $\alpha = 20\%$ et en sommant pour chaque catégorie MSC les activités de tous les mathématiciens avec $\alpha \geq 20\%$, révèle ainsi que les sujets mathématiques les plus liés aux applications sont les EDP (MSC 35), les Probabilités (MSC 60) et le Calcul des variations et l’optimisation (MSC 49). La présence très faible des Statistiques (MSC 62) confirme le très mauvais référencement des applications de ce domaine dans MathSciNet, que nous avons déjà mentionné, et qui constitue sans aucun doute l’une des principales limitations d’une étude basée sur MathSciNet. Il est aussi légitime de se demander si le même biais est présent pour les Probabilités (MSC 60). L’Analyse numérique (MSC 65) est très représentée, ce qui découle du fait que cette catégorie est comptée dans les applications pour le choix du critère α tout en constituant un domaine de rattachement principal pour un nombre significatif de mathématiciens. Parmi les domaines du début du classement MSC, on notera la présence de la Logique (MSC 03), de la Combinatoire (MSC 05) et de la Théorie des nombres (MSC 11).

En conclusion, l’utilisation de MathSciNet pour recenser les activités des mathématiciens dans des domaines scientifiques d’application des mathématiques n’est pas sans défaut, à cause de l’absence de référencement de beaucoup de disciplines scientifiques dans la base. Une étude plus poussée avec d’autres outils serait bienvenue. Par ailleurs, un critère basé uniquement sur les publications néglige d’autres activités importantes comme les interactions avec le monde socio-économique. De ce point de vue, notre étude ne fournit qu’une vision très partielle, quoique porteuse d’informations, sur la question des applications des mathématiques. Pour faire court, il s’agit d’une vision assez « traditionnelle » qui privilégie en particulier les sciences physiques, l’informatique et la mécanique.

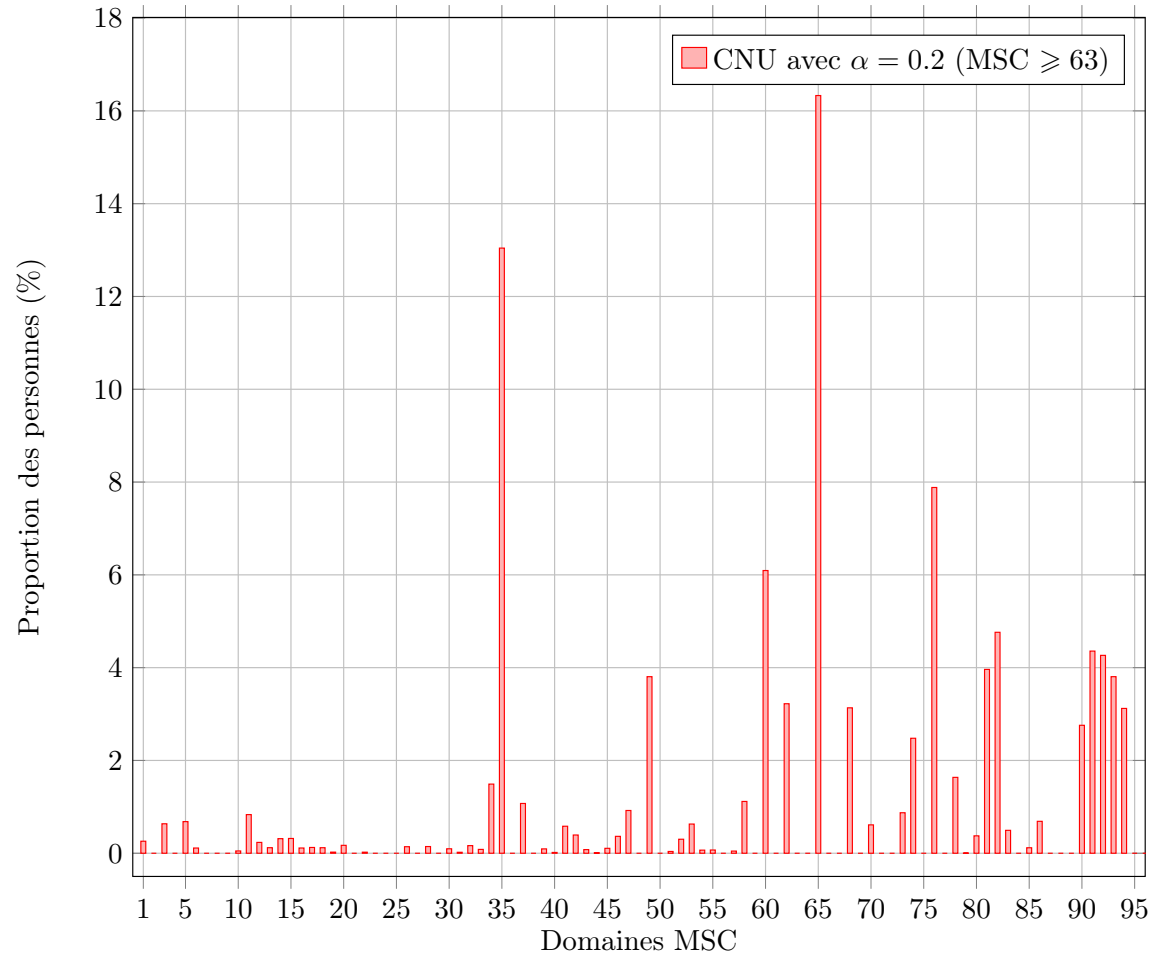
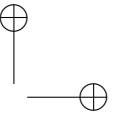
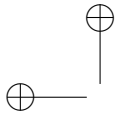
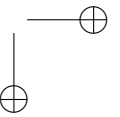
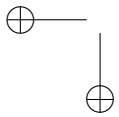


FIGURE 11: Répartition de l'activité des mathématiciens qui possèdent une activité supérieure à 20 % au delà de la catégorie MSC 63 (incluant les Statistiques), par catégorie MSC.



4 Les recrutements au CNRS

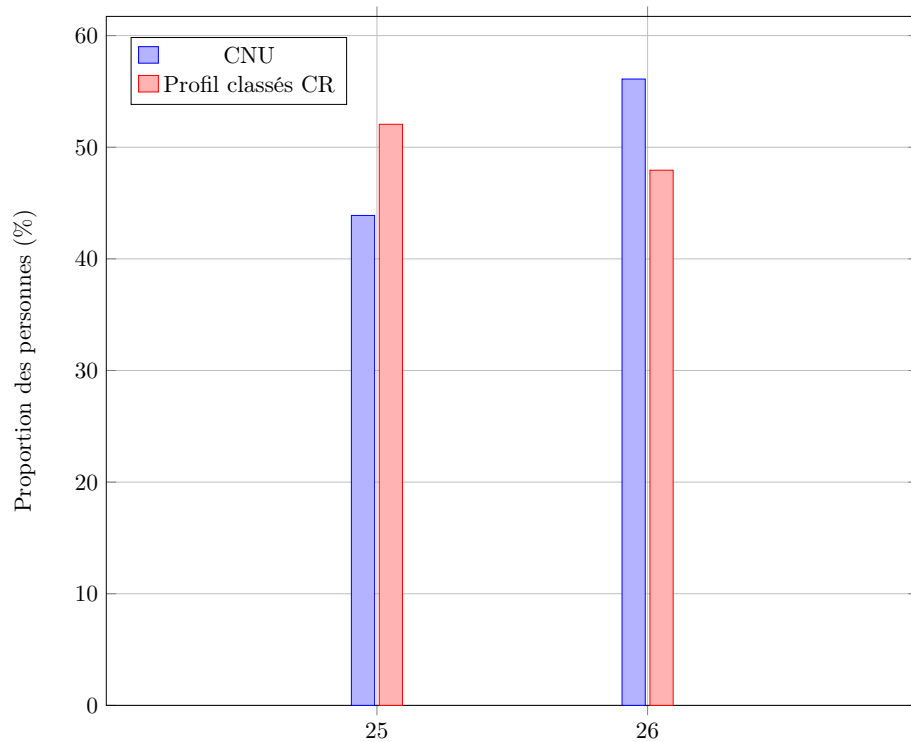
Le dernier volet de cette étude s’attache à comparer les recrutements de Chargés de Recherche (CR) au CNRS au profil de la communauté des électeurs des sections CNU 25 et 26. Notre but n’est pas d’étudier l’action d’un comité national particulier, mais bien de mesurer la politique scientifique effective, sur le long terme, de la section 41 du CNRS (qui a pris la suite de la section 01 ; par commodité, nous ne parlerons que de la *section 41* du comité national du CNRS). Notons au passage que les recrutements des maîtres de conférences s’analysent de manière différente et ne peuvent pas être comparés aux recrutements des CR du CNRS, qui relèvent d’un concours national.

Nous avons utilisé les classements des concours de recrutement CR2 et CR1 de la section 41 du CNRS de 2005 à 2016 (incluant tous les postes fléchés), soit un groupe de **137 personnes classées en liste principale, au niveau CR2 et CR1** (admissibilité) ; cette période correspond à l’activité de 4 comités différents. Nous n’avons pas utilisé la liste des CR admis, ou ayant pris un des postes de CR qui leur aurait été proposé, ou encore des CR actuellement en poste, car nous voulions étudier la politique de recrutement. Par ailleurs, après l’admissibilité au concours, il est difficile de reconstituer des données fiables : plusieurs des admis n’ont jamais pris effectivement de poste, ou sont partis rapidement à l’étranger, alors que la liste des admissibles est consultable sur le site du CoCNRS et que chacun d’eux possède un profil sur MathSciNet. C’est donc sur la base des **admissibles CR1 et CR2** que nous avons évalué les recrutements.

4.1 Répartition en fonction des profils 25/26

On peut commencer par étudier la représentation des sections 25 et 26 pour les recrutements CR au CNRS. Comme tous les classés n’ont pas forcément pris leur poste (ou ont quitté leur poste CR entre temps), ils ne sont pas nécessairement sur la liste actuelle des électeurs au CNU, et ne l’ont pas forcément été à un moment de leur carrière. Cependant, nous pouvons reconstituer le “profil 25/26” d’un groupe de personnes en répartissant leur activité dans chacun des domaines MSC et en utilisant ensuite la proportion 25/26 trouvée pour toute la communauté mathématique dans chacun de ces domaines. Le résultat de ce problème inverse est donné à la figure 12. Pour faciliter l’interprétation, nous mettons ce résultat en regard avec la répartition moyenne des électeurs aux sections CNU 25 et 26 pour les trois élections de 2007, 2011 et 2015.

Une cartographie de la communauté mathématique française



| | 25 | 26 |
|---|---------|---------|
| Répartition moyenne électeurs section CNU (2007–2015) | 44.88 % | 55.12 % |
| Profil des classés CR au CNRS | 52.06 % | 47.94 % |

FIGURE 12: Nombre de classés CR2 et CR1 par la section 41 du CNRS entre 2005 et 2016 qui ont un profil 25 ou 26, comparé à la répartition moyenne des deux sections CNU aux élections de 2007, 2011 et 2015.

4.2 Répartition en fonction des sujets de recherche

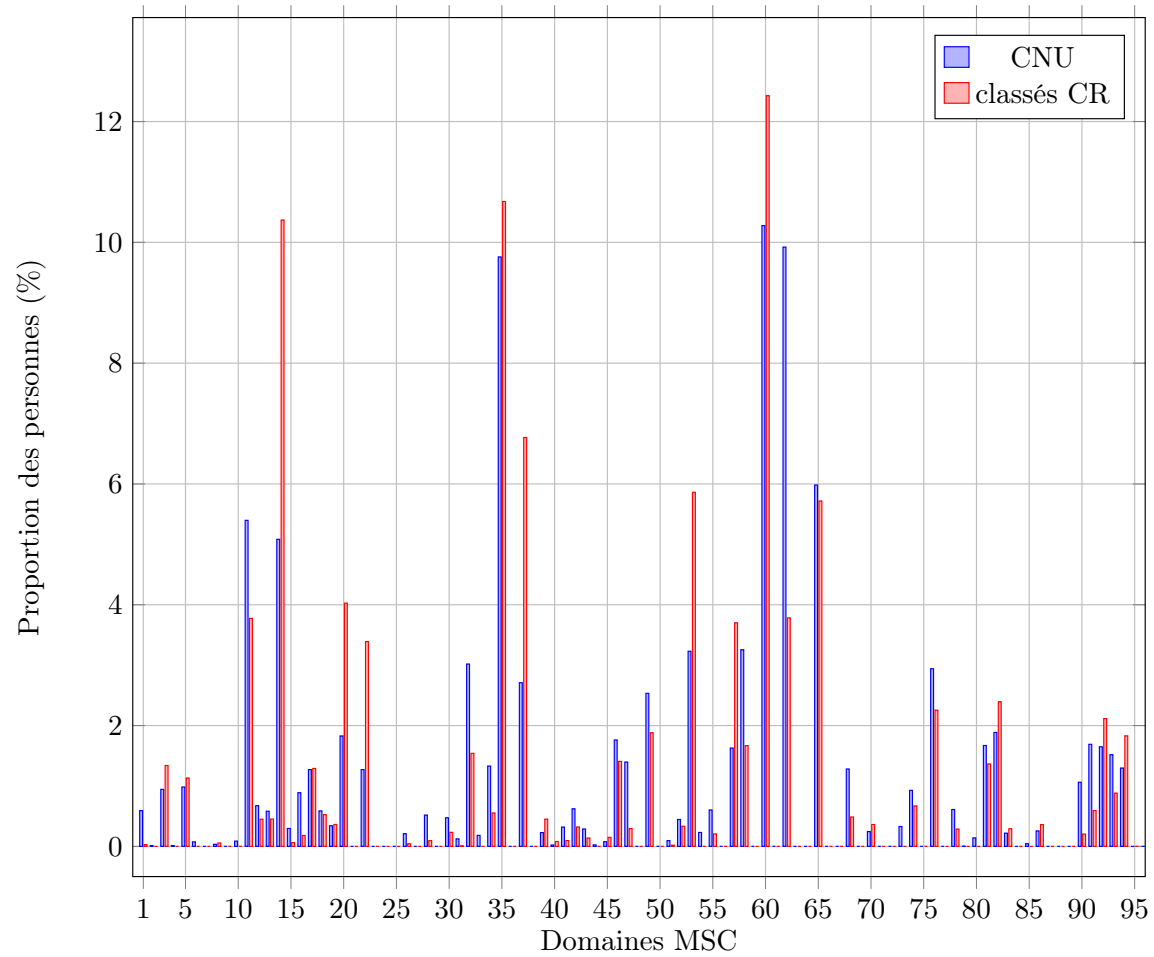
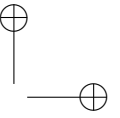
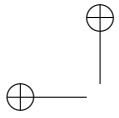
Comme précédemment, nous pouvons tracer un histogramme d'*activité* par catégorie MSC pour les chercheurs ayant été classés CR2 ou CR1 au CNRS. Pour chaque CR, nous avons pris en compte l'activité mesurée par le pourcentage de publications dans chaque catégorie MSC. Le résultat est contenu dans la figure 13. Il convient de garder à l'esprit que le groupe considéré étant de 137 personnes réparties en 65 catégories, les fluctuations sont importantes et que seule une analyse qualitative peut être menée.

Pour aider la lecture nous avons reporté sur le même graphique l'histogramme de la population totale des électeurs des sections CNU 25 et 26 en 2015. Il faut cependant mener la comparaison avec beaucoup de précautions, car le profil de la population totale peut avoir évolué entre 2005 et 2015, une information à laquelle nous n'avons pas accès. Il semblerait cependant que certains sujets particuliers aient été mis en avant par la section 41 du CNRS. Ceci concerne par exemple la Géométrie algébrique (MSC 14), la Théorie des groupes (MSC 20 et 22) et les Systèmes dynamiques (MSC 37). Les résultats de la catégorie MSC 37 doivent cependant être pondérés par ceux de la catégorie MSC 58, dont on rappelle qu'elle a été extraite lors de la refonte du classement MSC en 2000. Rappelons encore une fois que la taille de l'échantillon considéré empêche des conclusions trop tranchées.

Notre étude ne permet certainement pas de discuter du profil des classés CR au sein même des catégories MSC. Par contre, nous pouvons considérer les *grandes catégories* MSC, et obtenons alors l'histogramme de la figure 14.

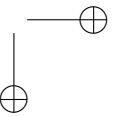
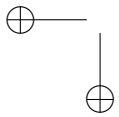
4.3 Applications des mathématiques

Nous pouvons poser la question de la représentation des applications des mathématiques dans les recrutements CR au CNRS en section 41. À nouveau, la situation des Statistiques (MSC 62) est délicate à analyser à cause du mauvais référencement des publications. Si, dans l'indicateur α , on compte les Statistiques au côté des applications, on obtient l'histogramme à gauche de la figure 15. Si on définit le paramètre α en commençant à la catégorie MSC 65, c'est-à-dire en comptant les Statistiques (MSC 62) au côté des mathématiques fondamentales, on obtient l'histogramme de droite de la figure 15.



69

FIGURE 13: Répartition des classés CR2 et CR1 par la section 41 du CNRS entre 2005 et 2016 selon les catégories MSC, comparée au profil de tous les électeurs au CNU en 2015. Les pourcentages des classés CR prennent en compte la répartition de leurs publications par catégorie MSC.



Une cartographie de la communauté mathématique française

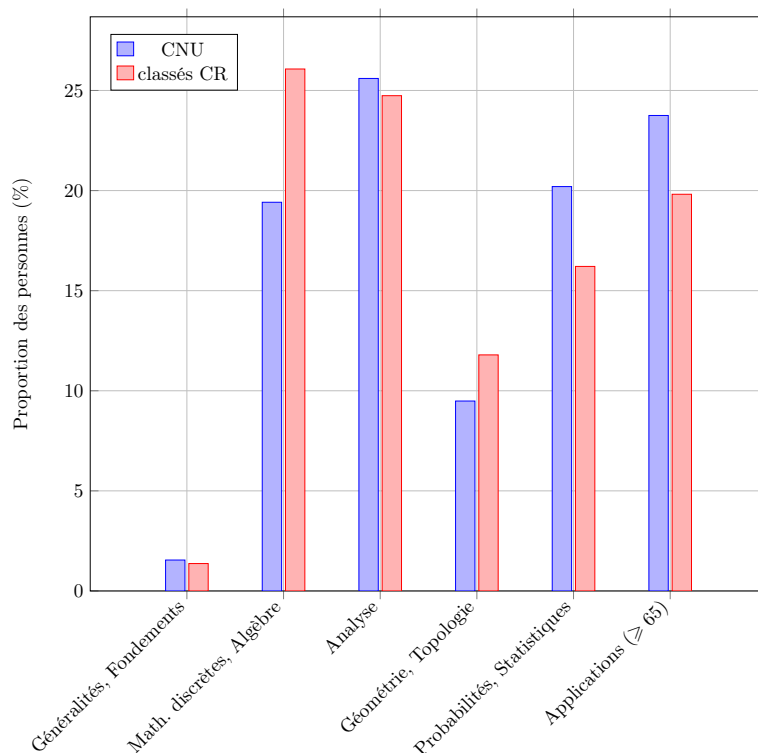


FIGURE 14: Répartition des classés CR au CNRS selon les grandes catégories MSC, comparée à celle des électeurs des sections CNU 25 et 26 en 2015.

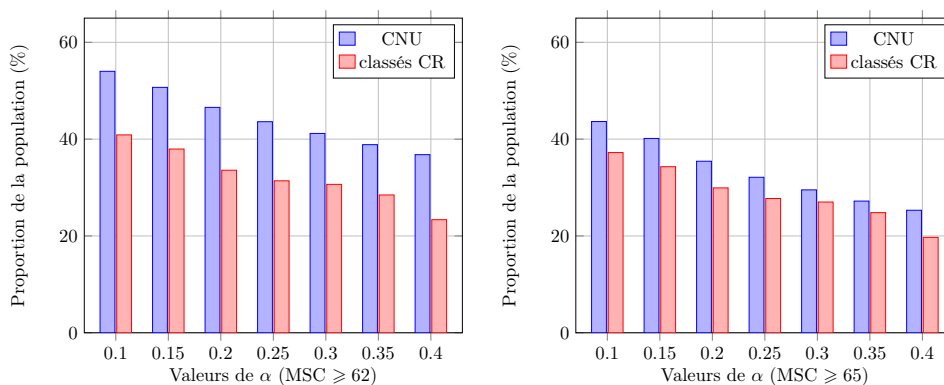


FIGURE 15: Pourcentage de la population totale des électeurs au CNU en 2015, et des classés CR2 et CR1 par la section 41 du CNRS entre 2005 et 2016, qui ont une activité supérieure à α dans les catégories MSC supérieures ou égales à 62 (en incluant les Statistiques, à gauche) ou supérieures ou égales à 65 (en excluant les Statistiques, à droite).

5 Conclusion

Notre étude, basée sur des données publiques (liste des électeurs au CNU recensées dans MathSciNet et listes des classés CR2 et CR1 par la section 41 du CNRS) fournit un éclairage inédit sur la communauté mathématique française. Elle met en évidence un décalage entre les recrutements CR et l'évolution de la communauté mathématique française telle qu'elle ressort des listes des sections CNU 25 et 26. Étant données les limitations des résultats obtenus, nous ne nous risquons pas à les commenter ou à chercher à les expliquer. Il serait bien évidemment souhaitable de compléter notre étude avec divers autres outils (Google Scholar, Thomson Reuters – ISI Web of Science) ou d'autres moyens (enquêtes ou sondages) qui permettraient de mieux cerner la carrière et l'activité des chercheurs et des enseignants-chercheurs, quelle que soit la nature de cette activité.

Une cartographie de la communauté mathématique française

Annexe

| | | | |
|----|---|--|--|
| 00 | General | | |
| 01 | History and biography | | |
| 03 | Mathematical logic and foundations | | |
| 05 | Combinatorics | | |
| 06 | Order, lattices, ordered algebraic structures | | |
| 08 | General algebraic systems | | |
| 11 | Number theory | | |
| 12 | Field theory and polynomials | | |
| 13 | Commutative algebra | | |
| 14 | Algebraic geometry | | |
| 15 | Linear and multilinear algebra ; matrix theory | | |
| 16 | Associative rings and algebras | | |
| 17 | Nonassociative rings and algebras | | |
| 18 | Category theory ; homological algebra | | |
| 19 | K-theory | | |
| 20 | Group theory and generalizations | | |
| 22 | Topological groups, Lie groups | | |
| 26 | Real functions | | |
| 28 | Measure and integration | | |
| 30 | Functions of a complex variable | | |
| 31 | Potential theory | | |
| 32 | Several complex variables and analytic spaces | | |
| 33 | Special functions | | |
| 34 | Ordinary differential equations | | |
| 35 | Partial differential equations | | |
| 37 | Dynamical systems and ergodic theory | | |
| 39 | Difference and functional equations | | |
| 40 | Sequences, series, summability | | |
| 41 | Approximations and expansions | | |
| 42 | Harmonic analysis on Euclidean spaces | | |
| 43 | Abstract harmonic analysis | | |
| 44 | Integral transforms, operational calculus | | |
| 45 | Integral equations | | |
| 46 | Functional analysis | | |
| 47 | Operator theory | | |
| 49 | Calculus of variations and optimal control ; optimization | | |
| 51 | Geometry | | |
| 52 | Convex and discrete geometry | | |
| 53 | Differential geometry | | |
| 54 | General topology | | |
| 55 | Algebraic topology | | |
| 57 | Manifolds and cell complexes | | |
| 58 | Global analysis, analysis on manifolds | | |
| 60 | Probability theory and stochastic processes | | |
| 62 | Statistics | | |
| 65 | Numerical analysis | | |
| 68 | Computer science | | |
| 70 | Mechanics of particles and systems | | |
| 74 | Mechanics of deformable solids | | |
| 76 | Fluid mechanics | | |
| 78 | Optics, electromagnetic theory | | |
| 80 | Classical thermodynamics, heat transfer | | |
| 81 | Quantum theory | | |
| 82 | Statistical mechanics, structure of matter | | |
| 83 | Relativity and gravitational theory | | |
| 85 | Astronomy and astrophysics | | |
| 86 | Geophysics | | |
| 90 | Operations research, mathematical programming | | |
| 91 | Game theory, economics, social and behavioral sciences | | |
| 92 | Biology and other natural sciences | | |
| 93 | Systems theory ; control | | |
| 94 | Information and communication, circuits | | |
| 97 | Mathematical education | | |

TABLE 3: Liste des catégories MSC (classification de 2010).

La candidature de Paris à l’organisation de l’ICM 2022

par Bertrand Rémy

Le contexte et les procédures Cette nouvelle année 2018 est marquée par un événement majeur pour la communauté mathématique : le Congrès international des mathématiciens (ICM), qui sera organisé à Rio entre le 1er et le 9 août. Il est moins connu que chaque ICM est précédé d’une assemblée générale de l’Union mathématique internationale (IMU) qui décide notamment du lieu du prochain congrès. La tradition voulait jusque-là que l’assemblée générale se déroule dans une ville distincte de celle du congrès ; il s’agira cette fois de Sao Paulo.

La communauté mathématique française proposera à cette occasion la candidature de Paris pour organiser l’ICM 2022 et celle de Strasbourg pour l’assemblée générale de l’IMU qui le précède. Une déclaration d’intention avait déjà été faite à l’occasion de l’assemblée générale précédant l’ICM de Séoul en 2014. Dans le cas de la France, c’est le Comité national français des mathématiciens (CNFM) qui représente la France vis-à-vis de l’IMU, notamment au cours des assemblées générales. Les statuts de l’IMU prévoient que ce soit l’assemblée générale qui décide du lieu du prochain ICM, la direction de l’IMU exprimant une recommandation après avoir missionné un comité de visite des sites en concurrence.

Nous allons revenir sur les détails de ces points, mais ce qui nous tient le plus à coeur est de présenter les raisons qui ont conduit le comité à élaborer un projet propre à aider la communauté française à appréhender les nombreux défis qui vont se poser au milieu académique, et aux mathématiciens en un sens beaucoup plus vaste, dans les décennies à venir. Nous espérons susciter la plus forte adhésion possible de la part de la communauté mathématique française afin de pouvoir exprimer au mieux ses valeurs d’humanisme, d’ouverture et de partage. En particulier, nous mettrons tout en oeuvre pour que, dans le cadre d’un budget maîtrisé compatible avec des candidatures futures émanant d’autres pays que les grandes puissances, de jeunes chercheurs du monde entier en très grand nombre puissent participer à ICM 2022 à Paris.

Un court historique Depuis 2014 et la déclaration d’intention du CNFM pour l’organisation de l’ICM 2022 à Paris, un comité de candidature a été mis en place.

La candidature de Paris à l’organisation de l’ICM 2022

Comme les textes de l’IMU encadrant les candidatures ICM le requièrent, celui-ci s’est adjoint l’aide d’un organisateur professionnel de congrès (PCO) : il s’agit de l’entreprise MCI. Les figures imposées pour une telle candidature sont multiples et des lettres de cadrage spécifiques concernant l’assemblée générale, la cérémonie d’ouverture (où les noms des récipiendaires des prix prestigieux, notamment ceux des médailles Fields, sont annoncés), mais aussi les conditions d’accueil générales, sont à prendre en compte scrupuleusement.

À ce jour, le comité est composé de : François Loeser (Chair, UPMC), Sylvie Benzoni-Gavage (Lyon & Institut Henri Poincaré, Stéphane Cordier (Orléans & AMIES), Maria J. Esteban (CNRS & Paris-Dauphine), Étienne Gouin-Lamourette (FSMP), Philippe Helluy (Strasbourg), Roger Mansuy (Lycée Louis-le-Grand), Ariane Mézard (UPMC), Anne Philippe (Nantes), Bertrand Rémy (Polytechnique), Denis Talay (Inria, Sophia Antipolis).

La première étape concrète a consisté à produire un dossier de candidature. Le document qui en résulte est un dossier de 80 pages environ, qui est disponible sur le site ICM Paris 2022 (<https://www.icm2022-paris.com/>, voir ci-dessous)

Celui-ci respecte le cadre imposé tout en faisant la part belle aux idées novatrices : nous considérons qu’un Congrès international des mathématiciens n’est pas un couronnement mais doit donner un point de départ pour un changement d’échelle des activités que nous tenons pour cruciales partout dans le monde : nouvelles frontières pour les mathématiques dessinées par les autres sciences et les grands défis sociétaux, renforcement des liens avec le monde industriel, accueil et formation des étudiants de pays en voie de développement, impacts culturels des mathématiques, actions en faveur de la féminisation de notre discipline.

Les visites de site par la commission ad hoc de l’IMU ont eu lieu en mars (du 5 au 7 pour Paris) ; celle de Paris s’est très bien déroulée et la haute qualité du dossier a été reconnue, mais le comité exécutif a émis sa préférence pour Saint Pétersbourg sans en donner les raisons pour l’instant. D’ici à l’assemblée générale de Sao Paulo le défi est donc grand, mais la volonté de le relever et d’obtenir l’assentiment démocratique de l’assemblée générale est portée par la force des valeurs universelles d’humanisme qui caractérise la candidature de Paris et Strasbourg.

Enjeux de société La société est en train de questionner de manière nouvelle les mathématiques et la communauté mathématique. Premièrement, les réseaux sociaux et les données massives appellent des algorithmes innovants et des modélisations originales pour à la fois améliorer leur fonctionnement et analyser leurs dangers potentiels de manière quantifiable. Deuxièmement, les inquiétudes du grand

La candidature de Paris à l’organisation de l’ICM 2022

public vis-à-vis des sciences et technologies doivent nous questionner. Enfin, les questions de diversité, de parité, de discrimination sociale dans l’éducation posent des problèmes actuels que la communauté mathématique, notamment française, ne peut ignorer. La médiatisation d’un événement tel qu’un ICM à Paris, ville des Lumières, serait une formidable caisse de résonance aux réflexions communes entre mathématiciens, enseignants, éducateurs, grand public sur ces problématiques.

Ouverture aux pays en voie de développement Tous les établissements d’enseignement supérieurs se remettent en cause actuellement sur la question de l’internationalisation de leurs formations. Mais que signifie cette internationalisation ? Vers qui est-elle dirigée ? Notre initiative d’accueil d’étudiants issus de pays en voie de développement dans une série d’écoles d’été, et ceci juste avant le congrès auquel ils pourront assister ensuite, dans des conditions d’accueil adaptées, vise à assurer à terme une offre de formations et d’échanges qui ne laisse aucun.e jeune scientifique sur le bord de la route. Il va de soi que nous visons la pérennisation de ces initiatives d’accueil, y compris dans les écoles nouvelles prévues pour encadrer l’ICM 2022 à Paris.

Lien avec les entreprises et l’innovation La candidature à l’organisation d’un ICM, et son organisation elle-même, fournit une belle opportunité de redéfinir la communauté mathématique en un sens plus large, d’inclure des collègues non académiques. Les sociétés savantes et les organismes de recherche notamment ont déjà publié de nombreux rapports et documents sur l’ubiquité et l’impact des mathématiques dans les domaines les plus dynamiques de l’économie. En montant le projet de candidature, nous avons pu le constater très concrètement à travers les manifestations d’intérêt d’entreprises très diversifiées en termes de domaines d’activités et de taille. Ces partenaires et les interactions Mathématiques-Société-Industrie seraient très présents dans ICM 2022 à Paris.

Site web et réseaux sociaux Toutes ces initiatives vous donnent envie d’en savoir plus et de vous mobiliser ? Aidez-nous, suivez-nous, contactez-nous via les comptes sur Facebook et Twitter. N’hésitez pas à consulter en premier lieu le site web de la candidature (<https://www.icm2022-paris.com/>), qui vous permettra de parcourir le dossier de candidature, mais aussi de lire les compléments ajoutés depuis. Celui-ci évoluera jusqu’à l’assemblée générale et au-delà en cas de réussite à Sao Paulo. Vous voulez aller plus vite ? La candidature possède un compte sur les principaux réseaux sociaux ; likez-nous !



Recension de livres

Courir les « rues mathématiques »

Communiqué par Nicolas Bergeron

Sorbonne Université, CNRS, Univ Paris Diderot, Paris.

RECENSION DE LIVRES

On ne présente plus l’OULIPO – OUvroid de Littérature POtentielle – ensemble d’écrivains et de mathématiciens qui œuvrent, depuis les années 1960, à inventer de nouvelles contraintes littéraires. Grâce au soutien de la Fondation Sciences Mathématiques de Paris et du Comité National Français de Mathématiciens et à l’occasion de la candidature de Paris à l’organisation de l’ICM 2022, l’OULIPO publie chez CASSINI un petit livre consacré à quelques relations entre Paris et les mathématiques. Le résultat est une petite merveille de création littéraire.

On ne trouve dans ce « Paris-Math » ni lourdes formules mathématiques, ni portraits chocs de mathématiciens parisiens. Le lien entre Paris et les mathématiques y est presque physique. Les auteurs ont en effet commencé par dresser une liste de toutes les rues de Paris en rapport avec les mathématiques. La liste des rues portant le nom d’un.e mathématicien.ne bien sûr – on apprend d’ailleurs que, même en comptant large, sur les 1700 kilomètres de voies parisiennes seules 18,7 kilomètres portent des noms de mathématicien.ne.s – mais aussi des rues (ou boulevards, ou places...) portant le nom de notions mathématiques comme carré, degré, égalité ou liberté (mais pas fraternité, faut pas pousser quand même) et même d’une notion ayant failli exister : la « cascade » que l’on appelle malheureusement maintenant « suite exacte longue » (quand ce n’est pas « longue suite exacte »). Une fois cette liste constituée, les auteurs, suivant le modèle de Raymond Queneau, sont partis *courir les rues* et en ramener une kyrielle de poèmes.

On l’a dit, le résultat est une petite merveille, il donne aussitôt envie de se lancer, son Paris-Math à la main, à la découverte de toutes ces rues, jamais visitées ou déjà parcourues mais sans les avoir vraiment vues. Les plus courageux se lanceront dans la boucle de 110 km qui débute (et arrive donc, puisque c’est une boucle) rue Raymond Queneau, dans l’arrondissement numéro 18 (nombre de Queneau), passe à mi-parcours par le collège Raymond Queneau et dessine un formidable « portrait géographique » de... Raymond Queneau ! Chaque passage, rue, boulevard ou place de cette déambulation parisienne livre une nouvelle anecdote ou information en rapport avec les mathématiques ou l’OULIPO : on y croise ainsi Zazie, la ligne S des *Exercices de style*, le collège de pataphysique, le système de vote de Borda ou

Recension de livres

un certain Clapeyron.

Si, tout comme moi, vous êtes un peu effrayé par les 22 heures de marche du portrait géographique de Raymond Queneau et habitez Paris, vous vous jetterez peut-être d’abord sur les poèmes liés à votre arrondissement. Nul doute que vous y trouverez quelques pépites, telle cette « Rue Coriolis » qui, longeant des rails issus de la gare de Lyon, ne possède que des numéros pairs... ou presque, puisque :

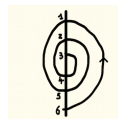
Tout au bout, en face du numéro (pair) 56, à cause de la force de Coriolis, qui fait se courber les rails (de la gare de Lyon), on a trouvé la place de mettre un immeuble, entre la rue et les rails (de la gare de Lyon).
 Il y a donc un numéro impair dans la rue Coriolis.
 Un seul.
 Et cet unique numéro impair est le 19.
 Ah.

Ce bout de poème invite à mentionner un autre aspect du livre : son bilinguisme. Un rotation d’angle π autour de l’axe horizontal du livre conduit en effet au même livre mais en traduction anglaise. Et il arrive parfois que la traduction transcende le texte originale :

And so there is a single odd number in the rue de Coriolis.
 Just one.
 And this single odd number is 19.
 Odd indeed.

Le traducteur-oulipien (IM), qui habite dans le 12ème, rend un autre hommage à cet arrondissement puisqu’il s’amuse à répartir douze poèmes, de douze vers de douze mots dans le livre. Le premier, « Rue Lagrange », est une sextine, forme inventée par le grand troubadour Arnaut Daniel au 13ème siècle (en *douze cent* quelque chose donc) : les six vers de chacune des strophes se terminent par les mêmes mots et, d’une strophe à la suivante, ces « mots-rimes » sont échangés par la permutation « en spirale » :¹

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 6 & 1 & 5 & 2 & 4 & 3 \end{pmatrix}$$



Exécuter cette permutation une fois de plus ramènerait à l’ordre initial. On s’arrête donc avant.

1. Cette permutation étant un cycle d’ordre 6, on dit que le chiffre 6 est un nombre de Queneau.

On trouve bien sûr beaucoup d'autres exemples de contraintes dans le livre, des septines, quenoums, mongines, pantoums ou lipogrammes. Tel ce savoureux lipogramme en e, avec assonances en i, sur Cauchy :

Louis
Augustin Cauchy
naquit
puis
grandit
puis
appris.
Conspira-t-il ?
Louis
Dix-huit
fit
baron Cauchy
l'honorant ainsi.
On vit
alors Cauchy
maints folios noircir
il sommaït la fonction sur un contour, divisait par π
puis par i
il formula ainsi
$$\frac{1}{2i\pi} \int \frac{f(z)dz}{z-\xi} = f(\xi)$$

(où j'ai mis
un ξ).
Ainsi
on nomma ici
à Paris
si, si
un cours Cauchy.

Les maths résonnent décidément autrement dans ce petit livre. Je vous en recommande chaleureusement la lecture !

Nouveaux modèles géométriques pour la CAO

*Communiqué par Juliette Venel,
Univ. de Valenciennes.*

La géométrie du 21ème siècle est indissociable de l’ordinateur. La performance des logiciels de géométrie qu’ils soient gratuits ou sous licence d’exploitation s’accroît de jour en jour. La plupart repose sur la représentation de courbes à l’aide de points de contrôle communément appelés courbes Bezier ou courbes splines. L’ouvrage traite de ses courbes représentées par des points massiques c’est à dire des points pondérés ou des vecteurs. Plongées dans un espace non euclidien dit espace de Minkovski- Lorentz, elles servent à la représentation de surfaces canal, enveloppés de sphères orientées. En particulier, les coniques planes représentées par des points massiques de contrôle, placées dans l’espace de Lorentz fourniront un outil de description, le raccord et les points à l’infini de cyclides de Dupin.

Lionel Garnier est Maître de Conférences en Informatique à l’Université de Bourgogne-Franche-Comté attaché au laboratoire Le2i. Il collabore depuis plusieurs années avec Jean-Paul Becar, Maître de Conférences en Mathématiques Appliquées à l’Université Valenciennes. Leurs domaines d’investigation sont les courbes et surfaces de la CAO.

Lionel Garnier, Jean-Paul Becar : *Nouveaux modèles géométriques pour la CAO et la synthèse d’images. Courbes de Bezier, points massiques et surfaces canal*
Editions Universitaires Européennes, Saarbruecken, 2017 978-3-639-54676

Comptes rendus de manifestations

Forum de Jeunes Mathématicien(ne)s

Communiqué par Anne Gégout-Petit,

Régine Marchand,

Irène Marcovici,

Anne de Roton

L'édition 2017 du Forum des Jeunes Mathématicien(ne)s s'est déroulée du 22 au 24 novembre 2017 à l'Institut Elie Cartan de Lorraine, à Nancy, sur le thème "Mathématiques et Interactions". Organisé par l'association Femmes et Mathématiques, en partenariat avec la Mission pour la Place des Femmes du CNRS, le Forum est une manifestation qui s'adresse aux jeunes mathématiciens et plus spécifiquement aux jeunes mathématiciennes.

Au programme des réjouissances cette année :

- les exposés enthousiastes des jeunes participant(e)s ;
- quatre exposés passionnants de mathématiciennes accomplies : Véronique Cortier (LORIA/CNRS, Nancy), Madalina Deaconu (IECL/INRIA, Nancy), Marie-Pierre Etienne (AgroParisTech, Rennes), Sonia Fliss (ENSTA, Palaiseau) ;
- un exposé éclairant de la sociologue Sabrina Sinigaglia-Amadio (2L2S, Nancy), sur les stéréotypes de genre en mathématiques ;
- un (faux) débat percutant "Femme et Sciences : analyse, enjeux et perspectives", animé par Ludovic Füschtelkeit, de la compagnie théâtrale l'Autre Monde.

Au total, le Forum a accueilli cette année une cinquantaine de participant(e)s, auxquels se sont joints des étudiant(e)s de mathématiques pour les exposés grand public. Les jeunes mathématicien(ne)s ont particulièrement apprécié l'atelier de mentorat, qui leur a permis de partager leurs projets, mais aussi leurs doutes et leurs difficultés. Nous avons aussi profité de cette occasion pour inaugurer la superbe exposition de portraits de mathématiciennes, Women of Mathematics, dans le hall de l'IECL à Nancy.

Ce fut donc un beau moment de science et d'échange, et nous souhaitons une longue vie à ce Forum !

Comptes rendus de manifestations

Compte-rendu du 6^e Forum Emploi Maths (FEM)

Communiqué par Laurent Boudin et Bertrand Michel



FIGURE 16: Affiche du Forum Emploi Maths 2017.

Équipe d'organisation :

Flora Alarcon, Aurore Archimbaud, Fanny Bastien, Emmanuel Bernuau, Hermine Biermé, Laurent Boudin, Afaf Bouharguane, Françoise Bouillet, Annabelle Collin, Vincent Couallier, Sylvain Coulon, Samantha Da Costa Meira, Juana Dos-Santos, Jonathan El Methni, Richard Fontanges, Huong Fuentes, Bérénice Grec, Magali Le Chaponnier, Damiano Lombardi, Christine Malot, Bertrand Michel, Gaël Octavia, Meltem Ozturk, Christophe Picard, Bruno Rusconi, Noura Sahtout, Laure Sansonnet, Dominique Wetzels, ainsi que l'ensemble des facilitateurs AMIES et les responsables des maisons MSO.

Le 13 décembre dernier, le Centre des Congrès de la Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris – la Villette a accueilli la sixième édition du Forum Emploi Maths, sous l'impulsion de l'Agence Mathématiques en Interaction avec les Entreprises et la Société (AMIES), la Société Française de Statistique (SFdS) et la Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles (SMAI).

Plus de 1900 personnes ont participé à ce FEM, elles venaient de toute la France, en particulier, près de la moitié des 1500 étudiant(e)s présent(e)s venaient d’autres régions que l’Île-de-France. 84 stands étaient mis à disposition, équitablement répartis entre entreprises d’une part, et formations, laboratoires, labex et sociétés savantes d’autre part. Ces stands ont été le reflet de la richesse et de la diversité des formations et des emplois liés aux mathématiques en France.

Les participant(e)s ont été accueilli(e)s en début de journée par les responsables des trois partenaires institutionnels à l’origine du FEM : Gérard Biau (SFdS), Stéphane Cordier (AMIES) et Thierry Horsin (SMAI). Le secrétaire d’État en charge du Numérique, Mounir Mahjoubi, a également tenu à transmettre un message vidéo de soutien à l’initiative du FEM :

www.youtube.com/watch?v=xI01bZ93rps

La journée a ensuite été construite autour de plusieurs actions.

Tout d’abord, se sont tenues **cinq tables rondes thématiques** sur les métiers des maths spécifiques à des mondes professionnels :

- *Mathématiques, banque et assurances*, animée par Gilles Pagès (UPMC), avec la participation de Camille Brossette (Capfi), Marine Habart (Axa) et Véronique Maume-Deschamps (Univ. Lyon 1) ;
- *Mathématiques et digital*, animée par Christophe Prud’homme (Univ. Strasbourg), avec la participation de Frédéric Bernier (LumenAI), Emmanuel Frénod (See-d et Univ. Bretagne-sud), Anne Gayet (AID) et Sarah Mohajeri (Google) ;
- *Mathématiques et Énergie*, animée par Anne Philippe (Univ. Nantes), avec la participation de Laurence Beaude (Univ. Côte d’Azur), Raphaële Herbin (Aix-Marseille Univ.), David Iampietro (EDF) et Lucie Montuelle (RTE) ;
- *Mathématiques et Environnement*, animée par Anne Gégout-Petit (Univ. Lorraine), avec la participation de Yannick Deleuze (Veolia), Élodie Doutart (Idele), Jacques Sainte-Marie (Inria) ;
- *Mathématiques et Santé*, animée par Jean-Frédéric Gerbeau (Inria), avec la participation de Georges Caillibotte (Air Liquide), Frédéric Dubois (Servier) et Adeline Leclercq-Samson (Univ. Grenoble-Alpes).

Ces tables rondes ont été le lieu d’échanges animés sur les besoins en mathématicien(ne)s dans ces mondes professionnels, ainsi qu’aux nécessaires évolutions des formations et du monde académique pour mieux y répondre.

Plus traditionnels, mais tout aussi utiles auprès des jeunes diplômé(e)s, la douzaine de **témoignages de mathématicien(ne)s** travaillant en entreprise ont rassemblé un large public. Ces témoignages ont permis de refléter au mieux la grande diversité des métiers de notre discipline. En complément, Raphaële Herbin, Professeure à Aix-Marseille Université, spécialiste de l’analyse numérique des équations aux dérivées partielles, a proposé une introduction accessible aux tra-

Comptes rendus de manifestations



FIGURE 17: Plateau de la table ronde *Mathématiques, banque et assurances*.

vaux qui lui ont valu d’être co-lauréate de la médaille CNRS de l’innovation 2017. Les **présentations d’entreprises** participant au Forum ont permis d’éclairer les politiques scientifiques et de recrutement de ces dernières, ainsi que leurs objectifs à plus ou moins long terme. Des **sessions d’information** sur les candidatures en Master (nécessaire avec la mise en place de la sélection à l’entrée), les thèses en milieu industriel ou les métiers de la recherche opérationnelle sont venues compléter le panorama proposé à l’ensemble des participants.

Le **prix de thèse AMIES 2017**, parrainé par les sociétés savantes SFdS, SMAI et SMF, a également été remis à l’occasion du Forum Emploi Maths à Axel Parmentier (Univ. Paris-Est), pour ses travaux doctoraux intitulés *Algorithms for shortest path and airline problems*, effectués sous la direction de Frédéric Meunier, dans le cadre d’une collaboration avec Air France.

Enfin, comme lors de chaque Forum, une intervention de personnalités publiques de premier plan était prévue, cette fois en début d’après-midi, sous la forme d’un **débat prospectif**, intitulé *Mathématiques, clé de l’innovation*, animé par Christoph Sorger (ancien directeur de l’Insmi, Univ. Nantes), avec la participation d’Olivier Bousquet (responsable du département recherche en apprentissage, Google Europe), Maria J. Esteban (présidente de l’ICIAM, Conseil international des mathématiques industrielles et appliquées) et Axelle Lemaire (précédemment secrétaire d’État en charge du Numérique et de l’Innovation). Cédric Villani, dont la présence était initialement programmée, n’a pu finalement se rendre disponible à cause de ses obligations de député.

Pour conclure ce bref compte-rendu, l’équipe d’organisation souhaite adresser ses plus vifs remerciements aux partenaires institutionnels du FEM pour leur sou-



FIGURE 18: Plateau du débat prospectif.

tien inconditionnel : ses organisateurs, SFdS, SMAI, AMIES, les tutelles d’AMIES (CNRS, Univ. Grenoble-Alpes, Inria), les autres membres du comité de pilotage, FMJH, FSMP, IHP, ROADEF, SMF. Mais nos remerciements vont principalement à vous toutes et tous, participant(e)s du Forum, que vous apparteniez au monde académique ou au monde de l’entreprise. Si le Forum Emploi Maths est un succès, il le doit d’abord à vous ! Quelles que soient les politiques scientifiques à venir, il est essentiel que la communauté mathématique reste unie dans l’intérêt supérieur des plus jeunes mathématicien(ne)s.

Rendez-vous le 13 décembre 2018, toujours à la Vilette, pour la septième édition du FEM !

Notable Titles in Applied Math

from **siam** | Society for Industrial and Applied Mathematics

Computing Highly Oscillatory Integrals

Alfredo Deaño, Daan Huybrechs, and Arieh Iserles

Highly oscillatory phenomena range across numerous areas in science and engineering and their computation represents a difficult challenge. Research in the past 15 years resulted in a range of very effective and affordable algorithms for highly oscillatory quadrature. This is the only monograph bringing together the new body of ideas in this area in its entirety.

2018 • *x* + 180 pages • Softcover • 978-1-611975-11-6
List \$79.00 • Member \$55.30 • OT155

Linear Algebra and Matrices

Shmuel Friedland and Mohsen Aliabadi

This introductory textbook grew out of several courses in linear algebra given over more than a decade and includes such helpful material as constructive discussions about the motivation of fundamental concepts; many worked-out problems in each chapter; and topics rarely covered in typical linear algebra textbooks.

2018 • *xvi* + 285 pages • Softcover • 978-1-611975-13-0
List \$69.00 • SIAM Member \$48.30 • OT156

Elementary Numerical Analysis: An Algorithmic Approach

S. D. Conte and Carl de Boor
Classics in Applied Mathematics 78

This textbook provides a thorough and careful introduction to the theory and practice of scientific computing at an elementary, yet rigorous, level, from theory via examples and algorithms to computer programs.

2017 • *xxiv* + 456 pages • Softcover • 978-1-611975-19-2
List \$76.00 • SIAM Member Price \$53.20 • CL78

Mathematics Motivated by the Social and Behavioral Sciences

Donald G. Saari

CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics 91

The author explains new mathematical approaches to the social and behavioral sciences in an introductory, expository, and accessible manner and explores new ways to handle dynamics and evolutionary game theory, to identify subtleties of decision and voting methods, and to recognize unexpected modeling concerns.

2018 • *xviii* + 171 pages • Softcover • 978-1-611975-17-8
List \$59.00 • SIAM Member \$41.30 • CB91

Exploring ODEs

Nick Trefethen, Ásgeir Birkisson, and Tobin A. Driscoll

Exploring ODEs is a textbook of ordinary differential equations for advanced undergraduates, graduate students, scientists, and engineers. It is unlike other books in this field in that each concept is illustrated numerically via a few lines of Chebfun code. There are about 400 computer-generated figures in all, and Appendix B presents 100 more examples as templates for further exploration.

2018 • *viii* + 335 pages • Hardcover • 978-1-611975-15-4
List \$64.00 • SIAM Member \$44.80 • OT157

Numerical Methods for Conservation Laws: From Analysis to Algorithm

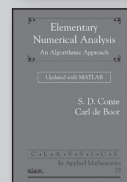
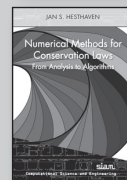
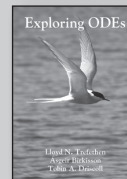
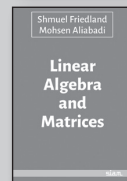
Jan S. Hesthaven

Computational Science and Engineering 18

This book offers the first comprehensive introduction to modern computational methods and their analysis for hyperbolic conservation laws, building on intense research activities for more than four decades of development.

2017 • *xvi* + 570 pages • Softcover • 978-1-611975-09-3
List \$89.00 • Member \$62.30 • CS18

Computing Highly Oscillatory Integrals



siam
Society for Industrial and Applied Mathematics

ORDER at bookstore.siam.org

All prices are in US dollars.

Use your credit card (AMEX, Discover, MasterCard, or VISA) when ordering online, by phone at +1-215-382-9800 worldwide or toll free at 800-447-SIAM in USA and Canada, or by fax at +1-215-386-7999. Send check or money order to: SIAM, Dept. BKMA18, 3600 Market Street, 6th Floor, Philadelphia, PA 19104-2688. Members and customers outside North America can also order through SIAM's distributor, the Eurospan Group, at www.eurospanbookstore.com/siam.

Résumés de thèses

Communiqué par Cécile LOUCHET

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

Habilitations à diriger des recherches

Joan Alexis GLAUNÈS

Méthodes de recalage et de co-recalage, métriques à noyaux et modèles géométriques associés

*Soutenue le 5 décembre 2017
MAP5, Université Paris-Descartes*

Les modèles difféomorphiques pour le traitement d'image ont été développés depuis une vingtaine d'année et offrent un cadre théorique et pratique pour résoudre divers problèmes en analyse de forme : recalage d'images, estimation de forme moyenne, analyses longitudinales, statistiques sur les déformations. Ces études sont souvent effectués sur des formes géométriques d'intérêt extraites des images : courbes, surfaces, et non sur les images elles-mêmes. Les travaux présentés dans ce mémoire s'inscrivent dans ce cadre général et proposent plusieurs extensions du modèle : une méthode de recherche rapide de forme moyenne, une étude des noyaux reproduisant matriciels invariants, permettant de générer des champs à divergence nulle ou irrotationnels, ainsi que le modèle des cycles normaux qui permet la prise en compte de la courbure des formes dans la mise en correspondance.

Christophe LE POTIER

**Construction et développement de nouveaux schémas
pour des problèmes elliptiques ou paraboliques**

Soutenu le 15 novembre 2017

Université Paris-Est

Dans cette habilitation à diriger des recherches, nous présentons une synthèse des schémas linéaires et non linéaires que nous avons proposés, de 2005 à 2017, pour la discrétisation d'opérateurs de diffusion dans les services SFME et STMF (Services de mécanique des fluides) du CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique) dans le cadre d'études concernant le stockage de déchets nucléaires en formation géologique profonde.

Nous présentons, tout d'abord, un nouvel algorithme de volumes finis prenant en compte des tenseurs hétérogènes anisotropes pour des simplexes, des parallélogrammes ou des parallélépipèdes. Il est inspiré d'un schéma proposé par I. Aavatsmark et ses co-auteurs en 1998. Notre contribution a consisté à rendre la méthode symétrique tout en conservant la consistance du schéma. La matrice globale associée à cette discrétisation est définie positive.

Dans les années 2008-2009, nous avons cherché à résoudre le problème suivant : existe-t-il des schémas linéaires convergents discrétisant des termes de diffusion sur des maillages déformés, ou avec des tenseurs anisotropes, préservant le principe du maximum ? Nous montrons que la réponse est positive avec une discrétisation de type différences finies généralisées sur des polygones de forme générale. La matrice associée au schéma est à diagonale fortement dominante. Une légère hypothèse sur le maillage permet d'établir la convergence de la méthode.

Les derniers chapitres sont consacrés à des schémas ou aux corrections non linéaires permettant de respecter le principe du maximum pour des maillages très allongés ou des tenseurs très anisotropes. Nous présentons la construction de schémas qui sont des variantes non linéaires de la méthode dite du "Diamant". L'idée du schéma est de combiner, de manière non linéaire, deux flux de part et d'autre de chaque arête.

Dans le dernier chapitre, nous construisons des corrections non linéaires applicables à une large gamme de schémas classiques (Éléments finis, Volumes Finis, etc.). Une des variantes de ce type de méthode est une correction non linéaire d'une discrétisation en volumes finis centrés sur les cellules. Nous rappelons que le schéma modifié reste exact pour des fonctions affines, qu'il est coercif et qu'il supprime toutes les oscillations. Sous condition de consistance de la correction, nous montrons la convergence de la méthode.

Victor PÉRON

**Modélisation asymptotique, analyse numérique et calcul scientifique
pour des applications en physique**

Soutenue le 6 décembre 2017

Université de Pau et des Pays de l'Adour

Mes travaux concernent la modélisation de phénomènes de propagation d'ondes acoustiques, élastiques ou électromagnétiques dans des milieux hétérogènes. Dans la plupart des problèmes abordés, je décris un phénomène au moyen d'un développement asymptotique multi-échelle. Des modèles réduits sont développés et implémentés dans des codes d'éléments finis. Le chapitre 1 porte sur des problèmes de couplages d'ondes acoustiques et élastiques en présence de milieux minces. Le chapitre 2 porte sur des problèmes de transmission en électromagnétisme à travers des interfaces minces en présence de forts contrastes de conductivité. Ce chapitre est complété par une étude comparative d'une famille de modèles de couches minces pour des problèmes de transmission en électromagnétisme en vue d'applications bio-médicales (Annexe A). Enfin, je décris un phénomène de couche limite pour un écoulement fluide dans un milieu poreux en présence d'un fort contraste de viscosités, au moyen d'un développement WKB (Annexe B).

Je me suis aussi intéressé à l'analyse de problèmes elliptiques en présence de singularités de coins et d'arêtes, pour des applications en électromagnétisme et en élasticité. Cette analyse repose sur la détermination d'un développement asymptotique de la solution près d'une singularité géométrique, et peut s'effectuer au moyen de l'analyse de Mellin qui permet de déterminer les exposants de singularités ainsi que les fonctions singulières associées (appelées *singularités*). Les coefficients de singularités associés aux singularités peuvent être déterminés approximativement au moyen de la méthode de la fonction quasi-duale. Le chapitre 3 porte sur la détermination des asymptotiques de coins (construction des fonctions singulières et extraction des coefficients de singularités) du potentiel magnétique pour le problème des courants de Foucault ainsi que sur un développement asymptotique du potentiel par rapport à l'épaisseur de peau. Ce travail permet de modifier la condition de Leontovich près d'un coin. Dans le chapitre 4, on s'intéresse à la détermination des singularités et des coefficients de singularités au voisinage d'une arête (droite ou courbe) pour le problème du Laplacien en 3D. La plupart des problèmes abordés ont suscité le développement de méthodes numériques, telle que la méthode de la fonction quasi-duale. Je me suis aussi intéressé à des méthodes spectrales et approximations polynomiales pour des équations intégrales singulières ainsi qu'au développement de méthodes d'éléments finis, en particulier à une méthode de type Galerkin discontinue combinée avec une méthode d'upscaling.

Thèses de doctorat d’université

Abdel kader AL SAYED

Directeurs de thèse : Gilles Carbou (université de Pau et des Pays de l’Adour) et Stéphane Labbé (université Grenoble-Alpes).

Modélisation des nano-fils ferromagnétiques

Soutenue le 22 décembre 2017

Université de Pau et des Pays de l’Adour

Cette thèse porte sur la modélisation de nano-fils ferromagnétiques. La première partie est consacrée à la dérivation par processus asymptotique d’un modèle unidimensionnel de nano-fil ferromagnétique fini, courbé, torsadé et de section elliptique non constante, soumis à un courant électrique. Nous utilisons ensuite le modèle asymptotique de jonction de fils pour considérer deux cas :

- celui d’un fil infini présentant un coude dans la deuxième partie,
- celui un fil rectiligne infini sur lequel on branche perpendiculairement un fil fini dans la troisième partie.

Dans chacun des cas précédents, on explicite toutes les solutions stationnaires. Nous étudions ensuite la stabilité de ces solutions, en concluant que le coude et la jonction sont des points attracteurs du mur. Dans la dernière partie, nous introduisons une méthode numérique de type différences finis d’ordre 2 en espace adaptée à la simulation des systèmes de réseaux de nano-fils. Après avoir établi numériquement l’ordre de convergence de la méthode, nous validons le schéma en simulant soit des phénomènes décrits dans la littérature, soit des propriétés décrites de manières théoriques dans les parties précédents.

Ainsi, nous calculons d’abord le seuil de Walker pour un fil rectiligne. De plus, nous vérifions que la configuration du mur est stable dans un fil pincé même en présence d’un petit champ appliqué dans la direction du fil. Par la suite nous vérifions les résultats de stabilité pour les cas d’un fil coudé de longueur finie et d’un jonction de trois fils finis. Enfin, nous étudions la propagation de plusieurs murs dans un réseau de fils sous forme d’un peigne en injectant un courant électrique. Dans cette partie toutes les simulations numériques sont faites en Python avec quelques visualisations en Matlab.

Manon BAUDEL

Directeur de thèse : Nils Berglund (université d’Orléans).

Théorie spectrale pour des applications de Poincaré aléatoires

Soutenu le 1er décembre 2017

Université d’Orléans

Nous nous intéressons à des équations différentielles stochastiques obtenues en perturbant par un bruit blanc des équations différentielles ordinaires admettant N orbites périodiques asymptotiquement stables. Nous construisons une chaîne de Markov à temps discret et espace d’états continu appelée application de Poincaré aléatoire qui hérite du comportement métastable du système.

Nous montrons que ce processus admet exactement N valeurs propres qui sont exponentiellement proches de 1 et nous donnons des expressions pour ces valeurs propres et les fonctions propres associées en termes de fonctions committeurs dans les voisinages des orbites périodiques.

Nous montrons également que ces valeurs propres sont bien séparées du reste du spectre. Chacune de ces valeurs propres exponentiellement proche de 1 est également reliée à un temps d’atteinte de ces voisinages.

De plus, les N valeurs propres exponentiellement proches de 1 et fonctions propres à gauche et à droite associées peuvent être respectivement approchées par des valeurs propres principales, des distributions quasi-stationnaires, et des fonctions propres principales à droite de processus tués quand ils atteignent ces voisinages.

Thomas BLANC

Directeur de thèse : Mihai Bostan (Université d’Aix-Marseille).

**Analyse mathématique des problèmes paraboliques
fortement anisotropes**

Soutenu le 4 décembre 2017

Université d’Aix-Marseille, Institut de Mathématiques de Marseille

Ce manuscrit de thèse traite de l’analyse asymptotique de problèmes paraboliques possédant des termes raides. Dans un premier temps, on fait l’analyse asymptotique d’un système parabolique possédant des termes de transport raide. Une analyse à deux échelles, basée sur des résultats de théorie ergodique, nous permet de dériver un système limite effectif. Ce système effectif se trouve être, de nouveau, un système parabolique dont le champ de diffusion peut être explicité par une moyenne du champ de diffusion initial le long d’un groupe d’opérateurs unitaires. L’introduction d’un correcteur nous permet d’obtenir un résultat de convergence forte, avec un ordre de convergence, pour des données initiales non nécessairement bien préparées. On propose dans un second temps une méthode numérique permettant de calculer le champ de diffusion effectif. Celle-ci est basée sur la combinaison

Résumés de thèses

d'un schéma Runge-Kutta et d'un schéma de type semi-Lagrangien. L'ordre de convergence obtenu théoriquement est mis en évidence de manière numérique. On propose une méthode numérique basée sur un splitting d'opérateur pour la résolution du système parabolique avec termes de transport raide. Enfin, on effectue l'analyse asymptotique d'un système parabolique fortement anisotrope. Sous de bonnes hypothèses de régularité, un système variationnel effectif est proposé et l'introduction d'un correcteur adapté permet d'obtenir un résultat de convergence forte avec un ordre de convergence. Les arguments utilisés relèvent une nouvelle fois de l'analyse à deux échelles et de la théorie ergodique.

Mots-clés : Analyse asymptotique, analyse multi-échelle, homogénéisation, théorie ergodique, opérateurs de moyenne, schémas semi-Lagrangien.

Rémi BUFFE

Directeurs de thèse : Jérôme Le Rousseau (université Paris-Nord) et Luc Robbiano (université de Versailles Saint Quentin).

**Inégalités de Carleman près de bords, d'interfaces
et pour des problèmes singuliers**

Soutenue le 22 novembre 2017

Université d'Orléans

Les inégalités de Carleman sont des inégalités d'énergie a priori, sur les solutions d'équations aux dérivées partielles. Elles ont été introduites en premier lieu par T. Carleman afin d'obtenir des propriétés de prolongement unique pour des opérateurs elliptiques. L'intérêt de telles inégalités est la présence d'une fonction poids qui permet de "propager" de l'information à travers le domaine. Le lien fort entre inégalités de Carleman et les propriétés de prolongement unique, ainsi que les inégalités d'observabilité en font un outil central en théorie du contrôle, stabilisation, et problèmes inverses.

Dans la première partie, on s'attache à l'obtention d'inégalités de Carleman elliptiques pour des opérateurs d'ordre deux au voisinage du bord pour des conditions dites de Ventcel. Ces conditions sont caractérisées par la présence d'un opérateur de Laplace-Beltrami sur la frontière, et modélisent un domaine présentant une couche fine d'une rigidité différente. Dans une seconde partie, on démontre une inégalité adaptée aux multi-interfaces, pour des opérateurs elliptiques d'ordre quelconque, sous la condition classique de sous-ellipticité de Hörmander, ainsi que sous une condition de compatibilité entre les opérateurs sur la multi-interface et ceux à l'intérieur, dite de recouvrement. Cette condition généralise la condition de Shapiro-Lopatinskii. Enfin, dans une dernière partie, on s'intéresse à la contrôlabilité de l'équation de la chaleur via la stratégie de Lebeau-Robbiano et à la stabilisation faible de l'équation des ondes dans des domaines polygonaux.

Olivier CHABROL

Directeurs de thèse : Gilles Didier, Pierre Pontarotti (Université d’Aix-Marseille).

Modèles et algorithmes pour l’évolution biologique

Soutenue le 14 décembre 2017

Université d’Aix-Marseille, Institut de Mathématiques de Marseille

Cette thèse aborde plusieurs questions relatives à l’évolution biologique au moyen de modèles mathématiques et d’algorithmes de calcul les utilisant. Elle se trouve donc à l’intersection des mathématiques, de l’informatique et de la biologie.

La première partie est consacrée au travail que j’effectue en tant qu’ingénieur en bioinformatique et qui a donné lieu à sept articles en collaboration. Elle est principalement constituée de l’un de ces sept articles, qui est représentatif de mon activité dans ce cadre et dans lequel divers outils d’analyse sont utilisés afin d’étudier l’adaptation des coraux aux changements de température. Plus précisément, il s’agit de déterminer si la tolérance aux changements de température que l’on observe chez les coraux vivants à de faibles profondeurs a été spécifiquement sélectionnée au cours de leur évolution ou si cette tolérance est partagée par toutes les espèces de coraux, y compris celles vivant à des profondeurs où il n’y a pas, ou très peu, de variations de température.

La question principale étudiée dans la thèse est la mise en évidence de signatures moléculaires de la convergence évolutive qui est le phénomène par lequel des espèces éloignées développent indépendamment des caractères similaires. Nous proposons une approche originale permettant de détecter les positions des protéines potentiellement impliquées dans la convergence d’un caractère binaire donné. Celle-ci repose sur une mesure du “niveau de convergence” des positions, qui est une espérance déterminée sous des modèles Markoviens d’évolution protéique. Nous donnons un algorithme de calcul polynomial de cet indice et montrons (i) qu’il discrimine mieux que les méthodes précédentes, les positions convergentes des “neutres” sur des simulations et (ii) que notre approche donne des résultats qui font sens biologiquement sur un exemple réel. En effet, appliquée à un jeu de données relatif à l’apparition indépendante de l’écholocalisation chez les dauphins et les chauve-souris, celle-ci détecte un nombre significativement important de gènes liés à l’audition, ce qui constitue une validation de notre approche.

Résumés de thèses

Clément CHESSEBOEUF

Directeurs de thèse : Hermine Biermé, Julien Dambrine et Rémy Guillevin (université de Poitiers).

**Méthodes mathématiques et numériques
pour la modélisation des déformations et l’analyse de texture.
Applications en imagerie médicale**

Soutenue le 20 novembre 2017

LMA, Université de Poitiers

Nous décrivons une procédure numérique pour le recalage d’IRM cérébrales 3D. Le problème d’appariement est abordé à travers la distinction usuelle entre le modèle de déformation et le critère d’appariement. Le modèle de déformation est celui de *l’anatomie computationnelle* et se fonde sur un groupe de difféomorphismes engendrés en intégrant des champs de vecteurs. Le critère d’appariement est construit en comparant les lignes de niveau des images. Pour le recalage, on se place dans l’ensemble des déformations et on minimise le critère en suivant le principe de *l’algorithme sous-optimal*. La procédure numérique permettant le recalage des IRM 3D est intégralement décrite. Nos travaux concernent aussi l’analyse des propriétés de l’algorithme. Pour cela, nous avons étudié l’équation représentant l’évolution de l’image en utilisant la théorie des solutions de viscosité. Nous étudions aussi le problème de *rupture* dans la variance d’un signal aléatoire gaussien. L’estimateur de l’instant de rupture est défini comme le point maximisant une fonction de contraste. Nous étudions la convergence de cette fonction et celle de l’estimateur associé. L’application la plus directe concerne l’estimation de changement dans le paramètre de Hurst d’un mouvement brownien fractionnaire. L’estimateur dépend d’un paramètre p et nos résultats montrent qu’il peut être intéressant de choisir $p < 2$.

Cédric COPOL

Directeurs de thèse : Jacques Laminie (université des Antilles) et Simon Lopez (BRGM).

**Études mathématiques et numériques pour la modélisation des
systèmes hydrothermaux. Applications à la géothermie haute énergie**

Soutenue le 9 décembre 2016

Laboratoire LAMIA, Université des Antilles

L’objectif de notre étude est de modéliser un réservoir géothermique. Si nous supposons que le réservoir géothermique n’est composé que d’eau pure, le transfert de matière et d’énergie est classiquement décrit par deux équations de conservation : la conservation de la matière et la conservation de l’énergie. À ces deux équations vient s’ajouter la vitesse du fluide, classiquement donnée par la loi de Darcy tandis que les propriétés thermodynamiques, obtenues grâce à des équations

théoriques ou empiriques (les équations d'état), ferme le modèle mathématique. Dès lors, il existe différents schémas de résolutions. Le premier est de résoudre en pression et température puis de procéder à un changement de variable inconnue lors du passage de monophasique à diphasique ou de diphasique à monophasique. TOUGH2 utilise le couple pression et saturation dans la zone diphasique. La seconde approche est de résoudre en pression et enthalpie afin d'accroître la stabilité lors de la transition entre l'état monophasique et l'état diphasique (voir Hydrotherm). Nous avons adopté la seconde option, résoudre en pression et enthalpie. De plus la résolution spatiale est faite avec les volumes finis. La modélisation d'un réservoir géothermique fait intervenir des équations fortement dépendantes l'une de l'autre. Cependant nous avons fait le choix de découpler la résolution afin de se libérer de la complexité de la résolution de système couplé. Nous montrerons que cette méthode demeure suffisamment précise pour une utilisation aussi bien dans le domaine industriel que dans celui de la recherche. Nous offrons à l'utilisateur une grande liberté grâce à l'implémentation de plusieurs méthodes : Euler implicite, explicite, Runge-Kutta ou BDF2 pour les solveurs temporels ou GMRES et BICGSTAB pour les solveurs linéaires. Nous pouvons gérer des conditions aux limites très variées telles que des flux nuls ou une condition mixte. Cette dernière situation décrit une zone de recharge ou de décharge. Nous avons développé un outil multilingage : Python, Fortran et C++. Enfin nous avons appliqué le modèle sur le bassin parisien, France, sur plusieurs systèmes 1D et un autre système 2D réalisés par Coumou avec la plateforme CSMP++. Le bassin parisien est un réservoir exploité pour produire de la chaleur par le biais du pompage d'une eau à 70°C et réinjectée à 40°C.

Sylvain DOTTI

Directeurs de thèse : Thierry Gallouët (université Aix-Marseille), Julien Vovelle (CNRS, université Lyon 1).

**Approximation numérique de lois de conservation hyperboliques
stochastiques scalaires**

Soutenue le 4 décembre 2017

Université Aix-Marseille

Nous étudions, dans cette thèse, une loi de conservation scalaire hyperbolique d'ordre un avec terme source stochastique et flux non-linéaire. Le terme source stochastique peut être considéré comme la superposition d'une infinité de bruits Gaussiens dépendants de la quantité conservée. Nous donnons une définition de solution de cette équation aux dérivées partielles stochastiques (EDPS) d'un point de vue intermédiaire entre celui de l'analyste (solution non régulière en espace, introduction d'une variable supplémentaire dite cinétique) et celui du probabiliste (solution processus stochastique continu à droite limité à gauche en temps). L'unicité de la solution est prouvée grâce à un dédoublement des variables à la Kruzkov.

Nous étudions la stabilité de la loi de conservation pour donner un théorème général

Résumés de thèses

donnant les conditions d’existence d’une solution et les conditions de convergence d’une suite de solutions approchées vers la solution de la loi de conservation. Cette étude se fait grâce à des outils probabilistes : représentation des martingales sous forme d’intégrales stochastiques, existence d’un espace probabilisé sur lequel la convergence de lois de probabilités est équivalente à la convergence presque sûre de variables aléatoires.

Pour finir l’étude, nous prouvons l’existence d’une solution grâce aux propriétés de l’approximation de l’EDPS par un schéma numérique des Volumes Finis explicite en temps, puis la convergence de cette approximation vers la solution de l’EDPS. Les outils utilisés sont ceux de l’analyse, spécifiquement ceux de la méthode des Volumes Finis en déterministe, auxquels il faut ajouter ceux du calcul stochastique (outils probabilistes).

Florian FAUCHER

Directrice de thèse : Hélène Barucq (Inria Bordeaux Sud-Ouest, Université de Pau et des Pays de l’Adour).

Contribution à l’imagerie sismique par inversion des formes d’onde pour les équations d’ondes harmoniques : estimation de stabilité, analyse de convergence, expériences numériques utilisant des algorithmes d’optimisation à grande échelle.

Soutenue le 19 novembre 2017

Université de Pau et des Pays de l’Adour

Dans ce projet, nous étudions la reconstruction de milieux terrestres souterrains. L’imagerie sismique est traitée avec un problème de minimisation itérative à grande échelle, et nous utilisons la méthode de l’inversion des formes d’ondes (Full Waveform Inversion, FWI). La reconstruction est basée sur des mesures d’ondes sismiques, car ces ondes sont caractérisées par le milieu dans lequel elles se propagent. Tout d’abord, nous présentons les méthodes numériques qui sont nécessaires pour prendre en compte l’hétérogénéité et l’anisotropie de la Terre. Ici, nous travaillons avec les solutions harmoniques des équations des ondes, donc dans le domaine fréquentiel. Nous détaillons les équations et l’approche numérique mises en place pour résoudre le problème d’onde.

Le problème inverse est établi afin de reconstruire les propriétés du milieu. Il s’agit d’un problème non-linéaire et mal posé, pour lequel nous disposons de peu de données. Cependant, nous pouvons montrer une stabilité de type Lipschitz pour le problème inverse associé avec l’équation de Helmholtz, en considérant des modèles représentés par des constantes par morceaux. Nous explicitons la borne inférieure et supérieure pour la constante de stabilité, qui nous permet d’obtenir une caractérisation de la stabilité en fonction de la fréquence et de l’échelle. Nous revoyons ensuite le problème de minimisation associé à la reconstruction en sismique. La méthode de Newton apparaît comme naturelle, mais peut être difficilement accessible, dû au coup de calcul de la Hessienne. Nous présentons une comparaison des

méthodes pour proposer un compromis entre temps de calcul et précision. Nous étudions la convergence de l’algorithme, en fonction de la géométrie du sous-sol, la fréquence et la paramétrisation. Cela nous permet en particulier de quantifier la progression en fréquence, en estimant la taille du rayon de convergence de l’espace des solutions admissibles.

À partir de l’étude de la stabilité et de la convergence, l’algorithme de minimisation itérative est conduit en faisant progresser la fréquence et l’échelle simultanément. Nous présentons des exemples en deux et trois dimensions, et illustrons l’incorporation d’atténuation et la considération de milieux anisotropes. Finalement, nous étudions le cas de reconstruction avec accès aux données de Cauchy, motivé par les *dual sensors* développés en sismique. Cela nous permet de définir une nouvelle fonction coût, qui permet de prometteuses perspectives avec un besoin minimal quant aux informations sur l’acquisition.

Paul-Marie GROLLEMUND

Directeurs de thèse : Christophe Abraham (SupAgro), Pierre Pudlo (université Aix-Marseille) et Meïli Baragatti (SupAgro).

Régression linéaire bayésienne sur données fonctionnelles

Soutenue le 22 novembre 2017

Université de Montpellier

Un outil fondamental en statistique est le modèle de régression linéaire. Lorsqu’une des covariables est une fonction, on fait face à un problème de statistique en grande dimension. Pour conduire l’inférence dans cette situation, le modèle doit être parcimonieux, par exemple en projetant la covariable fonctionnelle dans des espaces de plus petites dimensions.

Dans cette thèse, nous proposons une approche bayésienne nommée Bliss pour ajuster le modèle de régression linéaire fonctionnel. Notre modèle, plus précisément la distribution *a priori*, suppose que la fonction coefficient est une fonction en escalier. À partir de la distribution *a posteriori*, nous définissons plusieurs estimateurs bayésiens, à choisir suivant le contexte : un estimateur du support et deux estimateurs de la fonction coefficient, un lisse et un estimateur constant par morceaux. À titre d’exemple, nous considérons un problème de prédiction de la production de truffes noires du Périgord en fonction d’une covariable fonctionnelle représentant l’évolution des précipitations au cours du temps. En termes d’impact sur les productions, la méthode Bliss dégage alors deux périodes de temps importantes pour le développement de la truffe.

Un autre atout du paradigme bayésien est de pouvoir inclure de l’information dans la loi *a priori*, par exemple l’expertise des trufficulteurs et des biologistes sur le développement de la truffe. Dans ce but, nous proposons deux variantes de la méthode Bliss pour prendre en compte ces avis. La première variante récolte de manière indirecte l’avis des experts en leur proposant de construire des données fictives. La loi *a priori* correspond alors à la distribution *a posteriori* sachant ces pseudo-données. En outre, un système de poids relativise l’impact de chaque

Résumés de thèses

expert en prenant en compte leurs dépendances respectives. La seconde variante récolte explicitement l’avis des experts sur les périodes de temps les plus influentes sur la production et si cet impact est positif ou négatif. La construction de la loi *a priori* repose alors sur une pénalisation des fonctions coefficient en contradiction avec ces avis d’experts.

Enfin, ces travaux de thèse s’attachent à l’analyse et la compréhension du comportement de la méthode Bliss. La validité de l’approche est justifiée par une étude asymptotique de la distribution *a posteriori*. Nous avons construit un jeu d’hypothèses spécifiques au modèle Bliss, pour écrire une démonstration efficace d’un théorème de Wald. Une des difficultés est la mauvaise spécification du modèle Bliss, dans le sens où la vraie fonction coefficient n’est sûrement pas une fonction en escalier. Nous montrons que la loi *a posteriori* se concentre autour d’une fonction coefficient en escalier, obtenue par projection au sens de la divergence de Kullback-Leibler de la vraie fonction coefficient sur un ensemble de fonctions en escalier. Nous caractérisons cette fonction en escalier à partir du *design* et de la vraie fonction coefficient.

Mots-clés : Statistique bayésienne, régression linéaire fonctionnelle, grande dimension, parcimonie, élicitation, information *a priori*, pseudo-données, pénalisation, asymptotique, consistance de la distribution *a posteriori*, modèle mal spécifié.

Abdelfatah GTET

Directeurs de thèse : Faouzi Triki et Eric Bonnetier (université Grenoble Alpes).

Analyse asymptotique de résonances plasmon de structures métalliques

Soutenu le 19 décembre 2017

Laboratoire Jean Kuntzmann et Université de Grenoble

La diffraction d’une onde électromagnétique par une structure présentant des échelles d’espace petites devant la longueur d’onde est un phénomène complexe qui décrit à la fois l’interaction entre l’onde et la géométrie de la structure et la matière qui la constitue. Quand la fréquence n’est pas résonante, l’onde incidente interagit faiblement avec des petites irrégularités de la structure. En langage mathématique, ceci se traduit par le fait que la différence entre les champs électromagnétiques de la structure perturbée et ceux de la structure de référence est de l’ordre de la perturbation. Par contre, quand la fréquence est résonante, le comportement de l’onde est très sensible aux petites déformations singulières de la géométrie de la structure. Cette sensibilité est susceptible d’être détectée dans les mesures du champ lointain, et est la brique de base de plusieurs capteurs et filtres plasmoniques. Dans ce projet de thèse nous nous sommes intéressés aux propriétés optiques de surfaces métalliques comportant des cavités sub-longueur d’onde distribués périodiquement ou non, et de couches métalliques minces. Ces structures possèdent des résonances électromagnétiques proches de l’axe réel, et sont capables de concentrer l’énergie électromagnétique dans des volumes bien inférieurs à la cubique de la longueur d’onde incidente. La compréhension de ce phénomène est un enjeu im-

portant pour le développement des spectroscopies ultra-sensibles, mais aussi dans le domaine des bio-capteurs et de l’opto-électronique. En utilisant des techniques asymptotiques couplées avec des équations intégrales, nous avons déterminé le développement asymptotique des fréquences de résonance de ces structures quand le rapport entre l’échelle de structuration et la longueur d’onde tend vers zéro. Les modèles asymptotiques dérivés sont beaucoup plus simples à étudier et à simuler et rendent parfaitement compte des résultats expérimentaux. Ils permettent de prédire les fréquences résonantes, la quantité d’énergie localisée en fonction de la géométrie des structures et des propriétés des matériaux qui les constituent.

Mots-clés : Plasmonique, résonances électromagnétiques.

Alexandre HOFFMAN

Directeurs de thèse : Valérie Perrier (Grenoble INP) et Sergei Grudin (CNRS).

Docking Flexible Proteins using Polynomial Expansions

Soutenu le 1er février 2018

Laboratoire Jean Kuntzmann et Université de Grenoble

Structural bioinformatics is the branch of computational science that deals with the analysis and prediction of the three-dimensional structure of biological macromolecules. Classical problems in structural bioinformatics include molecular docking, fitting a molecular model into a density map and computing large-scale collective motions of macromolecules, where the first and the second problems can be mathematically formulated in the same way. This thesis addresses these three computational problems. The first part of the thesis is concerned with the development of new methods for flexible docking and fitting. The second part is the development of a new extrapolation technique for instantaneous motions.

Mots-clés : Structural bioinformatics, normal mode analysis, exhaustive search, sampling, FFT.

Maud KEREBEL

Directeur de thèse : Sylvain Durand et Yves-Michel Frapart (Université Paris-Descartes).

Méthodes variationnelles pour l’imagerie en résonance paramagnétique électronique

Soutenu le 24 octobre 2017

MAP5, Université Paris-Descartes

La résonance paramagnétique électronique est une technologie permettant de localiser et de caractériser les radicaux libres, fondée sur la propriété de résonance des électrons lorsqu’ils sont placés dans un champ magnétique spécifique. Afin

Résumés de thèses

d’augmenter la qualité des reconstructions obtenues par des dispositifs d’imagerie de résonance paramagnétique électronique, ce travail propose l’utilisation de méthodes variationnelles pour inverser le modèle de formation des images, qui combine une convolution avec une transformée de Radon. La fonctionnelle proposée repose sur la norme L2 pour le terme d’attache aux données, et sur la variation totale et une seminorme de Besov pour le terme de régularisation. La seminorme de Besov est implémentée grâce à la transformée en curvelets et à la norme L1 qui permet d’appliquer un critère de parcimonie. Les propriétés de ces termes de régularisation permettent de reconstruire des images à la fois pertinentes dans les zones où l’acquisition des données est insuffisante, notamment sur les bords, et suffisamment détaillées dans les zones où l’échantillon est texturé. L’amélioration de la qualité des images reconstruites permet d’envisager des acquisitions sur des durées réduites, ouvrant la voie à des expériences in vivo ou cliniques actuellement limitées par des durées d’acquisition de l’ordre de plusieurs dizaines de minutes. Les algorithmes de minimisation primal-dual de Chambolle-Pock et Fista sont utilisés pour résoudre les problèmes d’optimisation que pose l’utilisation de méthodes variationnelles. L’étude détaillée du modèle direct permet de mettre en évidence une structure de Toeplitz, dont les propriétés sont utilisées pour résoudre le problème inverse en évitant le recours à la rétroprojection filtrée ou aux transformées de Fourier non-uniformes. Des simulations numériques sont menées sur le fantôme de Shepp-Logan, et valident le modèle proposé qui surpasse à la fois visuellement et quantitativement les techniques de reconstruction couramment utilisées, combinant déconvolution et rétroprojection filtrée. Des reconstructions menées sur des acquisitions réelles, consistant en un échantillon papier d’une encre paramagnétique et en une phalange distale irradiée, valident par l’expérience le choix des fonctionnelles utilisées pour inverser le modèle direct. La grande souplesse de la méthode variationnelle proposée permet d’adapter la fonctionnelle au problème de la séparation de sources qui se pose lorsque deux molécules paramagnétiques différentes sont présentes au sein d’un même échantillon. La fonctionnelle proposée permet de séparer les deux molécules dans le cadre d’une acquisition classique d’imagerie de résonance paramagnétique électronique, ce qui n’était possible jusqu’alors que sur des acquisitions dites hyperspectrales, beaucoup plus gourmandes en temps.

Nathalie KHALIL

Directeur de thèse : Piernicola Bettiol (université de Bretagne Occidentale).

**Conditions d’optimalité pour des problèmes en contrôle optimal
et applications**

Soutenue le 17 novembre 2017

Université de Bretagne Occidentale

Le projet de cette thèse est double. Le premier concerne l’extension des résultats précédents sur les conditions nécessaires d’optimalité pour des problèmes avec contraintes d’état, dans le cadre du contrôle optimal et du calcul des variations. Le deuxième objectif consiste à travailler sur deux nouveaux aspects de recherche :

construction de trajectoires admissibles pour une classe de systèmes de contrôle avec des contraintes d'état dans lesquels les conditions standard de 'inward pointing' sont violées; et établir des conditions nécessaires d'optimalité pour des problèmes de minimisation de coût moyen perturbés par des paramètres inconnus.

Dans la première partie, nous examinons les conditions nécessaires d'optimalité qui jouent un rôle important dans la recherche de candidats minimiseurs. Nous étudions deux situations pathologiques (*anormalité* et *dégénérescence*) pour des problèmes de contrôle optimal impliquant des contraintes dynamiques exprimées en termes d'inclusion différentielle, lorsque le minimiseur a son point de départ dans une région où la contrainte d'état est non lisse. Nous prouvons que sous une information supplémentaire impliquant le cône tangent de Clarke, la condition d'Euler-Lagrange généralisée est satisfaite en forme normale et non dégénérée. Le résultat est également appliqué pour le problème de calcul des variations avec contrainte d'état.

Dans la deuxième partie de la thèse, nous considérons d'abord une classe de systèmes de contrôle avec contrainte d'état pour lesquels les conditions standard de 'inward pointing' (de premier ordre) sont violées, mais une condition d'ordre supérieur est satisfaite. Nous proposons une nouvelle construction des trajectoires admissibles et nous étudions des exemples fournissant en plus un résultat d'estimation non linéaire. L'autre sujet de la deuxième partie de la thèse concerne l'étude d'une classe de problèmes de contrôle optimal dans lesquels des incertitudes apparaissent dans les données. En tenant compte d'un critère de performance sous la forme de coût moyen, nous établissons des conditions nécessaires d'optimalité sous la forme du Principe du Maximum.

Mots-clés : contrôle optimal, conditions nécessaires d'optimalité, normalité, non dégénérescence, analyse non lisse, calcul des variations.

Zhiqing KUI

Directeurs de thèse : Jacques Liandrat (Centrale Marseille), Jean Baccou (Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire).

On the Construction of Multiresolution Analysis Compatible with General Subdivisions

Soutenue le 1er février 2018

Institut de Mathématiques de Marseille, École Centrale Marseille

Les schémas de subdivision sont largement utilisés pour la génération rapide de courbes ou de surfaces. Des développements récents ont produit des schémas variés, en particulier non-linéaires, non-interpolants ou non-homogènes.

Pour pouvoir être utilisés en compression, analyse ou contrôle de données, ces schémas de subdivision doivent être incorporés dans une analyse multi-résolution qui, imitant les analyses en ondelettes, fournit une décomposition multi-échelle d'un signal, d'une courbe ou d'une surface. Les ingrédients nécessaires à la définition

Résumés de thèses

d’une analyse multi-résolution associée à un schéma de subdivision sont des schémas de décimation et de détails. Leur construction est facile quand le schéma de multi-résolution est interpolant.

Cette thèse est consacrée à la construction de schémas de décimation et de détails compatibles avec un schéma de subdivision le plus général possible. Nous commençons par une construction générique dans le cas d’opérateurs homogènes (mais pas interpolants) puis nous généralisons à des situations non-homogènes et non-linéaires. Nous construisons ainsi des analyses multi-résolutions compatibles avec de nombreux schémas récemment développés. L’analyse des performances des analyses ainsi construites est effectuée. Nous présentons des applications numériques en compression d’images.

Yvesner MARCELIN

Directeur de thèse : Michel H. Geoffroy (Université des Antilles).

**Développements récents en analyse multivoque :
prédérivées et optimisation multivoque**

Soutenu le 22 juin 2016

Laboratoire LAMIA, Université des Antilles

Les travaux de cette thèse portent sur les prédérivées d’applications multivoques et la théorie de l’optimisation. Dans un premier temps, nous établissons des résultats d’existence de différents types de prédérivées pour certaines classes d’applications. Spécialement, pour des applications multivoques possédant certaines propriétés de convexité. Par la suite, nous appliquons ces résultats dans le cadre de la théorie de l’optimisation multivoque en établissant des conditions nécessaires et des conditions suffisantes d’optimalité. Sous des hypothèses de convexité, nous établissons des résultats naturels propres aux minimiseurs en optimisation convexe. Ensuite, nous appliquons quelques-uns de nos résultats théoriques à un modèle de l’économie du bien-être en établissant notamment une équivalence entre les allocations optimales faibles de Pareto du modèle économique et les minimiseurs faibles d’un problème d’optimisation multivoque associé. D’autre part, en utilisant certaines notions d’intérieur généralisé existant dans la littérature, nous discutons dans un cadre unifié divers concepts de minimiseurs relaxés. En vue d’étudier leur stabilité, nous introduisons une topologie sur des espaces vectoriels ordonnés dont découle une notion de convergence nous permettant de définir deux concepts de convergence variationnelle qui sont ensuite utilisés pour établir la stabilité supérieure et la stabilité inférieure des ensembles de minimiseurs relaxés considérés dans ce travail.

Mots-clés : Applications multivoques, applications positivement homogènes, prédérivées, optimisation multivoque, minimiseur, convergence variationnelle, stabilité.

Aline MARGUET

Directeurs de thèse : Vincent Bansaye (CMAP, École Polytechnique) et Marc Hoffmann (université Paris Dauphine).

Processus de branchement pour des populations structurées et estimateurs pour la division cellulaire

*Soutenue le 27 novembre 2017
CMAP, École Polytechnique*

Cette thèse porte sur l'étude probabiliste et statistique de populations sans interactions structurées par un trait. Elle est motivée par la compréhension des mécanismes de division et de vieillissement cellulaire. On modélise la dynamique de ces populations à l'aide d'un processus de Markov branchant à valeurs mesures. Chaque individu dans la population est caractérisé par un trait (l'âge, la taille, etc...) dont la dynamique au cours du temps suit un processus de Markov. Ce trait détermine le cycle de vie de chaque individu : sa durée de vie, son nombre de descendants et le trait à la naissance de ses descendants. Dans un premier temps, on s'intéresse à la question de l'échantillonnage uniforme dans la population. Nous décrivons le processus pénalisé, appelé processus auxiliaire, qui correspond au trait d'un individu "typique" dans la population en donnant son générateur infinitésimal. Dans un second temps, nous nous intéressons au comportement asymptotique de la mesure empirique associée au processus de branchement. Sous des hypothèses assurant l'ergodicité du processus auxiliaire, nous montrons que le processus auxiliaire correspond asymptotiquement au trait le long de sa lignée ancestrale d'un individu échantillonné uniformément dans la population. Enfin, à partir de données composées des traits à la naissance des individus dans l'arbre jusqu'à une génération donnée, nous proposons des estimateurs à noyau de la densité de transition de la chaîne correspondant au trait le long d'une lignée ainsi que de sa mesure invariante. De plus, dans le cas d'une diffusion réfléchie sur un compact, nous estimons par maximum de vraisemblance le taux de division du processus. Nous montrons la consistance de cet estimateur ainsi que sa normalité asymptotique.

Pierre-Alexandre MATTEI

Directeurs de thèse : Charles Bouveyron (université Paris-Descartes), Pierre Latouche (université Panthéon-Sorbonne).

Sélection de modèles pour l'apprentissage statistique en grande dimension

*Soutenue le 26 octobre 2017
MAP5, Université Paris-Descartes*

Le déferlement numérique qui caractérise l'ère scientifique moderne a entraîné l'apparition de nouveaux types de données partageant une mesure commune :

Résumés de thèses

l’acquisition simultanée et rapide d’un très grand nombre de quantités observables. Qu’elles proviennent de puces ADN, de spectromètres de masse ou d’imagerie par résonance nucléaire, ces bases de données, qualifiées de données de grande dimension, sont désormais omniprésentes, tant dans le monde scientifique que technologique. Le traitement de ces données de grande dimension nécessite un renouvellement profond de l’arsenal statistique traditionnel, qui se trouve inadapté à ce nouveau cadre, notamment en raison du très grand nombre de variables impliquées. En effet, confrontée aux cas impliquant un plus grand nombre de variables que d’observations, une grande partie des techniques statistiques classiques est incapable de donner des résultats satisfaisants.

Dans un premier temps, nous introduisons les problèmes statistiques inhérents aux modèles de données de grande dimension. Plusieurs solutions classiques sont détaillées et nous motivons le choix de l’approche empruntée au cours de cette thèse : le paradigme bayésien de sélection de modèles. Ce dernier fait ensuite l’objet d’une revue de littérature détaillée, en insistant sur plusieurs développements récents.

Viennent ensuite trois chapitres de contributions nouvelles à la sélection de modèles en grande dimension. En premier lieu, nous présentons un nouvel algorithme pour la régression linéaire bayésienne parcimonieuse en grande dimension, dont les performances sont très bonnes, tant sur données réelles que simulées. Une nouvelle base de données de régression linéaire est également introduite : il s’agit de prédire la fréquentation du musée d’Orsay à l’aide de données vélib. Ensuite, nous nous penchons sur le problème de la sélection de modèles pour l’analyse en composantes principales (ACP). En nous basant sur un résultat théorique nouveau, nous effectuons les premiers calculs exacts de vraisemblance marginale pour ce modèle. Cela nous permet de proposer deux nouveaux algorithmes pour l’ACP parcimonieuse, un premier, appelé GSPPCA, permettant d’effectuer de la sélection de variables, et un second, appelé NGPPCA, permettant d’estimer la dimension intrinsèque de données de grande dimension. Les performances empiriques de ces deux techniques sont extrêmement compétitives. Dans le cadre de données d’expression ADN notamment, l’approche de sélection de variables proposée permet de déceler sans supervision des ensembles de gènes particulièrement pertinents.

Mots-clés : apprentissage statistique, grande dimension, parcimonie, sélection de modèles, statistique bayésienne.

Tangi MIGOT

Directeurs de thèse : Mounir Haddou (IRMAR-INSA Rennes), Jean-Pierre Dussault (Université de Sherbrooke, Canada).

Contributions aux méthodes numériques pour les problèmes de complémentarité et problèmes d’optimisation sous contraintes de complémentarité

Soutenue le 6 octobre 2017

Institut de Recherche Mathématique de Rennes, INSA de Rennes

Dans cette thèse, nous avons étudié les méthodes de régularisation pour la résolution numérique de problèmes avec équilibres. En particulier, les problèmes de complémentarité et problèmes d'optimisation sous contraintes de complémentarité, qui trouvent leurs applications par exemple en économie, en physique, en géochimie, en optimisation...

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés aux problèmes de complémentarité au travers de deux applications : les équations en valeur absolue et les problèmes de parcimonie. Dans chacun des cas, nous avons proposé une approche générique qui permet de généraliser certaines méthodes proposées dans la littérature et obtenir de nouveaux résultats théoriques.

Ensuite, nous avons étudié une généralisation des problèmes de complémentarité qui sont les problèmes d'optimisation sous contraintes de complémentarité. Malgré le fait que ces problèmes soient des problèmes d'optimisation sous contraintes non-linéaires, la théorie basée sur les conditions d'optimalité KKT ne peut s'appliquer, puisque d'une façon générique ces problèmes ne satisfont pas les conditions de qualification des contraintes nécessaires.

Après avoir défini des conditions d'optimalité pour ces problèmes, nous avons proposé une nouvelle méthode de régularisation appelée "méthode des papillons". Une étude détaillée analyse la convergence de la méthode, la régularité des sous-problèmes régularisés et de nombreuses comparaisons numériques.

En considérant une perturbation de la séquence calculée par l'algorithme de régularisation on peut observer que les propriétés de convergence de la méthode de régularisation ne sont plus garanties. Cette perturbation de la séquence correspond à une résolution approchée des sous-problèmes de la méthode de régularisation. Nous avons prouvé que les propriétés de convergence souhaitées peuvent être obtenues en considérant une perturbation plus spécifique de la séquence. Cette étude théorique est accompagnée de la proposition d'une méthode de régularisation-pénalisation-activation de contraintes et d'un code JULIA.

Tout au long de ce manuscrit nous nous sommes concentrés sur les propriétés théoriques des algorithmes ainsi que sur leurs applications numériques. La dernière partie de ce document est consacrée aux résultats numériques des méthodes de régularisation.

Thomas MOREAU

Directeurs de thèse : Laurent Oudre (université Paris-Nord) et Nicolas Vayatis (ENS Paris-Saclay).

Représentations convolutives parcimonieuses ; application aux signaux physiologiques et interprétabilité de l'apprentissage profond

Soutenu le 19 décembre 2017

Centre de Mathématiques et de Leurs Applications, ENS Paris-Saclay

Les représentations convolutives extraient des motifs récurrents qui aident à com-

Résumés de thèses

prendre la structure locale dans un jeu de signaux. Elles sont adaptées pour l’analyse des signaux physiologiques, qui nécessite des visualisations mettant en avant les informations pertinentes. Ces représentations sont aussi liées aux modèles d’apprentissage profond. Dans ce manuscrit, nous décrivons des avancées algorithmiques et théoriques autour de ces modèles. Nous montrons d’abord que l’Analyse du Spectre Singulier permet de calculer efficacement une représentation convolutive. Cette représentation est dense et nous décrivons une procédure automatisée pour la rendre plus interprétable. Nous proposons ensuite un algorithme asynchrone, pour accélérer le codage parcimonieux convolutif. Notre algorithme présente une accélération super-linéaire. Dans une seconde partie, nous analysons les liens entre représentations et réseaux de neurones. Nous proposons une étape d’apprentissage supplémentaire, appelée post-entraînement, qui permet d’améliorer les performances du réseau entraîné, en s’assurant que la dernière couche soit optimale. Puis nous étudions les mécanismes qui rendent possible l’accélération du codage parcimonieux avec des réseaux de neurones. Nous montrons que cela est lié à une factorisation de la matrice de Gram du dictionnaire. Finalement, nous illustrons l’intérêt de l’utilisation des représentations convolutives pour les signaux physiologiques. L’apprentissage de dictionnaire convolutif est utilisé pour résumer des signaux de marche et le mouvement du regard est soustrait de signaux oculométriques avec l’Analyse du Spectre Singulier.

Houssein NASSER EL DINE

Directeurs de thèse : Mazen Saad (École Centrale de Nantes), Rafaat Talhouk (Université Libanaise).

Étude mathématique et numérique pour le modèle Brinkman–Darcy pour les écoulements diphasiques compressibles en milieu poreux

Soutenue le 26 septembre 2017

Laboratoire de Mathématiques Jean Leray (Nantes)/Laboratoire de Mathématiques (U. Libanaise)

Le système modélisant un écoulement de deux phases incompressibles dans un gisement pétrolier à large porosité est régi par la loi de Darcy-Brinkman. La vitesse de filtration de Darcy conduit à une équation elliptique en pression et une équation parabolique dégénérée en saturation. Ce système est très largement utilisé en milieu poreux. Dans cette thèse, on s’intéresse à la modification de Brinkman qui consiste à modifier la loi de Darcy en ajoutant un terme de dissipation en vitesse. Ce système conduit à une équation elliptique en pression et une équation parabolique non standard en saturation, régularisante en temps. On s’intéresse dans un premier temps à l’étude mathématique du système Darcy-Brinkman et à la régularité des solutions. Afin de simuler numériquement les solutions de ce problème, on propose une première étude de convergence d’un schéma aux volumes finis sur un maillage admissible et pour un milieu poreux homogène. Ensuite, une méthode combinée de type volumes finis-éléments finis non conformes est proposée pour tenir compte de l’anisotropie du milieu. Le but du deuxième volet de cette thèse est de tenir

compte de la compressibilité des fluides. On propose de décrire le modèle de Darcy-Brinkman dans le cas monophasique compressible. On montre que ce modèle est bien posé en dimension un d'espace et sur l'espace entier. Ensuite, sous l'hypothèse de Bear, on montre également que le modèle est bien posé en dimension $d \geq 2$.

Mamadou N'DIAYE

Directeurs de thèse : Hélène Barucq (INRIA Bordeaux Sud-Ouest, Université de Pau et des Pays de l'Adour), Marc Duruflé (Université de Bordeaux).

Étude et développement de méthodes numériques d'ordre élevé pour la résolution des équations différentielles ordinaires (EDO), applications à la résolution des équations d'ondes acoustiques et électromagnétiques

*Soutenu le 8 décembre 2017
Université de Pau et des Pays de l'Adour*

Dans cette thèse, nous étudions et développons différentes familles de schémas d'intégration en temps pour les EDO linéaires. Dans la première partie, après avoir introduit les définitions et propriétés utilisées pour construire les schémas en temps, nous présentons deux méthodes de discrétisation en espace et une revue des schémas de Runge-Kutta (RK) qui sont couramment utilisés dans la littérature. Dans la seconde partie on présente une méthodologie pour construire deux familles de schémas implicites A-stable pour un ordre quelconque. Puis on fournit des schémas explicites, construits en maximisant leur nombre CFL pour un profil de spectre donné. Ces schémas explicites sont ensuite combinés aux schémas implicites A-stable, pour construire des schémas localement implicites que nous décrivons. En plus des tests de validations des schémas pour des problèmes en dimension un et deux de l'espace, nous présentons des résultats numériques obtenus en résolvant des problèmes de propagation d'ondes acoustiques et électromagnétiques en dimension trois dans la troisième partie.

Dmitrii OSTROVSKI

Directeurs de thèse : Anatoli Iouditski, Laurent Desbat (Univ. Grenoble Alpes) et Zaid Harchaoui (U. Washington).

Adaptive Signal Recovery by Convex Optimization

*Soutenu le 11 janvier 2018
Laboratoire Jean Kuntzmann et Université de Grenoble*

We consider the problem of denoising a signal observed in Gaussian noise. In this problem, classical linear estimators are quasi-optimal provided that the set of possible signals is convex, compact, and known a priori. However, when the set is

Résumés de thèses

unspecified, designing an estimator which does not "know" the underlying structure of a signal yet has favorable theoretical guarantees of statistical performance remains a challenging problem. In this thesis, we study a new family of estimators for statistical recovery of signals satisfying certain time-invariance properties. Such signals are characterized by their harmonic structure, which is usually unknown in practice. We propose new estimators which are capable of exploiting the unknown harmonic structure of a signal to reconstruct. We demonstrate that these estimators admit theoretical performance guarantees, in the form of oracle inequalities, in a variety of settings. We provide efficient algorithmic implementation of these estimators via first-order optimization algorithms with non-Euclidean geometry, and evaluate them on synthetic data, as well as some real-world signals and images.

Mots-clés : adaptive estimation, statistical signal processing, harmonic recovery, first-order proximal methods.

Charles PELLETIER

Directeurs de thèse : Eric Blayo (Univ. Grenoble Alpes) et Florian Lemarié (INRIA Grenoble).

**Étude mathématique du couplage océan-atmosphère
incluant les échelles turbulentes**

Soutenue le 15 février 2018

Laboratoire Jean Kuntzmann et Université de Grenoble

Cette thèse s'intéresse à la modélisation numérique du couplage entre l'océan et l'atmosphère. Bien que présentant un certain nombre de caractéristiques communes, ces deux milieux physiques sont suffisamment dissemblables pour être numériquement simulés par des modèles distincts, incluant chacun des spécificités propres. Par conséquent, leurs interactions sont prises en compte via des algorithmes de couplage multiphysique. La mise en place de tels algorithmes nécessite une bonne compréhension des modélisations des milieux océanique et atmosphérique, en particulier au voisinage de leur interface commune. C'est pourquoi une partie conséquente de la présente thèse dissèque, analyse et complète les paramétrisations turbulentes, qui sont des mécanismes numériques définis au niveau continu, traitant la couche limite turbulente au voisinage de la surface océanique. Les travaux entrepris ont permis d'identifier deux sources d'erreurs, théoriquement et numériquement significatives, dans la modélisation numérique standard de l'interface océan-atmosphère. La première source d'erreur se manifeste dans les formulations continues des paramétrisations turbulentes : celles-ci sont actuellement utilisées de manière incomplète, ce qui se traduit par le caractère mathématiquement irrégulier des solutions qu'elles génèrent. En revenant aux fondements de la théorie dont les paramétrisations découlent, la présente thèse étend leur domaine d'application, permettant de générer des profils de solution réguliers, dans un cadre théorique uniforme et bi-domaine. Les effets d'une telle extension sont numériquement évalués sur des cas tests physiquement réalistes : celle-ci peut mener à des biais considérables (de l'ordre de 20%) dans les flux échangés entre océan et atmo-

sphère. D’un point de vue théorique, cette extension permet de définir des critères simples sous lesquels le couplage océan-atmosphère peut être considéré comme cohérent par rapport aux deux domaines physiques, et surtout aux paramétrisations turbulentes. La seconde source d’erreur est de nature algorithmique : elle concerne la discrétisation temporelle des mécanismes de couplage. Les méthodes actuelles, dites ad hoc, ne garantissent pas une complète cohérence des flux d’un modèle à l’autre. Les algorithmes de Schwarz « globaux en temps », issus de thématiques liées à la décomposition de domaine, constituent une piste intéressante pour traiter ces aspects. La mise en place de tels algorithmes sur des modèles physiquement réalistes représente un défi considérable. Leur impact numérique sur des cas tests simplifiés est évalué. L’étude préalable des paramétrisations turbulentes permet de donner des pistes quant au développement d’algorithmes de couplage, concernant à la fois la « cohérence du couplage » précédemment introduite, et l’incorporation graduelle d’effets physiques plus complexes.

Mots-clés : couplage multiphysique, climatologie numérique, paramétrisations turbulentes.

Thomas PICCHETTI

Directeur de thèse : Etienne Birmelé (Université Paris-Descartes).

Énumération de scénarios de perturbation dans les réseaux de régulation

Soutenue le 24 octobre 2017

MAP5, Université Paris-Descartes

Cette thèse se fonde sur l’hypothèse que dans de nombreux cancers le passage d’une cellule normale à une cellule tumorale est causé par une perturbation d’un réseau de régulation de gènes et a pour objectif de chercher ces perturbations. La thèse se compose de trois parties : dans la première partie on construit un modèle probabiliste de réseau de régulation de gènes autorisant certains gènes à être dérégulés, et en y appliquant l’algorithme EM, on développe une méthode de détection de gènes dérégulés. Dans la seconde partie on propose une formalisation du problème combinatoire consistant à énumérer les ensembles de facteurs de transcriptions qui expliquent le mieux un ensemble de gènes cibles dérégulés. Cela se révèle être étroitement lié au problème de la dualisation, ou de l’hypergraphe transversal, dont la complexité est un problème ouvert. Notre problème en est une généralisation faisant intervenir un deuxième hypergraphe et un critère de minimalité selon deux objectifs. On montre qu’il est NP-difficile et on explore des variantes paramétrées qui deviennent polynomiales ou restent NP-difficiles. La troisième partie est dédiée à une résolution heuristique de ce problème, consistant à redéfinir un score basé sur la distribution hypergéométrique souvent utilisée en bioinformatique, qu’on adapte pour éviter que des solutions trop grandes ne soient favorisées. Le problème étudié dans la deuxième et la troisième partie peut être formulé en termes de graphes ou d’hypergraphes et a de nombreuses autres applications que la recherche de perturbations d’un réseau de régulation de gènes. Par

Résumés de thèses

exemple il peut servir pour identifier des altérations génomiques qui différencient deux groupes d'individus. C'est d'ailleurs avec cette dernière application en tête que le troisième volet de la thèse a été développé, pour être testé sur des données de mutations et altérations de copy-number issues de cancers de la vessie.

Kevin POLISANO

Directrice de thèse : Valérie Perrier (Grenoble INP).

Modélisation de textures anisotropes par la transformée en ondelettes monogènes, et super-résolution de lignes 2-D

Soutenue le 12 décembre 2017

Laboratoire Jean Kuntzmann et Université de Grenoble

L'analyse de texture est une composante du traitement d'image qui suscite beaucoup d'intérêt tant les applications qu'elle recouvre sont diverses. En imagerie médicale, les signaux enregistrés sous forme d'images telles que les radiographies de l'os ou les mammographies, présentent une micro-architecture fortement irrégulière qui invite à considérer la formation de ces textures comme la réalisation d'un champ aléatoire. Suite aux travaux précurseurs de Benoit Mandelbrot, de nombreux modèles dérivés du champ brownien fractionnaire ont été proposés pour caractériser l'aspect fractal des images et synthétiser des textures à rugosité prescrite. Ainsi l'estimation des paramètres de ces modèles, a permis de relier la dimension fractale des images à la détection de modifications de la structure osseuse telle qu'on l'observe en cas d'ostéoporose. Plus récemment, d'autres modèles de champs aléatoires, dits anisotropes, ont été utilisés pour décrire des phénomènes présentant des directions privilégiées, et détecter par exemple des anomalies dans les tissus mammaires. Cette thèse porte sur l'élaboration de nouveaux modèles de champs anisotropes, permettant de contrôler localement l'anisotropie des textures. Une première contribution a consisté à définir un champ brownien fractionnaire anisotrope généralisé (GAFBF), et un second modèle basé sur une déformation de champs élémentaires (WAFBF), permettant tous deux de prescrire l'orientation locale de la texture. L'étude de la structure locale de ces champs est menée à l'aide du formalisme des champs tangents. Des procédures de simulation sont mises en oeuvre pour en observer concrètement le comportement, et servir de benchmark à la validation d'outils de détection de l'anisotropie. En effet l'étude de l'orientation locale et de l'anisotropie dans le cadre des textures soulève encore de nombreux problèmes mathématiques, à commencer par la définition rigoureuse de cette orientation. Notre seconde contribution s'inscrit dans cette perspective. En transposant les méthodes de détection de l'orientation basées sur la transformée en ondelettes monogènes, nous avons été en mesure, pour une vaste classe de champs aléatoires, de définir une notion d'orientation intrinsèque. En particulier l'étude des deux nouveaux modèles de champs anisotropes introduits précédemment, a permis de relier formellement cette notion d'orientation aux paramètres d'anisotropie de ces modèles. Des connexions avec les statistiques directionnelles sont également établies, de façon à caractériser la loi de probabilité des estimateurs d'orientation. Enfin une troisième partie de la thèse est consacrée au problème de la détection de

lignes dans les images. Le modèle sous jacent est celui d’une superposition de lignes diffractées (c.-à-d. convoluées par un noyau de flou) et bruitées, dont il s’agit de retrouver les paramètres de position et d’intensité avec une précision sous-pixellique. Nous avons développé dans cet objectif une méthode basée sur le paradigme de la super-résolution. La reformulation du problème en termes d’atomes 1-D a permis de dégager un problème d’optimisation sous contraintes, et de reconstruire ces lignes en atteignant cette précision. Les algorithmes employés pour effectuer la minimisation appartiennent à la famille des algorithmes dits proximaux. La formalisation de ce problème inverse et sa résolution, constituent une preuve de concept ouvrant des perspectives à l’élaboration d’une transformée de Hough revisitée pour la détection ‘continue’ de lignes dans les images.

Mots-clés : champs browniens fractionnaires, anisotropie et régularité, champs tangents, synthèse de textures, caractérisation de l’orientation, ondelettes monogènes, statistiques directionnelles, déconvolution, super-résolution, algorithmes proximaux.

Laurent QUAGLIA

Directeur de thèse : Thierry Gallouët (Université Aix-Marseille).

Contribution à l’étude des écoulements diphasiques avec capillarité

Soutenue le 13 décembre 2017

Université Aix-Marseille, Institut de Mathématiques de Marseille

La modélisation numérique de la migration des hydrocarbures dans les bassins sédimentaires permet de déterminer les accumulations d’hydrocarbures au sein des formations géologiques. À partir de cela on peut prévoir la hauteur d’hydrocarbure piégé. Cette détermination est essentielle dans l’industrie du pétrole. Cependant grâce à certaines études, on a pu s’apercevoir que des erreurs numériques pouvaient apparaître lors de l’utilisation de pression capillaires polynomiales. Dans cette thèse, nous travaillons principalement sur les modèles dits de Darcy et nous évoquons sommairement les modèles de type percolation. L’objectif de ce travail est de fournir de nouveaux modèles des pressions capillaires, donnant de meilleurs résultats que ceux actuellement utilisés. Dans un premier temps, nous décrivons les mécanismes de la migration des hydrocarbures dans les couches. Ensuite nous étudions plus attentivement les lois des pressions capillaires permettant l’écoulement des fluides. Puis nous établissons la discrétisation, suivant la méthode des volumes finis, du problème. Dans la partie suivante nous testons en une dimension de nouveaux modèles de pressions capillaires affines par morceaux. Puis dans une autre partie, nous faisons les tests en deux dimensions de ces modèles auxquels nous rajoutons un autre modèle, bâti à partir des deux précédents. En conclusion, nous synthétisons l’ensemble des résultats et évoquons certaines perspectives concernant l’amélioration des modèles étudiés.

Résumés de thèses

Priscilla RAMSAMY

Directeur de thèse : Pascal Poulet (université des Antilles).

**Modélisation numérique de la morphodynamique sédimentaire par
une méthode distribuant le résidu**

Soutenue le 7 décembre 2017

Laboratoire LAMIA, Université des Antilles

Ce travail de thèse, propose un schéma numérique d'ordre élevé, distribuant le résidu (RD) pour l'approximation d'un problème hydro-sédimentaire hyperbolique non conservatif, couplant les modèles de Grass et de Saint-Venant. Il fait appel à des méthodes de Runge-Kutta à variation totale diminuante et de stabilisation (méthode de décentrement amont, dit Upwind), avec ou sans adjonction de limiteurs et présente de bonnes propriétés.

L'une des facettes importantes de ce qui a été réalisée, repose sur la conception et le développement d'un programme Python 2D-espace, sous la forme d'un logiciel faisant appel à un ensemble de modules créés pour l'occasion. Le développement du code de calcul, qui se propose d'approcher la solution du problème hydro-sédimentaire, a été effectué avec une orientation Objet et pour être efficace sur calculateur parallèle. L'une des particularités du schéma numérique dans ce cadre, est liée à son application à des quadrangles. Un programme 1D-espace, qui se présente également sous forme de logiciel, a aussi été mis en place. Pour des raisons de portabilité et d'efficacité, il a été écrit multilingages (Python-Fortran : via `numpy.ctypes` pour Python et via l'interface standard de Fortran pour C). Le schéma RD avec ou sans adjonction de limiteurs de flux, a été implémenté à la manière d'un schéma prédicteur-correcteur. Des comparaisons avec d'autres schémas ont été effectuées afin de montrer son efficacité, sa précision du second ordre a été mise en évidence, et la C-propriété a été testée. Les tests ont révélé que, pour le cas d'un transport d'un profil sédimentaire parabolique jusqu'à obtention du choc, c'est un limiteur de flux MinMod, qui est le plus adapté parmi ceux testés. De nombreux tests ont été réalisés prouvant la précision du schéma, ainsi que l'efficacité du code sur calculateur parallèle.

Giulio ROMANI

Directeurs de thèse : François Hamel, Enea Parini (Université d'Aix-Marseille), Bernhard Ruf (University of Milan).

**Positivité et propriétés qualitatives des solutions d'équations
elliptiques du quatrième ordre**

Soutenue le 16 octobre 2017

Université d'Aix-Marseille, Institut de Mathématiques de Marseille

Cette thèse concerne l'étude de certains problèmes elliptiques semilinéaires d'ordre 4 et, notamment, des propriétés qualitatives des solutions. Ces problèmes appa-

raissent dans de nombreux domaines, par exemple dans la théorie des plaques et dans la géométrie conforme, et, comparés à leurs homologues du deuxième ordre, ils présentent des difficultés intrinsèques, surtout liées à l’absence de principe de maximum. Premièrement on étudie la positivité des solutions dans le cas des conditions au bord de Steklov, qui sont intermédiaires entre les conditions de Dirichlet et de Navier. Elles apparaissent naturellement dans l’étude des minimiseurs de la fonctionnelle de Kirchho-Love, qui représente l’énergie d’une plaque encastrée soumise à l’action d’une force extérieure, en fonction d’un paramètre σ . On trouve des conditions susantes sur le domaine pour que les minimiseurs de la fonctionnelle de Kirchho-Love soient positifs dans le cadre physiquement pertinent par rapport au paramètre σ . De plus, pour ces domaines, on étudie une version généralisée de la fonctionnelle. En particulier, en utilisant des techniques variationnelles, on examine l’existence et la positivité des états fondamentaux, ainsi que leur comportement asymptotique pour les valeurs pertinentes de σ .

Dans la deuxième partie de la thèse on établit des estimations uniformes a priori pour des problèmes semilinéaires du quatrième ordre dans la dimension critique, notamment dans R^4 , et donc avec des nonlinéarités exponentielles. On considère des conditions au bord soit de Dirichlet soit de Navier et on suppose que les nonlinéarités sont positives et sous-critiques. Nos arguments combinent des estimations uniformes près du bord et une analyse de blow-up. En utilisant la théorie du degré, on obtient l’existence d’une solution. Nos résultats complètent la théorie des estimations a priori dans le contexte polyharmonique pour le cas de la boule et, sous une condition supplémentaire sur les solutions, ils s’étendent aux domaines réguliers bornés.

Pierre ROUSSILLON

Directeurs de thèse : Joan Glaunès et Julie Delon (Université Paris-Descartes).

Modèle de cycles normaux pour l’analyse des déformations

Soutenu le 24 novembre 2017

MAP5, Université Paris-Descartes

Dans cette thèse, nous développons un modèle du second ordre pour la représentation des formes (courbes et surfaces) grâce à la théorie des cycles normaux. Le cycle normal d’une forme est le courant associé à son fibré normal. En introduisant des métriques à noyaux sur les cycles normaux, nous obtenons une mesure de dissimilarité entre formes qui prend en compte leurs courbures. Cette mesure est ensuite utilisée comme terme d’attache aux données dans une optique d’appariement et d’analyse de formes par les déformations.

Le chapitre 1 est une revue du domaine de l’analyse de formes par les déformations. Nous insistons plus particulièrement sur la mise en place théorique et numérique du modèle de Large Deformation Diffeomorphic Metric Mapping (LDDMM).

Le chapitre 2 se concentre sur la représentation des formes par les cycles normaux dans un cadre unifié qui englobe à la fois les formes continues et discrètes. Nous

Résumés de thèses

précisons dans quelle mesure cette représentation contient des informations de courbure. Enfin nous montrons le lien entre le cycle normal d’une forme et son varifold.

Dans le chapitre 3, nous introduisons les métriques à noyaux. Ainsi, nous pouvons considérer les cycles normaux dans un espace de Hilbert avec un produit scalaire explicite. Nous détaillons ce produit scalaire dans le cas des courbes et surfaces discrètes avec certains noyaux, ainsi que le gradient associé. Nous montrons enfin que malgré le choix de noyaux simples, nous ne perdons pas toutes les informations de courbures.

Le chapitre 4 utilise cette nouvelle métrique comme terme d’attache aux données dans le cadre LDDMM. Nous présentons de nombreux appariements et estimations de formes moyennes avec des courbes ou des surfaces. L’objectif de ce chapitre est d’illustrer les différentes propriétés des cycles normaux pour l’analyse des déformations sur des exemples synthétiques et réels.

Tibor STANKO

Directeurs de thèse : Stefanie Hahmann (Grenoble INP), Georges-Pierre Bonneau (université Grenoble Alpes) et Nathalie Saguin-Sprynski (CEA Grenoble).

Reconstruction de surfaces lisses maillées à partir de capteurs inertiels

Soutenue le 8 décembre 2017

Laboratoire Jean Kuntzmann et Université de Grenoble

Cette thèse porte sur le développement de méthodes pour la reconstruction de formes 3D à l’aide de capteurs inertiels et magnétiques. Lorsqu’ils sont placés sur une forme, ces capteurs fournissent des orientations locales de surface mais leur position absolue dans l’espace 3D est inconnue. Les dispositifs que nous considérons dans cette thèse produisent des orientations locales de surface le long d’un réseau de courbes. Reconstruire des formes 3D à l’aide de telles données pose trois types de défis. Tout d’abord, les mesures des capteurs sont bruitées et incohérentes. Deuxièmement, comme les positions sont inconnues, le réseau de courbes acquis doit être reconstruit à partir des orientations. Enfin, une fois le réseau de courbes reconstruit, il est nécessaire de calculer une surface lisse interpolant ce réseau de courbes et les orientations associées. Pour relever ces défis, on formule les différentes étapes de reconstruction comme un ensemble de problèmes d’optimisation. En utilisant des représentations discrètes, ces problèmes sont résolus efficacement et interactivement. Nous présentons deux contributions principales. Tout d’abord, nous introduisons une méthode produisant un réseau de courbes lisses et cohérentes en utilisant les mesures d’orientation et de distance, ainsi qu’un ensemble de contraintes topologiques fournies par l’utilisateur. Notre méthode se base notamment sur une procédure de lissage des orientations motivée par un principe simple : les positions et les normales des courbes doivent coïncider en chaque intersection d’un réseau. Une fois le réseau de courbes reconstruit, nous proposons une méthode permettant de calculer une surface lisse interpolant ce réseau de courbes, ainsi que les orientations associées. Cette méthode a trois étapes. Tout

d’abord grâce aux orientations, les cycles de courbes entourant les patchs surfaciques sont déterminés sans ambiguïté. Ensuite les orientations connues le long des courbes sont propagées à travers le maillage initial et utilisées pour estimer la courbure moyenne. Enfin le maillage final est calculé par une méthode basée sur le Laplacien et utilisant l’information de courbure. Les orientations connues sur le réseau de courbes permettent d’obtenir des maillages lisses et de diminuer les erreurs de reconstruction. Les approches précédentes utilisaient des dispositifs statiques placés le long d’un réseau de connectivité fixe entre les capteurs (ruban, grille). Nous explorons dans cette thèse une nouvelle configuration dynamique, consistant à déplacer un dispositif ponctuel sur la surface. En conséquence, il est possible d’acquérir des données le long d’un réseau arbitraire de courbes lisses sur une surface. Les méthodes proposées dans cette thèse ont été testées sur des données réelles acquises avec ces dispositifs mobiles. Des surfaces physiques fabriquées à partir de modèles numériques nous ont permis de faire une évaluation quantitative en calculant l’erreur de reconstruction entre la vraie surface et notre modèle reconstruit. Même pour des formes complexes, l’erreur moyenne reste autour de 1%.

Mots-clés : reconstruction des formes 3D, capteurs inertiels et magnétiques, réseaux de courbes, surfaces lisses, modélisation variationnelle, traitement des maillages.

Nikolas STOTT

Directeurs de thèse : Stéphane Gaubert (INRIA), Éric Goubault (École Polytechnique), Xavier Allamigeon (INRIA), Sylvie Putot (École Polytechnique).

Méthodes géométriques pour le calcul d’invariants de systèmes dynamiques et application en analyse statique de programme

Soutenue le 23 novembre 2017

INRIA - CMAP, École polytechnique

Le calcul d’ensembles invariants est un élément crucial en vérification de programme et en théorie du contrôle, car de tels ensembles certifient l’absence de comportements indésirables. Nous étudions en particulier les systèmes commutés, pour lequel le calcul d’un ensemble invariant est déjà difficile. Plusieurs approches récentes utilisant des techniques d’optimisation telles la programmation semidéfinie ont été appliquées avec succès au calcul d’invariants quadratiques par morceaux pour des systèmes commutés. En revanche, ces méthodes ne sont pas utilisables en grande dimension car elles nécessitent trop de ressources informatiques.

Cette thèse développe une nouvelle classe d’algorithmes pour calculer des invariants quadratiques par morceaux. Ces algorithmes reposent sur les propriétés géométriques et métriques de l’espace des matrices positive semidéfinies équipées de l’ordre de Löwner. Tout d’abord, nous caractérisons l’ensemble des majorants minimaux dans cet ordre. Nous montrons que l’ensemble des majorants minimaux de deux matrices s’identifie au quotient d’un groupe orthogonal indéfini, donnant

Résumés de thèses

ainsi un raffinement "quantitatif" d'un théorème de Kadison. Plus généralement, nous caractérisons les majorants minimaux dans un ordre défini par un cône et nous prouvons qu'il existe pour une grande famille de cônes une sélection de majorant minimal canonique, définie à partir des fonctions génératrices de ces cônes. Ceci généralise la définition de l'ellipsoïde de Löwner. Dans le cas du cône des matrices positives semidéfinies, nous montrons que cette sélection canonique satisfait plusieurs inégalités matricielles et nous donnons des estimations de sa constante de Lipschitz par rapport à plusieurs métriques convenables (métrique Riemannienne, métrique de Thompson).

Nous appliquons ensuite ces résultats au calcul d'invariants quadratiques par morceaux. Nous formulons ce dernier comme un problème de point fixe non-linéaire sur un produit de cônes de matrices positives semidéfinies. Ce problème fait intervenir un opérateur qui peut s'interpréter comme l'analogue tropical d'une application de Kraus (un canal quantique) qui apparaît en théorie d'information quantique. Nous obtenons ainsi une classe de schémas itératifs rapides, n'utilisant les inégalités linéaires matricielles, dont nous prouvons la convergence sous quelques restrictions. Nous avons implémenté cette approche. Nos résultats expérimentaux démontrent une amélioration de l'ordre de quelques ordres de grandeur en termes de scalabilité (par exemple, approximation du "rayon spectral joint" en dimension 500). Nous avons aussi appliqué cette méthode à l'approximation de la fonction valeur d'un problème de contrôle optimal commutant entre des modèles linéaires-quadratiques et au calcul d'invariants de systèmes affines par morceaux.

Chun-Hsiang TSOU

Directeurs de thèse : Faouzi Triki et Eric Bonnetier (université Grenoble Alpes).

Identification d'une cible par l'électro-localisation

Soutenu le 22 décembre 2017

Laboratoire Jean Kuntzmann et Université de Grenoble

L'électro-localisation est le nom donné aux capacités sensorielles de certains poissons électriques, vivant en eaux troubles, capables de détecter les perturbations électrostatiques dues à la présence d'objets dans leurs voisinages. Cette aptitude à interpréter un signal électrique pour se repérer dans l'espace ouvre d'importantes perspectives, notamment dans le domaine de la robotique bio-inspirée. Mathématiquement, l'électro-localisation est proche de la tomographie d'impédance électrique : il s'agit donc d'un problème inverse non linéaire, notoirement mal posé. Nous proposons dans cette thèse d'étudier des méthodes de reconstruction qui permettraient d'obtenir de manière robuste certaines caractéristiques de la forme des obstacles, plutôt que l'ensemble des détails de leur géométrie. Il s'agit donc d'étudier la stabilité de la partie observable des obstacles par rapport à des erreurs dans les mesures.

Mots-clés : problème inverse, équation de conduction, électro-localisation.

Qi XUE

Directeurs de thèse : Faouzi Triki et Eric Bonnetier (université Grenoble Alpes).

**Mathematical and numerical study of the inverse problem of
electro-seismicity in porous media**

Soutenu le 20 décembre 2017

Laboratoire Jean Kuntzmann et Université de Grenoble

We study the inverse problem of the coupling phenomenon of electromagnetic (EM) and seismic waves. Partial differential equations governing the coupling phenomenon are composed of Maxwell and Biot equations. Since the coupling phenomenon is rather weak, in low frequency we only consider the transformation from EM waves to seismic waves. We use an electroseismic model to refer to this transformation. In the model, the electric field becomes the source of Biot equations. A coupling coefficient is used to denote the efficiency of the transformation. To study the stability of the inverse problem, a Carleman estimate is derived for the electroseismic system. We proved that the reconstruction of electric parameters are Holder stable from boundary measurements. If our region of interest (a few hundred meters) is much less than the EM wavelength (thousands of meters), the electrostatic equation can be used instead of the whole Maxwell equations. In such a case, the inverse problem consists of two steps : inverse source problem for Biot equations and inverse parameter problem for electrostatic equation. We prove the stability of this two step inversion. Last we show some numerical experiments of the inverse source problem for Biot equations.

Curves & Surfaces 2018

Arcachon, France / June 28 – July 4, 2018

Organized by SMAI SIGMA

Plenary speakers:

Alexander Bobenko, Berlin
Emmanuel Candes, Stanford
Maria Charina, Wien
Elaine Cohen, Utah
Philipp Grohs, Wien
Frances Kuo, Sydney
Mauro Maggioni, Johns Hopkins
Jorg Peters, Florida
Amit Singer, Princeton
Max Wardetzky, Goettingen

Mini-symposia organizers:

Christian Gout, Rouen
Thomas Hangelbroek, Hawaii
Stefan Kunis, Osnabrueck
Dany Leviatan, Tel Aviv
Georg Muntingh, Oslo
Steve Oudot, Inria Saclay
Martin Rumpf, Bonn
Giancarlo Sangalli, Pavia
Carola-Bibiane Schoenlieb, Cambridge
Vladimir Temlyakov, South Carolina

Registration: <http://www.curvesandsurfaces.org>



Annonces de Colloques

par Thomas HABERKORN

Mars 2018

MASCOT-NUM 2018

du 21 au 23 Mars 2018, à Nantes

<https://mascot2018.sciencesconf.org/>

JOURNÉ DE LANCEMENT DES ANNALES HENRI LEBESGUE

le 30 Mars 2018, à Nantes

<https://www.lebesgue.fr/fr/content/seminars-AHL2018>

Avril 2018

DOC-COURSE "PDE : ANALYSIS, NUMERICS AND CONTROL"

du 2 Avril au 8 Juin 2018, à Cadiz, Granada, Malaga, Sevilla (Espagne)

<http://www.imus.us.es/DOC-COURSE18/en/>

ADVANCES IN COMPUTATIONAL BIOMEDICAL IMAGING TRACK, COMBI 2018

du 9 au 13 Avril 2018, à Pau

<https://sites.google.com/site/saccombi2018/>

MoREPAS 2018 : MODEL REDUCTION OF PARAMETRIZED SYSTEMS IV

du 10 au 13 Avril 2018, à Nantes

<https://morepas2018.sciencesconf.org/>

JOURNÉES MATHÉMATIQUES ET ENTREPRISES

du 12 au 13 Avril 2018, à Vannes

<https://www.lebesgue.fr/fr/content/sem2018-MathEnt>

ÉCOLE - THÉORIE ET PRATIQUE DES ÉLÉMENTS FINIS

du 16 au 20 Avril 2018, à Roscoff

<https://www.lebesgue.fr/fr/content/sem2018-ElFin>

PREMIER CONGRÈS FRANCO-MAROCAIN DE MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES

du 16 au 20 Avril 2018, à Marrakech (Maroc)

<http://pcfm-ma.iecl.univ-lorraine.fr/>

Annonces de colloques

MODÉLISATION ET SIMULATION DANS LES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT (M2SE'18)

les 23 et 24 Avril 2018, à Larache (Maroc)

<http://fpl.ma/M2SE2018/>

Mai 2018

OPTIMAL TRANSPORT : NUMERICAL METHODS AND APPLICATIONS

du 7 au 11 Mai 2018, à Côme (Italie)

<http://otnm.lakecomoschool.org/>

CONTACT MECHANICS INTERNATIONAL SYMPOSIUM

du 16 au 18 Mai 2018, à Biella (Italie)

<http://conference.unisalento.it/ocs/index.php/cmis/cmis2018>

SPRING SCHOOL & WORKSHOP : INVERSE PROBLEMS AND APPROXIMATION TECHNIQUES IN PLANETARY SCIENCES

du 16 au 18 Mai 2018, à Sophia Antipolis

<http://www-sop.inria.fr/apics/IPAPS18/>

NONLINEAR PHENOMENA IN DISPERSIVE EQUATIONS

du 22 au 25 Mai 2018, à Lille

<https://indico.math.cnrs.fr/event/2946/>

MODÉLISATION STOCHASTIQUE ET ANALYSE STATISTIQUE EN BIOLOGIE

du 23 au 25 Mai 2018, à Tours

<https://modstochstatbio.sciencesconf.org/>

CANUM 2018

du 28 Mai au 1^{er} Juin 2018, au Cap d'Agde

<http://smai.emath.fr/canum2018/>

Juin 2018

CMWR : COMPUTATIONAL METHODS IN WATER RESOURCES

du 3 au 7 Juin 2018, à Saint-Malo

<https://cmwrconference.org/>

DEUXIÈME CONGRÈS NATIONAL DE LA SMF

du 4 au 8 Juin 2018, à Lille

<https://smf2018.sciencesconf.org/>

WORKSHOP - SIMULATION ALÉATOIRE : PROBLÈMES ACTUELS

du 5 au 8 Juin 2018, à Rennes

<https://www.lebesgue.fr/fr/content/sem2018-SimProb>

ICMNS 2018 INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICAL NEUROSCIENCE
du 10 au 13 Juin 2018, à Antibes

<http://icmns2018.inria.fr>

WORKSHOP - MÉTHODES NUMÉRIQUES GÉOMÉTRIQUES ET MULTI-ÉCHELLES
du 12 au 15 Juin 2018, à Rennes

<https://www.lebesgue.fr/fr/content/sem2018-IntGeo>

CONFÉRENCE DE LANCEMENT DU LABORATOIRE DE PROBABILITÉS STATISTIQUE
ET MODÉLISATION (LPSM)

du 18 au 20 Juin 2018, à Paris

http://www.lpsm.paris/conf_lpsm/

PICOOF 2018 : INVERSE PROBLEMS, CONTROL AND SHAPE OPTIMIZATION

du 18 au 20 Juin 2018, à Beirut (Liban)

<http://www.cs.aub.edu.lb/picof2018/>

IWAP2018 - WORKSHOP ON APPLIED PROBABILITY

du 18 au 21 Juin 2018, à Budapest (Hongrie)

<http://iwap2018.com/>

MATHEMATICAL BIOLOGY MODELLING DAYS OF BESANÇON (MB)²

du 19 au 22 Juin 2018, à Besançon

<http://mb2.univ-fcomte.fr/index.html>

MODÈLES MATHÉMATIQUES POUR LA SANTÉ

du 20 au 22 Juin 2018, à Nantes

<https://www.lebesgue.fr/content/sem2018-sante>

RMR2018 : TRAJECTOIRES RUGUEUSES, CALCUL DE MALLIAVIN ET APPLICATIONS

du 20 au 22 Juin 2018, à Rouen

<https://rmr2018.sciencesconf.org/>

JOURNÉES DE PROBABILITÉS 2018

du 25 au 29 Juin 2018, à Tours

<http://www.lmpt.univ-tours.fr/jp2018/>

XVIII SPANISH-FRENCH SCHOOL JACQUES-LOUIS LIONS ABOUT NUMERICAL SIMULATION IN PHYSICS AND ENGINEERING

du 25 au 29 Juin 2018, à Las Palmas de Gran Canaria (Espagne)

<http://ehf2018.iusiani.ulpgc.es/>

Annonces de colloques

16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON HYPERBOLIC PROBLEMS : THEORY,
NUMERICS AND APPLICATIONS (HYP2018)

du 25 au 29 Juin 2018, à Pennsylvania (Etats-Unis)

<http://www.hyp2018.psu.edu>

CONFERENCE TURBULENCE AND INTERACTIONS TI 2018, EN MARTINIQUE

du 25 au 29 Juin 2018, en Martinique

<http://ti2018.onera.fr/>

SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR BOUNDARY ELEMENT
METHODS (IABEM 2018)

du 26 au 28 Juin 2018, à Paris

<https://project.inria.fr/iabem2018/>

SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR BOUNDARY ELEMENT
METHODS (IABEM 2018)

du 26 au 28 Juin 2018, à Paris

<https://project.inria.fr/iabem2018/>

CURVES AND SURFACES CONFERENCE 2018

du 28 Juin au 4 Juillet 2018, à Arcachon

<https://cs2018.sciencesconf.org>

Juillet 2018

ISMP 2018 : 23RD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MATHEMATICAL PRO-
GRAMMING

du 1^{er} au 6 Juillet 2018, à Bordeaux

<http://ismp2018.sciencesconf.org>

13TH INTERNATIONAL CONFERENCE IN MONTE CARLO AND QUASI-MONTE
CARLO IN SCIENTIFIC COMPUTING (MCQMC 2018)

du 1^{er} au 6 Juillet 2018, à Rennes

<http://mcqmc2018.inria.fr>

NUMERICAL ANALYSIS AND SCIENTIFIC COMPUTING WITH APPLICATIONS (NASCA18)

du 2 au 6 Juillet 2018, à Kalamata (Grèce)

<http://nasca18.math.uoa.gr/>

ECOLE DE RECHERCHE EN MATHÉMATIQUES POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

du 2 au 6 Juillet 2018, à Roscoff

<https://www.lebesgue.fr/fr/content/sem2018-ModAN>

MATHEMATICAL PERSPECTIVES IN THE BIOLOGY AND THERAPEUTICS OF CAN-
CER

du 9 au 13 Juillet 2018, au CIRM (Marseille)

<https://mathscancer.sciencesconf.org/>

CEMRACS 2018 : NUMERICAL AND MATHEMATICAL MODELING FOR BIOLOGI-
CAL AND MEDICAL APPLICATIONS : DETERMINISTIC, PROBABILISTIC AND STATIS-
TICAL DESCRIPTIONS

du 16 Juillet au 24 Août 2018, à Marseille

<http://smai.emath.fr/cemracs/cemracs18/>

11TH EUROPEAN CONFERENCE ON MATHEMATICAL AND THEORETICAL BIO-
LOGY (ECMTB 2018)

du 23 au 27 Juillet 2018, à Lisbonne (Portugal)

<http://www.ecmtb2018.org>

Août 2018

INTERNATIONAL CONGRESS OF MATHEMATICIANS 2018 (ICM 2018)

du 1^{er} au 9 Août 2018, à Rio (Brésil)

<http://www.icm2018.org/portal/en/home/>

GRANDS RÉSEAUX ALÉATOIRES ET MARCHES CONTRAINTES - CONFÉRENCE EN
L'HONNEUR DU 75ÈME ANNIVERSAIRE DE GUY FAYOLLE

du 27 au 28 Août 2018, à Dijon

www.lmpt.univ-tours.fr/ConferenceGuyFayolle75/

Septembre 2018

CONFÉRENCE - DEEP LEARNING : DE LA THÉORIE AUX APPLICATIONS

du 4 au 6 Septembre 2018, à Rennes

<https://www.lebesgue.fr/fr/content/sem2018-deeplearning>

COLLOQUE NATIONAL D'ASSIMILATION DE DONNÉES (CNA)

du 26 au 28 Septembre 2018, à Rennes

<https://www.lebesgue.fr/fr/content/sem2018-datassim>

Correspondants locaux

CORRESPONDANTS LOCAUX

Amiens *Marion Darbas*
LAMFA
Univ. de Picardie Jules Verne
33 rue Saint Leu
80039 Amiens CEDEX
☎ 03 22 82 75 16
Marion.Darbas@u-picardie.fr

Angers *Loïc Chaumont*
LAREMA
Faculté des Sciences
Univ. d'Angers
2 bd Lavoisier
49045 Angers CEDEX 01
☎ 02 41 73 50 28 – 📠 02 41 73 54 54
loic.chaumont@univ-angers.fr

Antilles-Guyane *Célia Jean-Alexis*
Univ. des Antilles et de la Guyane
Campus de Fouillole - BP 250
97157 Pointe-à-Pitre Cedex
☎ (590) 590 48 30 88 📠 (590) 590 48 30 86
celia.jean-alexis@univ-ag.fr

Avignon *Alberto Seeger*
Dépt de Mathématiques
Univ. d'Avignon
33 rue Louis Pasteur
84000 Avignon
☎ 04 90 14 44 93 – 📠 04 9014 44 19
alberto.seeger@univ-avignon.fr

Belfort *Michel Lenczner*
Lab. Mécatronique 3M
Univ. de Technologie de Belfort-Montbelliard
90010 Belfort CEDEX
☎ 03 84 58 35 34 – 📠 03 84 58 31 46
Michel.Lenczner@utbm.fr

Besançon *Nabile Boussaid*
Lab. de mathématiques
UFR Sciences et Techniques
16 route de Gray
25030 Besançon CEDEX
☎ 03 81 66 63 37 – 📠 03 81 66 66 23
boussaid.nabile@gmail.com

Bordeaux *Lisl Weynans*
Institut de Mathématiques
Univ. Bordeaux I
351 cours de la Libération - Bât. A33
33405 Talence CEDEX
☎ 05 40 00 35 36
lisl.weynans@math.u-bordeaux1.fr

Brest *Piernicola Bettiol*
Dép. de Mathématiques
UFR Sciences et Techniques
Université de Bretagne Occidentale
6 av. Victor Le Gorgeu
CS 93837
29238 Brest Cedex 3
☎ 02 98 01 73 86 - 📠 02 98 01 61 75
Piernicola.Bettiol@univ-brest.fr

Cachan ENS *Laure Quivy*
CMLA
ENS Cachan
61 av. du Président Wilson
94235 Cachan CEDEX
☎ 01 47 40 59 12
quivy@clma.ens-cachan.fr

Caen *Leonardo Baffico*
Groupe de Mécanique, Modélisation
Mathématique et Numérique
Lab. Nicolas Oresme
Univ. de Caen
BP 5186
14032 Caen CEDEX
☎ 02 31 56 74 80 – 📠 02 31 56 73 20
leonardo.baffico@unicaen.fr

Cergy *Elisabeth Logak*
Dép. de Mathématiques,
Univ. de Cergy-Pontoise / Saint-Martin
2 av. Adolphe Chauvin
95302 Cergy-Pontoise CEDEX
☎ 01 34 25 65 41 – 📠 01 34 25 66 45
elisabeth.logak@u-cergy.fr

Chine *Claude-Michel Brauner*
 IMB, Université de Bordeaux I
 351 cours de la Libération
 Bât. A33
 33405 Talence CEDEX
 ☎ 05 40 00 60 50
 brauner@math.u-bordeaux.fr

Clermont-Ferrand *Arnaud Munch*
 Lab. de Mathématiques Appliquées
 Univ. Blaise Pascal
 BP 45
 63177 Aubière CEDEX
 ☎ 04 73 40 79 65 – 📠 04 73 40 70 64
 Arnaud.Munch@math.univ-bpclermont.fr

Compiègne *Véronique Hédou*
 Équipe de Mathématiques Appliquées
 Dept Génie Informatique
 Univ. de Technologie
 BP 20529
 60205 Compiègne CEDEX
 ☎ 03 44 23 49 02 – 📠 03 44 23 44 77
 Veronique.Hedou@utc.fr

Dijon *Alexandre Cabot*
 Institut de Mathématiques
 Univ. de Bourgogne
 BP 47870
 21078 Dijon CEDEX
 alexandre.cabot@u-bourgogne.fr

École Centrale de Paris
Anna Rozanova-Pierrat
 École Centrale de Paris
 Lab. Mathématiques Appliquées aux
 Systèmes,
 Grande Voie des Vignes,
 92295 Châtenay-Malabry CEDEX
 ☎ 01 41 13 17 19 – 📠 01 41 13 14 36
 anna.rozanova-pierrat@ecp.fr

ENS Paris *Virginie Bonnaillie-Noel*
 DMA, Ecole Normale Supérieure
 45 rue d’Ulm,
 75230 Paris CEDEX
 ☎ 01 44 32 20 58 – 📠 01 44 32 20 80
 bonnaillie@math.cnrs.fr

États-Unis *Rama Cont*
 IEOR, Columbia University
 316 S. W. Mudd Building
 500 W. 120th Street, New York,
 New York 10027 – Etats-Unis
 ☎ + 1 212-854-1477
 Rama.Cont@columbia.edu

Evry *Stéphane Menozzi*
 Laboratoire d’Analyse et Probabilités
 Univ. Paris VI
 4, Place Jussieu
 75252 Paris cedex 5
 stephane.menozzi@
 math.univ-paris-diderot.fr

Evry la Génomole *Laurent Denis*
 Dpt de Math.
 Univ. du Maine
 72085 Le Mans
 ☎ 01 64 85 34 98
 ldenis@univ-lemans.fr

Grenoble *Brigitte Bidegaray*
 Lab. de Modélisation et Calcul, IMAG
 Univ. Joseph Fourier
 BP 53
 38041 Grenoble CEDEX 9
 ☎ 04 76 57 46 10 – 📠 04 76 63 12 63
 Brigitte.Bidegaray@imag.fr

Israël *Ely Merzbach*
 Dept of Mathematics and Computer
 Science
 Bar Ilan University Ramat Gan.
 Israel 52900
 ☎ + 972 3 5318407/8 – 📠 + 972 3 5353325
 merzbach@macs.biu.ac.il

La Réunion *Philippe Charton*
 Dép. de Mathématiques et Informa-
 tique IREMIA
 Univ. de La Réunion
 BP 7151
 97715 Saint-Denis Messag CEDEX 9
 ☎ 02 62 93 82 81 – 📠 02 62 93 82 60
 Philippe.Charton@univ-reunion.fr

Correspondants locaux

Le Havre *Adnan Yassine*
 IUT du Havre
 Place Robert Schuman
 BP 4006
 76610 Le Havre.
 ☎ 02 32 74 46 42 – 📠 02 32 74 46 71
 adnan.yassine@iut.univ-lehavre.fr

Le Mans *Alexandre Popier*
 Dép. de Mathématiques
 Univ. du Maine
 Av. Olivier Messiaen
 72085 Le Mans CEDEX 9
 ☎ 02 43 83 37 19 – 📠 02 43 83 35 79
 Alexandre.Popier@univ-lemans.fr

Lille *Caterina Calgaro*
 Lab. de Mathématiques Appliquées
 Univ. des Sciences et Technologies de
 Lille
 Bat. M2, Cité Scientifique
 59655 Villeneuve d’Ascq CEDEX
 ☎ 03 20 43 47 13 – 📠 03 20 43 68 69
 Caterina.Calgaro@univ-lille1.fr

Limoges *Samir Adly*
 LACO
 Univ. de Limoges
 123 av. A. Thomas
 87060 Limoges CEDEX
 ☎ 05 55 45 73 33 – 📠 05 55 45 73 22
 adly@unilim.fr

Littoral Côte d’Opale *Carole Rosier*
 LMPA
 Centre Universitaire de la Mi-voix
 50 rue F. Buisson
 BP 699
 62228 Calais CEDEX.
 ☎ 03 21 46 55 83
 Carole.Rosier@lmpa.univ-littoral.fr

Lyon *Morgane Bergot*
 Institut Camille Jordan,
 Univ. Claude Bernard Lyon 1
 43 b^d du 11 novembre 1918
 69622 Villeurbanne CEDEX
 bergot@math.univ-lyon1.fr

Marne la Vallée *Alain Prignet*
 Univ. de Marne-la-Vallée, Cité Des-
 cartes
 5 b^d Descartes
 77454 Marne-la-Vallée CEDEX
 ☎ 01 60 95 75 34 – 📠 01 60 95 75 45
 alain.prignet@univ-mlv.fr

Maroc *Khalid Najib*
 École Nationale de l’Industrie Minérale
 B^d Haj A. Cherkaoui, Agdal
 BP 753, Rabat Agdal 01000
 Rabat
 Maroc
 ☎ 00 212 37 77 13 60 – 📠 00 212 37 77 10
 55
 najib@enim.ac.ma

Marseille *Guillemette Chapuisat*
 LATP
 Université Paul Cézanne
 Faculté des Sciences et Techniques de
 St Jérôme, Case Cour A
 avenue Escadrille Normandie-Niemen
 13397 Marseille Cedex 20, France ☎ 04
 91 28 88 40 – 📠 01 91 28 87 41
 guillemette.chapuisat@univ-cezanne.fr

Metz *Jean-Pierre Croisille*
 Dépt de Mathématiques
 Univ. de Metz
 Ile du Saulcy
 57405 Metz CEDEX 01
 ☎ 03 87 31 54 11 – 📠 03 87 31 52 73
 croisil@poncelet.univ-metz.fr

Montpellier *Matthieu Alfaro*
 I3M, Dép. de Mathématiques,
 Univ. Montpellier II, CC51
 Pl. Eugène Bataillon
 34095 Montpellier CEDEX 5
 ☎ 04 67 14 42 04 – 📠 04 67 14 35 58
 malfaro@math.univ-montp2.fr

Nancy *Takéo Takahashi*
 Institut Élie Cartan
 BP 239
 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy
 ☎ 03 83 68 45 95 – 📠 03 83 68 45 61
 takeo.takahashi@univ-lorraine.fr

Correspondants locaux

Nantes *Hélène Mathis*
 Université de Nantes
 2, rue de la Houssinière - BP92208
 44321 Nantes CEDEX 3
 ☎ 02 51 12 59 86
 helene.mathis@ec-nantes.fr

Nice *Claire Scheid*
 Lab. Jean-Alexandre Dieudonné
 Univ. de Nice, Parc Valrose
 06108 Nice CEDEX 2
 ☎ 04 92 07 64 95 – 📠 04 93 51 79 74
 claire.scheid@unice.fr

Norvège *Snorre Christiansen*
 snorre@math.uio.no

Orléans *Cécile Louchet*
 Dépt de Mathématiques
 Univ. d'Orléans
 BP 6759
 45067 Orléans CEDEX 2
 ☎ 02 38 49 27 57 – 📠 02 38 41 71 93
 Cecile.Louchet@univ-orleans.fr

Paris I *Philippe Bich*
 Centre d'Economie de la Sorbonne
 UMR 8174
 Univ. Paris 1 Pantheon-Sorbonne
 Maison des Sciences Economiques
 106 -112 boulevard de l'Hôpital
 75647 PARIS CEDEX 13
 ☎ 01 44 07 83 14 – 📠 01 44 07 83 01
 philippe.bich@univ-paris1.fr

Paris V *Ellen Saada*
 Lab. MAP 5 - UMR CNRS 8145
 Univ. Paris Descartes
 45 rue des Saints Pères
 75270 Paris cedex 06
 ☎ 01 42 86 21 14 – 📠 01 42 86 41 44
 ellen.saada@mi.parisdescartes.fr

Paris VI *Nina Aguilon*
 Lab. Jacques-Louis Lions
 Boîte courrier 187
 Univ. Pierre et Marie Curie
 4 place Jussieu
 75252 Paris CEDEX 05
 ☎ 01 44 27 91 67 – 📠 01 44 27 72 00
 aguilon@ann.jussieu.fr

Paris VI *Noufel Frikha*
 Lab. Probabilités et Modèles Aléatoires
 Univ. Pierre et Marie Curie
 4 place Jussieu
 75252 Paris CEDEX 05
 ☎ 01 57 27 91 33
 frikha.noufel@gmail.com

Paris XI *Benjamin Graille*
 Mathématiques, Bât. 425
 Univ. de Paris-Sud
 91405 Orsay CEDEX
 ☎ 01 69 15 60 32 – 📠 01 69 14 67 18
 Benjamin.Graille@math.u-psud.fr

Paris XII *Mickaël Dos Santos*
 Univ. Paris Est Créteil
 UPEC
 61 av. du Général de Gaulle
 94010 Créteil CEDEX PS
 ☎ 01 45 17 16 42
 mickael.dos-santos@u-pec.fr

Paris XIII *Jean-Stéphane Dhersin*
 Univ. Paris XIII / Paris Nord
 Département de Mathématiques Institut Galilée
 Université Paris 13
 99, Avenue Jean-Baptiste Clément
 93430 Villetaneuse
 ☎ 01 45 17 16 52
 dhersin@math.univ-paris13.fr

Paris IX *Julien Salomon*
 CEREMADE
 Univ. Paris-Dauphine
 Pl du M^al de Lattre de Tassigny
 75775 Paris CEDEX 16
 ☎ 01 44 05 47 26 – 📠 01 44 05 45 99
 salomon@ceremade.dauphine.fr

Pau *Brahim Amaziane*
 Lab. de Math. Appliquées, IPRA,
 Univ. de Pau
 av. de l'Université
 64000 Pau
 ☎ 05 59 92 31 68/30 47 – 📠 05 59 92 32 00
 brahim.amaziane@univ-pau.fr

Correspondants locaux

Portugal *Pedros Freitas*

freitas@cii.fc.ul.pt

Perpignan *Oana Serea*

Dépt de Mathématiques
Univ. de Perpignan
52 avenue de Villeneuve
66860 Perpignan CEDEX
☎ 04 68 66 21 48
serea@univ-perp.fr

Poitiers *Morgan Pierre*

LMA
Univ. de Poitiers
B^d Marie et Pierre Curie
BP 30179
86962 Futuroscope Chasseneuil CEDEX
☎ 05 49 49 68 85
Morgan.Pierre@math.univ-poitiers.fr

Polytechnique *Aline Lefebvre-Lepot*

CMAP, École Polytechnique
91128 Palaiseau
☎ 01 69 33 45 61 – 📠 01 69 33 46 46
aline.lefebvre@polytechnique.edu

Reims *Stéphanie Salmon*

Lab. de Mathématiques
Univ. Reims
Moulin de la Housse – BP 1039
51687 Reims CEDEX 2
☎ 03 26 91 85 89 – 📠 03 26 91 83 97
stephanie.salmon@univ-reims.fr

Rennes *Roger Lewandowski*

Univ. Rennes 1
IRMAR, Université Rennes1,
Campus Beaulieu, 35042 Rennes
☎ 02 23 23 58 64
Roger.Lewandowski@univ-rennes1.fr

Rouen *Jean-Baptiste Bardet*

LMRS
Univ. de Rouen
av. de l'Université - BP 12
76801 Saint-Étienne-du-Rouvray
☎ 02 32 95 52 34 – 📠 02 32 95 52 86
Jean-Baptiste.Bardet@univ-rouen.fr

Rouen (INSA) *Anastasia Zakharova*

Lab. de Mathématiques de l'INSA
INSA Rouen Normandie
- Av. de l'Université, BP 08
76801 St Etienne du Rouvray CEDEX
☎ 02 32 95 65 38 – 📠 02 32 95 99 03
anastasia.zakharova@insa-rouen.fr

Savoie *Stéphane Gerbi*

Lab. de Mathématiques
Univ. de Savoie
73376 Le Bourget du Lac CEDEX
☎ 04 79 75 87 27 – 📠 04 79 75 81 42
stephane.gerbi@univ-savoie.fr

Strasbourg *Michel Mehrenberger*

IRMA
Univ. de Strasbourg
7 rue René Descartes
67084 Strasbourg CEDEX
☎ 03 68 85 02 05
mehrenbe@math.unistra.fr

Toulouse *Sébastien Gerchinovitz*

IMT, Univ. Toulouse 3
118 route de Narbonne 31077 Toulouse
CEDEX 4
sebastien.gerchinovitz@math.univ-toulouse.fr

Tours *Vincent Perrollaz*

Lab. Math. et Physique Théorique
Fac. Sciences et Technique de Tours
7 parc Grandmont
37200 Tours
vincent.perrollaz@lmpt.univ-tours.fr

Valenciennes *Juliette Venel*

LAMAV
Univ. de Valenciennes
Le Mont Houy – ISTV2
59313 Valenciennes CEDEX 9
☎ 03 27 51 19 23 – 📠 03 27 51 19 00
juliette.venel@univ-valenciennes.fr

Versailles *Christophe Chalons*

Université De Versailles St-Quentin-
en-Yvelines
Bâtiment Fermat 45 Avenue Des Etats
Unis
59313 Valenciennes CEDEX 9
☎ 01 39 25 30 68 – 📠 01 39 25 46 45
christophe.chalons@uvsq.fr