

Sommaire

Éditorial	3
Comptes-rendus des CA et bureaux de la SMAI	5
Agence pour les Mathématiques en Interaction avec les Entreprises et la Société (AMIES)	11
Nouvelles du CNRS	15
Vie de la communauté	23
Comptes rendus de manifestations	33
Journée parité en mathématiques du 6 juin 2011	33
Compte Rendu du Congrès MAMERN11	39
Journées EDP Lille-Littoral-Valenciennes	40
Quatrièmes Rencontres des Jeunes Statisticiens	40
Du côté des industriels : Semaine Mathématiques et Entreprises	43
Mathrice : l’informatique au service des mathématiciens	45
Réaliser des figures en \TeX	51
La table de Peutinger	69
Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard : Deux exemples d’applications en biologie	73
Annonces de thèses	97
Annonces de colloques	129
Revue de presse	131
Le cadavre exquis de la recherche française (BD)	135
Liste des correspondants locaux	139

Date limite de soumission des textes pour le Matapli 97 : 15 janvier 2012

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

smi@emath.fr

http://smi.emath.fr

PRIX DES PUBLICITÉS ET ENCARTS DANS MATAPLI POUR 2011

- 150 € pour une demi-page
- 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 Maria J. Esteban

ÉDITORIAL

Chers membres de la SMAI,

La SMAI commence cette année universitaire avec de nouvelles forces pour mener à bien ses actions : un nouveau CA, de nouveaux chargés de mission ; nous nous attaquons à cette année 2011-2012 avec force et entrain.

Quelles nouveautés en cette rentrée ?

- AMIES, la nouvelle agence maths-industrie est née, et avec elle de nouvelles perspectives de développement pour les mathématiques en interaction : AMIES va travailler en collaboration avec les labos de mathématiques des universités et avec l'INRIA, mais aussi avec les agences régionales pour la recherche et l'innovation et autres partenaires importants dans le domaine ; son réseau lui permettra d'aller dans des directions nouvelles et jusque là inconnues en France. La SMAI s'en réjouit et salue sa naissance. Elle lui souhaite beaucoup de succès et y contribuera autant qu'elle le peut.

- Le mercredi 16 novembre, la traditionnelle "Cérémonie des prix", où la SMAI, l'Académie des Sciences et l'INRIA recevaient les années passées les lauréats des prix de l'Académie en maths appliquées et en informatique, fait peau neuve : avec les mêmes partenaires, elle élargit l'éventail des prix concernés et change de nom, devenant le "Forum des lauréats des prix en informatique et mathématiques appliquées".

- En janvier une action d'un type nouveau verra le jour, le Forum Emploi Math, que la SMAI co-organise avec AMIES et la SFdS : ce sera une première, où les employeurs, universitaires et industriels, viendront présenter leurs offres de poste. Des tables rondes et des discussions émailleront la journée, qui aura lieu à l'Institut Océanographique, à deux pas de l'IHP.

- Enfin, le 9 décembre aura lieu la dernière journée maths-industrie de 2011, et sur quel thème cette fois-ci ? sur la voile ! eh oui, et en même temps que le Salon nautique, et à l'ENSTA, tout près du Salon. Car cette journée souhaite attirer non seulement des universitaires, mais aussi des voileux. Les designers et les constructeurs de coques et de voiles y seront présents pour parler des maths qui leur permettent d'améliorer leurs performances. Les noms ? les thèmes ? les parrainages ? voyez le programme (par exemple sur le site web de la SMAI)...

Toutes ces activités sont des occasions de nous réjouir, de constater l'énergie déployée par des membres de notre communauté pour la faire devenir plus visible, plus efficace, plus intéressante aussi.

A côté de cela il y a toujours malheureusement des nuages noirs...

- Le petit nuage noir qui plane sur l'Opération Postes, qui a toujours un problème avec quelques universités qui prétendent que l'affichage des résultats intermédiaires des concours est illégal. Les avis juridiques que nous avons pris nous disent qu'il n'y a rien d'illégal dans le travail remarquable et si utile à toute la communauté effectué par l'Opération Postes, mais il faut réussir à en convaincre ces universités. La SMAI, en collaboration avec l'INSMI et les autres sociétés savantes de mathématiques, est en train de construire un argumentaire juridique indiscutable. L'Opération Postes étant hébergée par le serveur de notre société, nous sommes impliqués directement dans cette affaire absurde qui choque toute la communauté mathématique.

- Le gros nuage très noir du budget 2012 : personne ne sait à ce jour ce qu'il va en être, mais tout le monde craint pour 2012 des coupes budgétaires qui pourraient faire très mal. Le budget de l'INSMI a déjà été amputé de 15% l'année dernière. Qu'en sera-t-il cette année ? Quand ce MATAPLI verra le jour, la nouvelle sera peut-être déjà connue. Espérons qu'elle ne sera pas aussi désastreuse que celle de l'année dernière.

Dans cette période de bouleversements en tous genres, d'instabilités, de coupes budgétaires, de changements profonds dans le fonctionnement (de plus en plus fractionné) de notre communauté, le message à faire passer est qu'il faut continuer à développer notre fonctionnement en réseau. Les mathématiques françaises resteront au niveau de qualité qui est le leur si elles se maintiennent unies, avec des objectifs clairs de soutien à la qualité et à la variété. Et ce, évidemment, sans oublier les questions relatives à la formation des jeunes et aux conditions de leur insertion dans la vie professionnelle, universitaire ou pas.

Maria J. Esteban
Présidente de la SMAI

Comptes rendus des CA et bureaux de la SMAI

par Antoine Lejay,
Secrétaire Général de la SMAI

Compte rendu — Conseil d'Administration — 27 juin 2011

Présents : F. Alabau, G. Allaire, Z. Belhachmi, B. Bercu, A. de Bouard, A. Cohen, M.J. Esteban, E. Godlewski, C. Gout, M. Lavielle, A. Lejay, V. Louvet, J. Mairesse, P. Maréchal, S. Mischler, F. Murat.

Représentés : R. Abgrall, J.-M. Bonnissseau, E. Gobet, T. Goudon, F. Lagoutière, T. Lelièvre, J. Le Rousseau, É. de Rocquigny.

Excusés : F. Bonnans, R. Cont, P. Lafitte, A. Samson.

Absents : D. Aussel, M. Bouhtou, L. Decreusefond, R. Eymard, V. Girardin, M.-L. Mazure, F. Merlevède.

1. Renouveau du bureau

Le bureau a été renouvelé à l'unanimité. Pour rappel, la composition du bureau est donc comme l'an dernier : Maria J. Esteban (présidente), Antoine Lejay (secrétaire général), Frédéric Lagoutière (trésorier), Anne de Bouard (vice-présidente chargée de la communication et des actions grand public), Edwige Godlewski (vice-présidente chargée de l'enseignement), François Murat (vice-président chargé des publications), Étienne de Rocquigny (vice-président chargé des relations industrielles).

2. Nouvelles diverses

Le congrès *SMAI 2011* de Guidel a été un grand succès, avec plus de 300 participants et une très bonne organisation.

Le congrès *SMAI 2013* sera organisé par la Fondation Sciences Mathématiques de Paris, regroupant des laboratoires d'universités parisiennes.

La SMAI a participé au *Salon européen du recrutement des docteurs*¹ qui concernait toutes les disciplines. Elle envisage d'autre part d'organiser un forum sur les métiers des mathématiques ouvert dès le niveau Master, mais la forme exacte reste à déterminer.

Un déjeuner a eu lieu à Guidel entre le bureau et les correspondants locaux. Il a été proposé entre autres de créer un site WEB pour afficher des propositions de thèse.

¹<http://www.phdtalent.com/>

COMPTES RENDUS CA & BUREAUX DE LA SMAI

3. Nouvelles des groupes thématiques

Le CA a été informé de la nouvelle composition du comité de liaison du GT SMAI-MODE.

Le nom du GT SMAI-AFA a été changé en SMAI-SIGMA, suite au vote de l'Assemblée Générale au congrès de Guidel.

4. Vote des tarifs des cotisations

Le CA a voté à l'unanimité les tarifs des cotisations 2012.

Pour les personnes physiques, le tarif standard est de 55 euros ; de 25 pour les jeunes ; de 40 pour les retraités ; de 45 pour l'adhésion conjointe à Femmes et Mathématiques, à la SFdS, à la SMF et à l'UPS ; de 40 pour l'adhésion conjointe à l'AMS, au GAMM, à la CAIMS-SCMAI, à la SEMA, au SIAM, à la SIMAI ou à l'UMI ; de 20 pour les ressortissants des pays en voie de développement. L'adhésion est gratuite pour les doctorants inscrits en thèse en France et pour les docteurs ayant soutenu leur thèse depuis moins de deux ans.

Pour les personnes morales, le tarif pour les laboratoires est de 200 euros. Pour les industriels, il existe trois tarifs de 500, 1000 et 2000 euros correspondants à diverses prestations.

5. Publications

F. Murat, vice-président chargé des publications a annoncé la décision du bureau de créer à l'automne un comité pour réfléchir aux problèmes de plagiat. Ce comité comprendra des rédacteurs des différentes revues de la SMAI.

Les comités éditoriaux de *ESAIM M2AN*, *ESAIM Proc* et *RAIRO-OR* (dont la direction scientifique est assurée à la fois par la SMAI et la ROADEF) devront être renouvelés lors de leurs échéances : décembre 2012, décembre 2011 et janvier 2011.

En ce qui concerne *RAIRO-OR*, le CA a nommé Ridha Majhoub rédacteur en chef et a voté la motion suivante : " Le Conseil d'administration de la SMAI confie à Ridha Mahjoub la responsabilité (la charge) de Rédacteur en chef de la revue *RAIRO-Operations Research*. Il lui suggère de nommer dans le comité de rédaction quelques éditrices et quelques éditeurs experts en mathématiques appliquées, et l'assure de son soutien dans sa difficile tâche. "

6. Parité

Le CA a discuté de mesures à prendre pour assurer une meilleure représentativité des femmes dans la communauté des mathématiques appliquées.

À l'unanimité, le CA a voté une motion favorable à l'affichage de la proportion hommes/femmes, par catégorie, dans tous les laboratoires de France. Cet affichage pourrait faire partie des informations fournies par les laboratoires lors de leur évaluation quadriennale par l'AERES.

COMPTES RENDUS CA & BUREAUX DE LA SMAI

La SMAI veillera à un meilleur respect de la parité dans les comités scientifiques et les listes de conférenciers de ses congrès ainsi que dans les comités de rédaction de ses revues.

Une mention demandant un meilleur respect de la parité sera ajoutée au formulaire de demande de parrainage des colloques par la SMAI.

7. Chargés de mission

M.J. Esteban a présenté quelques nouvelles fonctions possibles de chargés de mission qui ont été identifiées par le bureau :

- Chargé de mission pour la coordination des correspondants locaux ;
- Chargé de mission pour la création d'un réseau de personnes intéressées par l'enseignement ;
- Chargé de mission pour la création d'un réseau de personnes intéressées par la vulgarisation ;
- Chargé de mission pour recenser les mathématiciens travaillant en entreprise ;
- Chargé de mission pour aider à la gestion des actifs financiers de la SMAI ;
- Chargé de mission pour chercher des auteurs ou idées d'articles pouvant paraître dans *Matapli* et *Images des Mathématiques*² ;
- Chargé de mission chargé de coordonner les activités de l'année " Mathématiques de la Planète Terre " *Mathematics & Planet Earth* en 2013.

Certaines de ces fonctions devront être assurées en coordination avec un membre du bureau.

Les articles de vulgarisation paraissant dans *Matapli* et *Images des Mathématiques* sont de nature très différente car les premiers visent un public de mathématiciens et les seconds le grand public. Le CA a cependant été très intéressé par la demande émanant des responsables du site *Images des Mathématiques* de publier conjointement des articles dans *Matapli* et *Images des Mathématiques*. Faute de pouvoir s'engager à publier un article par numéro de *Matapli*, l'objectif pourrait être de trouver un ou plusieurs articles de ce type chaque année, sans engagement de périodicité.

8. Questions diverses

Le CA a été informé des difficultés rencontrées récemment par l'Opération Postes et a voté à l'unanimité la motion suivante : " Le Conseil d'administration de la SMAI (Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles), réuni le 27 juin 2011, s'inquiète des interventions récentes de certaines universités remettant en question le fonctionnement de l'Opération Postes. La SMAI considère que l'Opération Postes est un outil très utile et très important pour les candidats, pour les comités de sélection et pour la communauté mathématique toute entière. Elle

²(<http://images.math.cnrs.fr/>)

COMPTES RENDUS CA & BUREAUX DE LA SMAI

réaffirme son soutien aux bénévoles de l'Opération Postes et à la transmission de l'information dans une parfaite transparence. "

Compte rendu — Bureau — 16 septembre 2011

Présents : A. de Bouard, M.J. Esteban, E. Godlewski, A. Lejay, F. Murat, E. de Rocquigny.

Excusés : F. Lagoutière.

1. Nouvelles et actions en cours

1.1. Carte des Masters

Le projet *Carte des Masters*³ est opérationnel. Il sera demandé aux correspondants locaux d'aider à remplir cette base.

1.2. Demande de reconnaissance d'utilité publique

Le dossier de demande est en cours de finalisation et devrait être envoyé prochainement.

1.3. Cérémonie des prix

L'édition 2011 de la Cérémonie des Prix devrait avoir lieu en novembre.

1.4. Journée Maths-Industries " Voile et innovation mathématiques "

La journée Maths-Industries " Voile et innovation mathématiques " aura lieu le 9 décembre 2011 à l'ENSTA, tout près du Salon Nautique. Le monde de la voile sera très bien représenté.

La journée Maths-Industrie suivante, prévue pour le 1^{er} semestre 2012, portera sur les énergies nouvelles avec la participation et le soutien de PME.

1.5. Finition et lancement du " Livre Blanc sur l'emploi des docteurs "

Le " Livre blanc sur l'emploi des docteurs " devrait bientôt être mis sous presse.

1.6. Forum des jobs en maths

Le projet de forum " Jobs en maths " prend forme et la première édition devrait avoir lieu au début 2012.

³http://masters.emath.fr/main/emath_fr.html

COMPTES RENDUS CA & BUREAUX DE LA SMAI

1.7. Cap'math

Le projet de consortium Cap'math porté par Animath a été retenu sur l'appel "Culture scientifique et égalité des chances" du Commissariat Général à l'Investissement⁴. La SMAI participe à ce projet.

1.8. Brochure "Explosion des Mathématiques 2"

A. de Bouard a informé le bureau de l'avancée de ce projet commun avec la SFdS, la SMF et la Fondation Sciences Mathématiques de Paris.

1.9. Points divers

Une stagiaire a travaillé cet été sur une base de données sur les sujets et bourses de thèse.

Natixis et la SMAI ont demandé à l'Académie des Sciences de reculer la date de limite d'âge des candidats au prix *Natixis-SMAI*⁵ à 45 ans.

1.10. Colloquium de didactique

La CFEM a demandé à la SMAI de proposer un nom pour le prochain *Colloquium de didactique* afin de parler de mathématiques appliquées.

2. Vie de la SMAI

2.1. Demande de l'EMS

L'EMS a demandé que chacune des sociétés savantes qui en sont membres ait un correspondant de l'EMS en son sein.

2.2. Finances

Des obligations arrivées à terme ont été rachetées.

2.3. Aide à la maintenance du site WEB

Le bureau cherche une personne pour la gestion du serveur du site WEB.

2.4. Recrutement de secrétariat

Le bureau souhaite recruter une secrétaire à plein temps. Une fiche de poste sera bientôt rédigée.

3. Chargés de mission

Suite au dernier CA, le bureau a examiné un certain nombre de propositions pour des postes de chargés de mission.

Le bureau a proposé à Violaine Louvet d'être nommée en tant que chargée de mission pour les correspondants locaux, aidée en cela par le secrétaire général.

⁴http://www.animath.fr/IMG/pdf/Communique_14_Sept_Gen.pdf

⁵<http://smai.emath.fr/spip.php?article119>

COMPTES RENDUS CA & BUREAUX DE LA SMAI

D'autres personnes seront contactées pour leur proposer un rôle concernant des questions d'enseignement, de vulgarisation, des liens avec le site *Images des Mathématiques*⁶, d'aide à la gestion financière de l'association et de coordination des projets pour l'année *Mathématiques de la planète Terre*⁷ en 2013.

⁶<http://images.math.cnrs.fr/>

⁷<http://www.mpt2013.org/>

Agence pour les Mathématiques en Interaction avec les Entreprises et la Société

AMIES

Par G.-H. Cottet, directeur d'AMIES

L'Agence pour les Mathématiques en Interaction avec les Entreprises et la Société a été labellisée comme Labex au printemps 2011. Il s'agit d'un projet porté par le CNRS, le seul dans le domaine des maths, en partenariat avec l'INRIA et le PRES Université de Grenoble. Le CNRS a créé une UMS à Grenoble qui servira de support à ce projet.

1 D'où vient le projet ?

Ce projet a été conçu et soumis à l'initiative de l'Institut National des Sciences Mathématiques et de leurs Interactions (INSMI) du CNRS. Il fait suite à un certain nombre de réflexions dans la communauté mathématique. Ces réflexions ont été menées en France, en particulier sous l'impulsion de la SMAI, souvent dans un contexte européen. Citons notamment le projet Forward Look "Mathematics and Industry" financé par l'ESF (European Science Foundation), géré scientifiquement par le comité de mathématiques appliquées de l'EMS (European Mathematical Society), et proposé à l'ESF par le CNRS ; dans le même ordre d'idée, le rapport ARP (Atelier de réflexion prospective) de l'ANR, écrit par un groupe coordonné par Yvon Maday, a fait l'état de la situation en France et a établi un catalogue des initiatives au niveau mondial. La question des interactions entre mathématiques et entreprises et société était aussi un des thèmes qui a rassemblé universitaires et industriels lors du colloque Maths À Venir de 2009.

Toutes ces réflexions arrivent à la double conclusion que les mathématiques sont une discipline incontournable pour l'avancement technologique et économique de nos sociétés et que la France accuse un retard certain par rapport notamment à des pays comme la Grande Bretagne, l'Allemagne, les USA ou le Canada. Partant de ces constats, le CNRS a eu depuis quelques années une action volontariste qui s'est traduite par des actions immédiates et visibles. Un programme PEPS (projets exploratoires premier soutien) spécifiquement dédié aux partenariats industriels

Agence pour les Mathématiques en Interaction avec les Entreprises et la Société

a été lancé et coordonné par Frédéric Coquel, nouveau chargé de mission chargé des relations industrielles à l'INSMI. Le CNRS a créé fin 2010 le GDR Maths-Entreprises dirigé par Bertrand Maury. Désirant aller plus loin, et donner plus de moyens et plus de visibilité à ces actions, l'INSMI a décidé de saisir l'opportunité des investissements d'avenir pour soumettre un projet de Labex sur ce sujet, en insistant sur le fait que ce projet reste dans la logique d'un réseau national concernant au même titre toutes les mathématiques et tous les laboratoires de mathématiques.

AMIES propose un programme qui concerne aussi bien la formation que la recherche, et une mise en vitrine des activités et bonnes pratiques dans les laboratoires et les entreprises et des opportunités qui existent à l'interface math-entreprise. Ce programme sera évalué par un conseil scientifique dirigé par Olivier Pironneau.

2 Un programme guidé par un souci de flexibilité

Le programme d'AMIES s'inspire dans une large mesure de dispositifs déjà expérimentés avec succès à l'étranger, avec le souci de fournir, aux laboratoires comme aux entreprises, une flexibilité maximale dans la nature des soutiens et le temps de réponses aux demandes de soutien. AMIES est aussi animée par la conviction que ces programmes doivent combiner étroitement les aspects de formation et de recherche. AMIES propose une extension du dispositif des Projets Exploratoires Math-Industrie initiés par l'INSMI en 2010. Dans cette version, les financements et les moyens humains seront adaptés à la nature et à la maturité du projet et aux besoins de l'entreprise. Ces moyens humains peuvent être des stages de niveau Master, des doctorants-conseils ou des post-doc, voire des ingénieurs. Les entreprises doivent évidemment contribuer au côté d'AMIES et d'autres sources de financement locales, mais sans norme a priori, pour permettre notamment aux PME, qui sont une cible prioritaire, de bénéficier de ces programmes. Autre point important : ces financements se feront au fil de l'eau, avec un temps de réponse aussi réduit que possible, de la même manière que pour les CIFRE.

L'intégration formation-recherche est aussi une caractéristique des Semaines d'Études Mathématiques et Entreprise (SEME), initiées par le GDR sur le modèle des European Study Groups for Industry (ESGI). Ces semaines permettent aux étudiants d'être confrontés à des cas réels souvent peu formalisés et quelquefois éloignés de leur spécialité. L'intérêt est évidemment de montrer aux étudiants comment ils peuvent mettre à profit leur savoir sur des cas réels, et aussi comment ils doivent souvent sortir de leur réflexes disciplinaires pour contribuer à des solutions pertinentes.

3 Un réseau et une vitrine

La mise en réseau des programmes d'AMIES s'appuiera sur une groupe de *facilitateurs*, en cours de constitution, qui seront à la fois des correspondants régionaux de l'agence et des traducteurs technologiques représentatifs des différentes disciplines mathématiques. Il s'agit là encore d'un dispositif qui a montré son efficacité à l'étranger, notamment au sein du KTN en Angleterre. Ces facilitateurs joueront un rôle très important puisqu'ils seront au contact direct des laboratoires et des entreprises et assureront le suivi des projets initiés par AMIES.

Ce dispositif bénéficiera de l'expérience de l'INRIA dans le domaine du partenariat industriel et notamment de ses programmes qui ciblent les PME dans les grands secteurs d'applications des mathématiques. AMIES sera aussi impliquée dans le programme HPC/PME piloté par GENCI, OSEO et l'INRIA, ce qui lui permettra d'identifier les entreprises demandeuses de modélisation et de simulation numérique et de les mettre en contact les laboratoires susceptibles de répondre à leurs besoins.

AMIES se veut également une vitrine dynamique de l'existant et des opportunités et bonnes pratiques dans les domaine des interactions avec les entreprises. La création et la mise en ligne d'un catalogue des formations et des compétences des laboratoires est à l'étude. L'idée est de proposer aux laboratoires un outil qu'ils pourront enrichir localement et qu'AMIES pourra répercuter au niveau national, donnant ainsi aux étudiants, chercheurs et entreprises une véritable cartographie de l'offre en mathématiques en France. Cette vitrine permettra aussi à AMIES d'agir auprès des agences régionales et nationales pour promouvoir des programmes où seront ciblées les interactions entre mathématiques et entreprises.

Enfin, AMIES sera active sur le front européen. Son projet bénéficie dès l'origine de nombreux échanges avec les initiatives européennes équivalentes, il est donc naturel qu'il se développe en synergie avec des outils tels qu'ECMI (European Consortium of Mathematics in Industry) dont AMIES sera un noeud. AMIES est aussi le partenaire français dans la création d'un prototype de réseau européen en mathématiques industrielles, qui serait financé par Bruxelles et servirait à coordonner des actions, partager l'information et créer des bases de données (expertise, emplois, success stories, etc.). Le but de ce projet est de promouvoir les interactions entre les mathématiques académiques et les entreprises à l'échelle européenne, de coordonner les programmes de formation et favoriser les échanges d'étudiants.

4 Un outil pour les laboratoires

AMIES se veut avant tout un outil au service des laboratoires. Il est donc tout à fait essentiel que les laboratoires s’en saisissent. Les facilitateurs d’AMIES ont commencé à entrer en contact avec les directions des laboratoires pour faire un état de l’existant et voir comment nos programmes peuvent permettre d’initier ou compléter des actions locales. Lors de la soumission au 2e AAP Investissements d’avenir, AMIES a interagi avec les projets de mathématiques qui l’ont souhaité pour voir comment ces projets pouvaient s’articuler avec les siens. Ces échanges ont permis d’apporter un soutien circonstancié d’AMIES à ces projets.

Ces divers contacts permettent déjà de mesurer la richesse des liens tissés localement, et pas seulement dans les très gros laboratoires. L’objectif de promouvoir ces compétences dans une vitrine nationale nous paraît d’autant plus important. Les interactions d’AMIES avec les laboratoires vont s’intensifier, notamment lorsque les laboratoires souhaiteront co-organiser avec AMIES des événements (SEME typiquement). Elles permettront bien sûr aux programmes d’AMIES d’évoluer pour s’adapter aux besoins exprimés.

PREMIÈRES ACTIONS EN COURS

- Création d’un site web (www.agence-maths-entreprises.fr), avec en particulier un appel à projets au fil de l’eau et une base d’offres d’emploi,
- 2e SEME, à Lyon, co-organisée avec le GDR, du 28 Novembre au 2 Décembre 2011 (pour plus de détails, voir l’article de M. Postel, page 43 de ce Matapli),
- Premier conseil scientifique et inauguration d’AMIES, à Grenoble le 19 Décembre 2011,
- Forum Emploi Math, co-organisé avec la SMAI et la SFdS, à Paris le 26 Janvier 2012.

Nouvelles du CNRS, section 01

par Virginie Bonnaillie-Noël et Yann Brenier

Les informations de cet article aurait dû paraître dans le précédent numéro de Matapli. Nous avons repris et actualisé les informations.

Les informations relatives au comité national sont régulièrement mises en ligne sur le site

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

NOUVELLES DU CNRS, SECTION 01

1 Remplacement de membres du comité national

Lionel Moisan et Marie-France Sagot ont démissionné en juin 2010. Ils ont été remplacés par Simon Masnou, professeur à l’Institut Camille Jordan (Lyon I), et Anne Siegel, directrice de recherche INRIA à l’IRISA.

Jean-Benoît Bost a démissionné fin 2010. Il est remplacé par Pascal Autissier, professeur à l’Institut de Mathématiques de Bordeaux. Frank Loray est désormais membre du bureau de la section 1 en remplacement de Jean-Benoît Bost.

Gaëtan Chenevier et Bertrand Deroin, membres élus du collège électoral B1 (chargés de recherche CNRS), ont démissionné. Deux sièges sont donc vacants. Les avis de vacances seront publiés au prochain journal officiel, ainsi que les modalités de candidature. La date limite de dépôt de candidatures devrait être fixée à mi-novembre. Les personnes élues siégeront pour la dernière année du mandat et participeront au jury d’admissibilité du concours 2012 ainsi qu’à la session de printemps 2012.

2 Session d’automne 2010

2.1 Motion relative aux personnels administratifs

Le comité national a voté la motion suivante à l’unanimité :

"La section 01 est très préoccupée par la multiplication des structures de recherche qui s’entrelacent suivant des modalités passablement obscures. Elle se demande pour qui travaillent dorénavant les ITA et qui doit les diriger (Cnrs, Université,

Pres, Umr, Labex, Equipex, Idex, ...). En particulier, elle s’interroge sur la pérennité et l’avenir du concept de Labex par rapport à celui d’UMR, qui reste la “structure incontournable” de la Recherche.

L’intrication de ces structures et le surcroît considérable de travail de gestion qu’elles impliquent ne sont pas de nature à favoriser la mobilisation des personnels ITA ni à conforter leur sentiment d’appartenance à une communauté professionnelle clairement définie. En conséquence, dans un cadre aussi mouvant, il est urgent que le CNRS ait une politique plus active en faveur de ces personnels, notamment en matière de postes, promotions ou primes.”

2.2 Promotions

CR1 : les 12 candidats ont été promus CR1. Il s’agit de Thomas Alazard, Karine Beauchard Leroy, Martin Campos Pinto, Xavier Caruso, Fabien Crauste, Yves De Cornulier, Bertrand Deroin, Cyril Lecuire, Thierry Monteuil, Gabriel Peyre, Olivier Saut, Cristina Toninelli.

DR1 : Il y avait 42 demandes de promotion. La section a classé 11 candidats dont les 8 premiers ont été promus. :

1. François Bouchut, 2. Emmanuel Giroux, 3. Christophe Breuil, 4. Françoise Delon, 5. Laurent Manivel, 6. Kamel Hamdache, 7. Monique Dauge, 8. Jean Michel, 9. Vladimir-Ion Georgescu, 10. Michel Enock Levi, 11. Pierre Picco.

DRCE1 : 16 dossiers ont été examinés par la section qui a classé trois candidats, tous promus :

1. Pierre Degond, 2. Gérard Laumon, 3. Christian Kassel.

DRCE2 : Il y avait 2 demandes de promotion qui ont été classées ainsi :

1. Christophe Soulé, 2. François Murat.

Christophe Soulé a été promu.

2.3 GDR - écoles thématiques

La section 01 a évalué 4 demandes de création de GDR, 2 demandes de renouvellement de GDR et 17 demandes d’écoles thématiques.

3 Concours

3.1 Conditions pour concourir

Nous rappelons partiellement l’article 17 du décret du 30 décembre 1983 fixant les titres ou diplômes requis pour concourir.

Pour les concours de recrutement de CR2, les candidats doivent être titulaires d’un des diplômes suivants : doctorat, doctorat d’État ou de troisième cycle, diplôme de docteur ingénieur, diplôme d’études et de recherche en sciences odontologiques (DERSO), diplôme d’études et de recherche en biologie humaine (DERBH), titre universitaire étranger jugé équivalent, titres ou travaux scientifiques jugés équivalents.

Pour les concours de recrutement de CR1, les candidats doivent remplir les mêmes conditions de diplôme que pour l’accès au grade de CR2 et réunir quatre années d’exercice des métiers de la recherche. Ces années doivent avoir été accomplies dans un établissement de recherche ou d’enseignement supérieur public, français ou étranger et correspondre à une activité de recherche rémunérée effectuée dans le cadre d’un contrat de travail public, ou d’un recrutement en qualité de fonctionnaire.

Pour les concours de recrutement de DR2 :

- si les candidats appartiennent à un corps de chargé de recherche d’un EPST, ils doivent être CR1 depuis au moins trois ans ;
- si les candidats n’appartiennent pas à un corps de chargé de recherche d’un EPST, ils doivent remplir les mêmes conditions de diplôme que pour l’accès au grade de CR2 et justifier de huit années d’exercice des métiers de la recherche.

Pour l’accès direct au grade de DR1, les mêmes conditions de diplôme que pour l’accès au grade de CR2 sont requises mais les candidats doivent justifier de douze années d’exercice des métiers de la recherche.

Les candidats ne remplissant pas les conditions de diplôme et/ou d’ancienneté d’exercice des métiers de la recherche peuvent se voir reconnaître une équivalence par l’instance d’évaluation du comité national de la recherche scientifique compétente et être admis à concourir. Par ailleurs, pour les concours de DR2, le conseil scientifique du CNRS peut, à titre exceptionnel, autoriser des candidatures dérogoatoires de CR2 et de CR1 ne comptant pas trois années d’ancienneté dans le grade, pour contribution notoire à la recherche. Pour les concours de DR1,

le conseil scientifique du CNRS peut, à titre exceptionnel, autoriser des candidatures dérogoatoires de tout candidat ayant la qualité de fonctionnaire (à l’exception des candidats DR2 d’un EPST) pour contribution notoire à la recherche.

3.2 Concours 2011

Nous rappelons que le jury n’a pas auditionné les candidats au concours DR. Les auditions des candidats CR ont duré 7 minutes par candidat : les candidats se sont présentés durant 2 minutes et ensuite, il y a eu 5 minutes de discussion avec le jury. Le jury s’est attaché à évaluer la qualité, l’originalité du travail et l’autonomie des candidats. Il a également été attentif aux programmes de recherche (thèmes et localisation).

Le jury d’admissibilité rappelle aux candidats à un poste de chargé de recherche qu’ils ont la possibilité de joindre leurs rapports de thèse à leur dossier de candidature. Nous rappelons qu’aucun candidat à un poste de chargé de recherche en section 01 ne peut s’attendre à être affecté dans le laboratoire où il a effectué sa thèse.

Le tableau 1 précise le nombre de candidats par concours et la proportion de femmes parmi ces candidats.

concours	nb postes	nb candidats inscrits		nb candidats auditionnés		Liste principale		Liste complém.		nb candidats admissibles	
		total	% f	total	% f	total	% f	total	% f	total	% f
01/01	9	102	7.84			9	33.33	2	0	11	27.27
01/02	2	29	10.34	20	10	0				0	0
01/03	9	184	14.13	159	15.72	9	11.11	7	14.29	16	12.50
01/04	4	118	18.64	96	17.71	4	25	4	0	8	12.50
01/05	1	32	15.63	24	20.83	1	0	0		1	0
01/06	1	15	13.33	9	11.11	1	0	1	100	2	50
01/07	1	53	13.21	38	13.16	1	0	2	0	3	0
01/08	1	7	42.86	5	40	1	0	0		1	0
DR	9	102	7.84			9	33.33	2	0	11	27.27
CR	19	438	15.53	331	16.62	17	11.76	14	14.29	31	12.90
total	28	540	14.07	351	16.24	26	19.23	16	12.5	42	16.67

TAB. 1: Nombre de candidats selon les concours et proportion de femmes.

Les résultats que nous mentionnons ici sont des listes d’admissibilité et non d’admission. Les jurys d’admission se déroulent en juin et les résultats sont ensuite disponibles sur le site du CNRS. Notons que les postes d’échange sont gérés par

les instituts où seront affectés les candidats et aucun membre du jury d’admissibilité des concours de la section 1 ne fait partie des jurys d’admission pour les postes d’échange.

Concours 01/01 : 9 DR2

1. Serge Cantat, Rémi Carles, Jean-François Coulombel, Sylvain Crovisier, Agnès Desolneux, Lucia Di Vizio, Laurent Fargues, Cyril Imbert, Wieslawa Niziol, 10. Édouard Oudet, 11. Benoît Fresse.

La pression sur le concours DR2 a été, comme lors des années précédentes, impressionnante. Elle s’est accrue, cette année, par la forte présence de candidatures de haut niveau externes au CNRS. En effet, suite aux efforts de l’INSMI, le concours a été cette année perçu comme authentiquement ouvert aux candidatures externes et 30% des candidats étaient des enseignants-chercheurs en poste en France et 20% des candidats étrangers ou travaillant à l’étranger. En conséquence, il y a 4 candidats externes parmi les 11 candidats déclarés admissibles.

Concours 01/02 : 2 CR1

Malgré un nombre satisfaisant de candidats auditionnés et le bon, voire très bon, niveau de la plupart des dossiers présentés, le jury a préféré, cette année, ne proposer aucun nom d’admissible à ce concours. La raison est double :

- la concurrence du concours DR2 qui semble avoir, cette année, attiré une part importante de candidats externes au détriment du concours CR1.
- la pression exercée sur les concours CR2 par d’excellents candidats qui se sont abstenus de briguer les postes de CR1.

Concours 01/03 : 9 CR2

1. François Charles, Alexander Fribergh, Benoît Pausader, Peng Shan, 5. Diogo Arsenio, David Burguet, Camille Laurent, Baptiste Morin, Kilian Raschel, 10. Sheila Sandon, 11. Joan Milles, 12. Idrisse Khemar, 13. Zur Izhakian, 14. Aurélien Deya, 15. Claudio Munoz, 16. Adrien Saumard.

Ce concours CR2, sans fléchage, a connu de nouveau un grand succès avec près de 160 candidats auditionnés, dont nombre d’étrangers, ce qui a permis au jury d’établir une liste de 16 admissibles d’un niveau très élevé. Suite au jury d’admission, Sheila Sandon a été admise au concours.

Concours 01/04 : 4 CR2 sur des thématiques d’interactions des mathématiques en relation avec d’autres disciplines

1. Jean-Marie Mirebeau, Pierre Neuvial, 3. Maya De Buhan, Matthieu Lerasle, 5. Gaël Raoul, 6. Damien Robert, 7. Abed Bounemoura, 8. Bruno Galerne.

Ce concours mettant en avant les interactions des mathématiques avec les autres sciences a suscité de nombreuses candidatures (près de 100 candidats auditionnés). On ne peut que s’en féliciter comme signe manifeste de l’ouverture et de l’aptitude des jeunes candidats mathématiciens aux interactions. Le jury a eu l’embarras du choix pour établir une liste de candidats admissibles de très haut niveau dans une gamme très variée d’interactions.

Concours 01/05 : 1 CR2 en physique mathématique affecté dans un laboratoire relevant de l’INP

1. Nicolas Rougerie.

Le nombre de candidats sur le poste reste relativement élevé (quoiqu’en diminution par rapport au concours 2010). Comme l’an passé, bon nombre de candidats relèvent plutôt de la physique théorique que des mathématiques (avec une frontière toujours un peu floue, notamment dans les domaines de la physique mathématique, de la géométrie non-commutative et de la mécanique statistique). Malgré la qualité de la plupart de leurs dossiers, le jury, comme les années précédentes, les a considérés comme hors-profil.

Concours 01/06 : 1 CR2 en modélisation numérique du vivant et/ou de l’environnement (dynamique de la biodiversité), affecté dans un laboratoire de Montpellier

1. Gaël Raoul, 2. Frédérique Billy.

Ce concours était particulièrement délicat, en raison du double fléchage, thématique et géographique, du poste. Le nombre de candidats, en particulier de ceux qui se sont présentés à l’audition (seulement 9 personnes), est faible. Il a paru indispensable au jury de ne retenir que des candidats authentiquement mathématiciens montrant un intérêt profond et confirmé pour la biologie.

Concours 01/07 : 1 CR2 affecté dans un laboratoire relevant de l’INS2I : mathématiques pour les sciences de l’information et la communication

1. Alain Couvreur, 2. Vincent Pilaud, 3. Danny Hermelin.

Ce concours à l’interface entre mathématiques et informatique a fait l’objet d’un nombre très satisfaisant de candidatures, ce qui n’est pas surprenant compte tenu de la forte imbrication des deux domaines, notamment sur les thèmes de la combinatoire, des mathématiques discrètes, de la logique, de l’imagerie numérique, de la cryptographie et du calcul formel.

Concours 01/08 : 1 CR2 sur une thématique liée à ITER affecté dans un laboratoire relevant de l’INSIS

1. Sebastian Minjeaud.

Le jury a été frappé par le faible nombre de candidats auditionnés et estime qu'on peut établir un lien entre cette faiblesse et le profil proposé, probablement trop pointu. Certains candidats à d'autres concours (notamment le 01/04 concernant les interactions des mathématiques) nous ont révélé, lors de leur audition, avoir renoncé à briguer le poste 01/08, malgré l'adéquation de leur dossier de recherches, en raison de l'étroitesse du profil.

4 Délégations 2011-2012

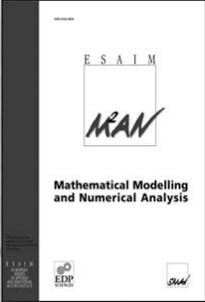
L'attribution des délégations relève de la direction et non du comité national auquel cette prérogative a été retirée depuis quelques années. Comme les années précédentes, quelques membres de la section ont participé à l'étude des dossiers avec la direction.

Afin de faciliter le traitement des demandes, une fiche récapitulative avait été constituée en concertation entre l'INSMI et la section 1. Patrick Dehornoy a diffusé cette fiche aux directeurs d'unité et a incité les candidats à joindre cette fiche complétée à la demande de délégation. Plus de 50% des dossiers contenaient cette fiche qui sera améliorée pour la prochaine campagne. Nous recommandons vivement de joindre cette fiche pour les prochaines demandes.

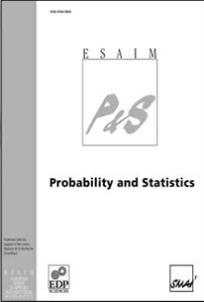
Cette année, il y a eu un peu plus de 240 demandes et 105 années de délégation à distribuer. La direction de l'INSMI fera un bilan des délégations qui circulera par la voie des directeurs d'unité.



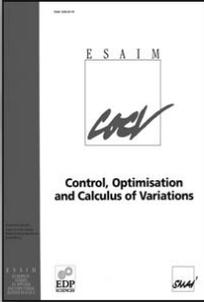
Mathematics



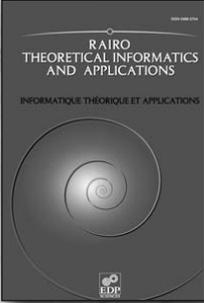
www.esaim-m2an.org



www.esaim-ps.org



www.esaim-cocv.org



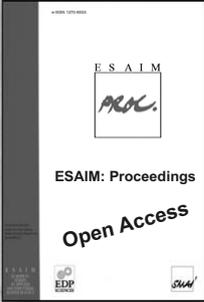
www.rairo-ita.org



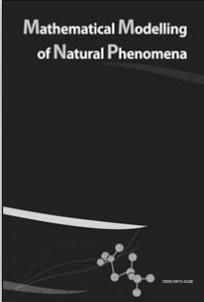
www.rairo-ro.org



www.quadrature-journal.org



www.esaim-proc.org



www.mmnj-journal.org

www.edpsciences.org

Vie de la communauté

par Stéphane Descombes

CHANGEMENT DE NOM DU GROUPE THÉMATIQUE SMAI-AFA

Rappelons que l'Association Française d'Approximation (AFA) a été créée en 1989, principalement dans le but d'organiser les congrès internationaux "Curves and Surfaces", et qu'elle est devenue un groupe thématique de la SMAI en 2000, sous le nom de SMAI-AFA.

Les thématiques concernées ont sensiblement évolué depuis la création de l'AFA. Depuis notre entrée dans la SMAI, le groupe a œuvré pour un enrichissement de ses préoccupations, dans une volonté de faire émerger une communauté élargie autour de l'Approximation, ceci à travers différentes collaborations fortes avec des communautés voisines. Cette volonté de rassemblement-ouverture a pu en particulier se constater à travers les éditions successives du congrès "Curves and Surfaces" – dans l'évolution des choix de conférenciers invités et sujets des minisymposia – aussi bien que dans les rencontres organisées au CIRM, ou par la journée scientifique SMAI-AFA annuelle. Pour ne prendre qu'un exemple, citons celle de 2010, organisée en collaboration avec le GDR MSPC. Cette volonté s'est également concrétisée par une ouverture des domaines représentés au sein du comité de liaison du GT.

Les principaux centres d'intérêt actuels de SMAI-AFA peuvent être rassemblés sous les mots-clés généraux suivants : Signal-Image ; Modélisation Géométrique ; Géométrie Algorithmique ; Approximation. Il existe entre ces domaines d'évidents recouvrements, aussi bien dans leurs préoccupations que dans les outils utilisés, et il est essentiel d'en favoriser l'interaction. C'est pourquoi, afin d'afficher très clairement l'évolution mentionnée, il a été décidé lors de la dernière AG du groupe thématique SMAI-AFA, le 26 novembre 2010, de mettre l'intitulé du groupe en concordance. Nous avons donc proposé le nom :

SMAI-SIGMA

Signal - Image - Géométrie - Modélisation - Approximation

Cette décision, fruit d'une longue réflexion, n'est pas une décision de surface. Ce changement de nom doit marquer symboliquement un nouvel équilibre du groupe entre les thématiques ci-dessus. Il se veut un signe fort auprès des différentes communautés concernées, les encourageant à rejoindre la SMAI et le GT SMAI-SIGMA (académiques aussi bien qu'industriels). Un comité de liaison élargi devra permettre de mieux représenter ce nouvel équilibre.

VIE DE LA COMMUNAUTÉ

En ce qui concerne ses activités, outre le congrès "Curves and Surfaces", le groupe SMAI-SIGMA organisera régulièrement des rencontres, soit ciblées sur l'une des principales thématiques, soit au contraire les regroupant de façon à en faciliter les collaborations. La toute première de ce dernier type de manifestations devrait être la rencontre SIGMA 2012 projetée pour 2012 au CIRM de Luminy, en collaboration avec le GDR MSPC. Cette rencontre devrait confirmer dans les faits l'émergence d'une communauté élargie autour des thèmes précités.

COMPTE RENDU DU DÉJEUNER AVEC LES CORRESPONDANTS LOCAUX DE LA SMAI

LE 26 MAI 2011 LORS DU CONGRÈS SMAI 2011 À GUIDEL

Lors du congrès SMAI 2011 à Guidel, a eu lieu un déjeuner réunissant les membres du bureau (ainsi que Colette Picard et Pauline Lafitte) et une dizaine de correspondants locaux (CL) présents à ce congrès.

Cette rencontre a été l'occasion d'échanger autour du rôle des CL. La configuration de la table n'a pas permis un échange global. Ce texte est donc le compte rendu des discussions menées en petits groupes par les membres du bureau présents.

Nous remercions les CL qui ont participé à ce déjeuner. Nous notons que cette initiative a eu un écho très positif chez les CL, certains ayant regretté de ne pas pouvoir y participer.

- Les CL sont d'accord pour faire remonter des informations qui serviront à tous : liste des masters de maths appliquées — le projet de *carte des masters* étant en phase de récolte des informations —, listes de personnes qui s'intéressent aux questions d'enseignement et didactique, liste de personnes qui s'intéressent aux activités de vulgarisation, etc.
- Matapli pourrait à terme contenir une rubrique vulgarisation/popularisation nourrie par les CL.
- Les CL sont plus que d'accord pour faire remonter des "objets" divers afin de créer des catalogues de jolies simulations, exercices, exemples de problèmes, articles, etc., à présenter aux jeunes et au grand public, c'est-à-dire, de partager tout cela pour que chacun puisse se servir de l'ensemble.
- De même, certains ont émis l'idée de créer une base de sujets de TIPE ou équivalents en mathématiques appliquées, voire de faire un recensement de ceux-ci.
- Les CL veulent bien recevoir la liste des adhérents de leurs laboratoires pour relancer (en douceur) certains collègues, et aussi pour faire de la publicité ciblée, et pour encourager les doctorants à adhérer.
- Les CL sont d'accord pour vérifier la liste des personnes qui sont membres de

VIE DE LA COMMUNAUTÉ

la SMAI et qui sont rattachées à leurs laboratoires dans la base des adhérents de la SMAI, afin de corriger les erreurs qui s'y trouvent (repérage des personnes parties par exemple).

- Les CL sont d'accord pour faire remonter chaque année les noms des nouveaux arrivés afin de mettre à jour la base des adhérents de la SMAI.
- Il a semblé important de créer une base de données avec les offres de sujets et bourses de thèses. Plusieurs personnes se sont montrées très intéressées par cela. Une fois une application développée dans ce sens, il faudra voir si l'Opération Postes est intéressée pour mettre cela dans un sous-site "AVANT", ou si cela sera accessible sur le site de la SMAI.
- La SMAI pourrait ouvrir un wiki des correspondants locaux, pour qu'ils puissent y trouver les initiatives qu'ils peuvent prendre ou les choses qu'ils ont à faire, de sorte que les nouveaux correspondants aient facilement accès à ces informations.
- Les CL peuvent aussi intervenir auprès de leurs laboratoires pour leur demander d'adhérer à la SMAI en tant que personne morale. Certains se sont inquiétés de savoir quels arguments donner pour susciter une telle adhésion.

De notre côté, le bureau devra veiller à mettre en valeur les informations données par les CL. Dès la rentrée, un(e) chargé(e) de mission sera nommé(e) en vue de coordonner les actions des CL. (Note : c'est chose faite avec la nomination de Violaine Louvet à ce poste -voir le compte rendu du Bureau de la SMAI du 16 septembre 2011-).

INVITÉS

CMAP, Ecole Polytechnique, Invités présents 3 mois ou plus

Fioralba Cakoni,

Department of Mathematical Sciences, University of Delaware.

Du 15 septembre au 15 décembre 2011.

Spécialité : Problèmes inverses pour les EDP.

Contacts : cakoni@math.udel.edu

et Housseem Haddar (CMAP) Housseem.Haddar@inria.fr

Olivier Bokanovski,

Paris 7, délégation INRIA.

Pour un an à partir de septembre 2011.

Spécialité : Equations d'Hamilton-Jacobi, contrôle optimal, calcul scientifique.

VIE DE LA COMMUNAUTÉ

Contacts : boka@math.jussieu.fr
et Frédéric Bonnans (CMAP) bonnans@cmap.polytechnique.fr

Mario Duran,

Pontificia Universidad Catholica, Santiago, Chili.

D’octobre à décembre 2011.

Spécialité : Calcul Scientifique.

Contacts : mduran@ing.puc.cl

et Jean-Claude Nédélec (CMAP) nedelec@cmap.polytechnique.fr

Andrei Piatnitski,

Université de Narvik, Norvège.

De janvier à juin 2012.

Spécialité : EDP, probabilités, homogénéisation.

Contacts : andrey@sci.lebedev.ru

et Grégoire Allaire (CMAP) gregoire.allaire@polytechnique.edu

Université Paris 12

R.Schoen,

Université de Standford.

Du 26/11/2011 au 10/12/2011.

Spécialité : Analyse géométrique.

Il fera un mini cours à l’IHP le 28 et 29 Novembre, et le 5 et 6 décembre 2011, de 9h à 12h30.

Contacts : ge@univ-paris12.fr (Yuxin Ge).

Institut de Recherche Mathématique de Rennes

BOLSINOV Alexey, Loughborough UK, *Spécialité* : EDP.

DA LIO Francesca, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, *Spécialité* : Analyse numérique.

FUHRMAN Marco, Politecnico di Milano, *Spécialité* : Processus stochastiques.

FUJIWARA Koji, Tohoku University, Japon, *Spécialité* : Théorie ergodique.

HOUDRÉ Christian, Georgia Institute of Technology, *Spécialité* : Processus stochastiques.

JIN Hanqing, University of Oxford, *Spécialité* : Processus stochastiques.

PERSSON Mikael, Suède, *Spécialité* : EDP.

SCHLEIN Benjamin, Université de Bonn, *Spécialité* : EDP.

SHU Nakamura, Université de Tokyo, *Spécialité* : EDP.

STRATIS Ioannis, Université d’Athènes, *Spécialité* : Analyse numérique.

VERDERA, Joan Université de Barcelone, *Spécialité* : EDP.

WOLF Jochen, Remagen, *Spécialité* : Processus stochastiques.

NOUVEAUX ARRIVANTS

Laboratoire de mathématiques, université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand
Nicolae Cindea, maître de conférences, Contrôle et stabilisation des EDP.

Laboratoire de Mathématiques, INSA de Rouen
Anastasia Zakharova, maître de conférences, Imagerie, approximation, analyse.

REVUE "STATISTIQUE ET ENSEIGNEMENT".

Mise en ligne du numéro 1 du volume 2

Le numéro 1 du volume 2 de "Statistique et enseignement", revue électronique éditée par la Société Française de Statistique, a été mis en ligne, le 30 septembre 2011 :

<http://www.statistique-et-enseignement.fr/ojs/index.php/StatEns/issue/current>

On trouvera ci-dessous le sommaire de ce numéro. Sur le site de cette revue on trouve aussi, à la rubrique Annonces, des informations sur des colloques, congrès, séminaires ... portant, totalement ou partiellement, sur l'enseignement de la statistique et des probabilités :

<http://www.statistique-et-enseignement.fr/ojs/index.php/StatEns/announcement>

Le numéro 2 du volume 2, en préparation, sera un numéro à thème consacré à l'usage des logiciels dans l'enseignement de la statistique. Pour les numéros ultérieurs, des soumissions peuvent être adressées aux rédactrices en chef, Jeanne Fine et Catherine Vermandele, fine@cict.fr, vermande@ulb.ac.be.

SOMMMAIRE DU NUMERO 1 DU VOLUME 2

- Editorial
Jeanne Fine, Jean-Pierre Raoult et Catherine Vermandele, Vous avez-dit "Probas-Stat" ?
- Rubrique Recherches et perspectives
Linda Gattuso, L'enseignement de la statistique : où, quand, comment, pourquoi pas ?
Philippe Dutarte, Evolutions de la pratique statistique dans l'enseignement du second degré en France : du calcul statistique au développement de la pensée statistique.

VIE DE LA COMMUNAUTÉ

- Rubrique Expériences commentées
Philippe Calmant, Marie Ducarme et Maggy Schneider, Obstacles à l'apprentissage de l'analyse statistique inférentielle.
Christelle Senterre, Yves Coppieters, Alain Lévêque et Michèle Dramaix, Présentation et analyse d'un dispositif d'apprentissage en analyse multivariée appliquée à l'épidémiologie : du présentiel au tutorat à distance.
- Rubrique Outils et documents
Rodolphe Palm et Germain Allagbe, Simuler pour comprendre : un didacticiel pour l'apprentissage de notions de base en statistique.
- Livres propos
Jean-Pierre Raoult, De l'erreur et du rôle de la philosophie dans l'enseignement de la statistique.
- Note de lecture
Jean-Pierre Raoult, Séries temporelles avec R - méthodes et cas (Yves Aragon, 2011)

MATH-BRIDGE

Communiqué par Christian Mercat

Math-Bridge est le fruit d'un effort conjoint de neuf universités européennes de sept pays différents. Il permet aux enseignants et aux étudiants d'interagir avec des milliers de ressources pédagogiques disponibles dans sept langues européennes. Les utilisateurs de Math-Bridge peuvent sélectionner un cours prédéfini parmi ceux proposés par les partenaires, ou construire leur propre cours, en s'appuyant en particulier sur la sélection automatique de contenu adapté à la modélisation de leur niveau de savoir par le système. Ce niveau évolue en fonction des réponses de l'utilisateur aux tests.

Les ressources pédagogiques sont de différents types : théorèmes, preuves, définitions, exemples ou exercices interactifs.

Le développement de Math-Bridge est co-financé par le programme eContent-plus de l'Agence Européenne pour la Recherche.

Vous pouvez accéder à une démonstration de Math-Bridge à l'adresse :

<http://demo.math-bridge.org/>

ainsi que la version complète des cours de remédiation (après inscription) à l'adresse

<http://service.math-bridge.org/>

Vous pouvez naviguer dans le contenu (gratuit pour tous les étudiants et enseignants) et essayer ses fonctionnalités. Lisez les contributions des utilisateurs dans le forum

<http://forum.math-bridge.org/>

VIE DE LA COMMUNAUTÉ

et partagez votre point de vue et votre expérience.

Vous pouvez faire suivre cette information aux enseignants, tuteurs et étudiants autour de vous. Les institutions peuvent devenir partenaires associés du projet et coopérer au développement du service.

Le serveur est sous-licence open-source et le contenu utilisable gratuitement. Les services de diagnostics détaillés supposent cependant l’adhésion au consortium. Plus d’information sur Math-Bridge et le consortium international qui le développe à l’adresse

<http://www.math-bridge.org/>

et sur le site du projet

<http://project.math-bridge.org>

AVIS DE RECHERCHE :

UN FILM POUR FAIRE CONNAÎTRE LE MÉTIER DE CHERCHEUR EN MATHÉMATIQUES

Par Caterina CALGARO¹, Emmanuel CREUSÉ¹, Thierry GOUDON²

Avis de recherche est un film qui cherche à décrire pour un large public ce que peut être l’activité professionnelle des chercheurs en mathématiques : comment travaillons-nous, que cherchons-nous,... Tourné dans le style d’un docu-fiction, il présente le cheminement du travail scientifique, de la définition d’une problématique jusqu’à la publication d’un article scientifique, en passant par des périodes de doute et de “sèche” et la discussion de stratégies de travail. Précisément, le film retrace le travail qui a mené aux publications [1] et [2] et... qui se poursuit encore aujourd’hui [3], les chercheurs jouant leur propre rôle !

D’une durée de 30 minutes, le film peut être vu par de nombreux publics intéressés par les activités scientifiques. La cible prioritaire correspond aux élèves de terminales scientifiques³, aux étudiants de 1er cycle universitaire ou aux élèves de classes préparatoires aux grandes écoles, afin de leur présenter les métiers de la recherche et contribuer à les attirer dans cette direction. Une lecture différente, accompagnée de détails techniques, pourra être offerte à des étudiants plus avancés, et le document peut aussi être exploité lors d’événements de vulgarisation à

¹Projet SIMPAF, INRIA Lille-Nord Europe & Labo. Paul Painlevé UMR 8524 CNRS–Univ. Lille 1

²Projet COFFEE, INRIA Sophia Antipolis Méditerranée & Labo. J. A. Dieudonné UMR 6621 CNRS–Université Nice Sophia Antipolis

³Nous avons fait des tentatives jusqu’en classe de seconde, mais le film peut paraître un peu long et avec des passages un peu trop techniques

VIE DE LA COMMUNAUTÉ

destination d’une audience plus large mais motivée.

Avis de recherche a été produit par l’Inria et réalisé sous la direction de Christian Blonz, du service multimédia de cet institut. Cette production s’inscrit dans le cadre du projet SPHERE, parc virtuel des sciences et technologies, avec le soutien financier du Ministère de l’Economie, de l’Industrie et de la Direction générale de la compétitivité, de l’industrie et des services. Le film est disponible sous forme de CD et directement accessible sur le site dédié

www.inria.fr/avisderecherche

où il est accompagné de quelques éléments d’information complémentaire, écrits à partir des premiers retours que nous avons eus. Le film est utilisable librement par tous, enseignants du secondaires, universitaires... Nous sommes à la disposition des utilisateurs pour fournir tout complément ou, à l’occasion, pour une intervention. Nous serions très heureux d’avoir un maximum de retours et de commentaires, au moins pour nous permettre d’évaluer comment le film est exploité, dans quelles circonstances, etc... Toute correspondance peut se faire en écrivant à l’adresse avisderecherche@inria.fr.

Outre une présentation vivante du métier de chercheur, le film permet de s’attaquer à quelques idées reçues :

- Le mathématicien n’est pas un huluberlu, chauve et associal : il a une activité tournée vers la société, mène une vie de famille...
- Le chercheur en mathématique peut aussi être... une chercheuse !
- Le mathématicien utilise papier, craie et tableau noir... mais aussi l’ordinateur, la simulation numérique étant au cœur de ce document.
- Le mathématicien professionnel passe du temps à sécher, il ne connaît pas à l’avance la solution des problèmes.
- Le mathématicien ne travaille pas forcément seul, il travaille souvent en équipe.
- Le mathématicien peut s’intéresser à des problèmes très concrets, par exemple proches de la physique (ou d’autres sujets bien sûr)⁴ et il doit interagir au-delà de son champ disciplinaire (avec des physiciens, des informaticiens, des ingénieurs...).

Vous y trouverez bien d’autres choses, en écho ou en réaction à votre propre pratique, tout comme vous serez surpris des découvertes que vous ferez en débattant à l’issue d’une projection. Tenez nous au courant et... bonnes séances !

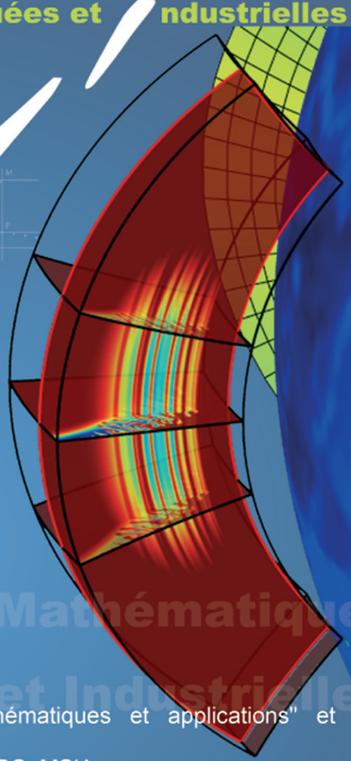
⁴Ce dernier point est souvent une source d’étonnement : un certain nombre de spectateurs, y compris parmi des enseignants, n’ayant pas l’impression que le travail présenté dans le film est œuvre de mathématiciens...

Références

- [1] Calgaro, C., Creusé, E. and Goudon, T. An hybrid finite volume-finite element method for variable density incompressible flows, *J. Comput. Phys.* 227 9, 4671–4696, 2008.
- [2] Calgaro, C., Chane-Kane, E., Creusé, E. and Goudon, T., L^∞ stability of vertex-based MUSCL finite volume schemes on unstructured grids ; simulation of incompressible flows with high density ratios, *J. Comput. Phys.* 229 17, 6027–6046, 2010.
- [3] Calgaro, C., Creusé, E. and Goudon, T., Simulation of Mixture Flows : Pollution Spreading and Avalanches, INRIA, work in progress 2011–12.

Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles

SMAI

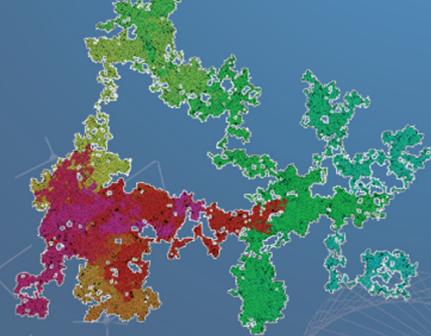


Nos objectifs :

- promouvoir la recherche en mathématiques appliquées
- contribuer à la réflexion sur l'enseignement des mathématiques à tous les niveaux
- améliorer les interfaces entre la recherche, l'université et l'entreprise
- intensifier les symbioses entre diverses branches des mathématiques appliquées et les interactions avec d'autres disciplines scientifiques ou technologiques

Nos activités principales :

- édition scientifique : collection de livres "Mathématiques et applications" et "Mathématiques appliquées pour le Master/SMAI"; revues ESAIM : COCV, P&S, Proc. et M2AN; RAIRO:RO; MSIA
- organisation de congrès et de journées industrielles
- en liaison avec le monde industriel, l'école d'été du CEMRACS
- bulletin de liaison Matapli pour nos adhérents
- participation à des actions vers la communauté mathématique et vers le grand public
- actions communes avec des sociétés étrangères de mathématiques appliquées



<http://smai.emath.fr>

SMAI Institut Henri Poincaré
11 rue Pierre et Marie Curie
75231 Paris cedex 05
Tel : 01 44 27 66 61

Comptes rendus de manifestations

JOURNÉE PARITÉ EN MATHÉMATIQUES DU 6 JUIN 2011

Par Magali Ribot et Barbara Schapira

Le lundi 6 juin s’est tenue à l’Institut Henri Poincaré la première journée sur la parité en mathématiques. Cette journée s’annonçait d’emblée comme un succès, au vu du grand nombre de participant-e-s (presque une centaine). Nous souhaitons prolonger ici cette journée en tenant compte des différents témoignages et des débats qui l’ont animée et vous proposer un rapide état des lieux de la parité en mathématiques, en nous concentrant sur les femmes déjà en poste. Le programme et une partie des transparents des intervenant-e-s sont disponibles à l’adresse http://postes.smai.emath.fr/parite/journee/journee_parite.php.

1 Des statistiques parlantes

Le tableau de la situation a été brossé dès le début de la journée grâce à l’intervention de Laurence Broze, très riche en données chiffrées très parlantes. Tous ces chiffres, ainsi que des graphiques probants, se retrouvent sur le site d’Images des Maths :

<http://images.math.cnrs.fr/Les-chiffres-cles-de-la-parite-en.html>.

Une des premières remarques est que les bonnes volontés des instances pour fournir des chiffres liés à la parité ne suffisent pas : les pourcentages fournis ne permettent pas d’avoir une interprétation fine et les indicateurs statistiques avancés ne sont pas toujours pertinents. Les chiffres présentés par L. Broze ont donc été collectés grâce à un travail extrêmement fastidieux.

A la figure 1, nous présentons le pourcentage de femmes, à l’Université en haut et en mathématiques (sections 25-26) en bas. Avec seulement 27% (resp. 42 % globalement) de femmes parmi les maîtres de conférences et 11% (resp. 23 % globalement) parmi les professeurs, les mathématiques sont dans une situation critique. La section 25, avec 14 % de femmes, est même la section la moins féminisée de toutes, toutes disciplines confondues.

COMPTES RENDUS DE MANIFESTATIONS

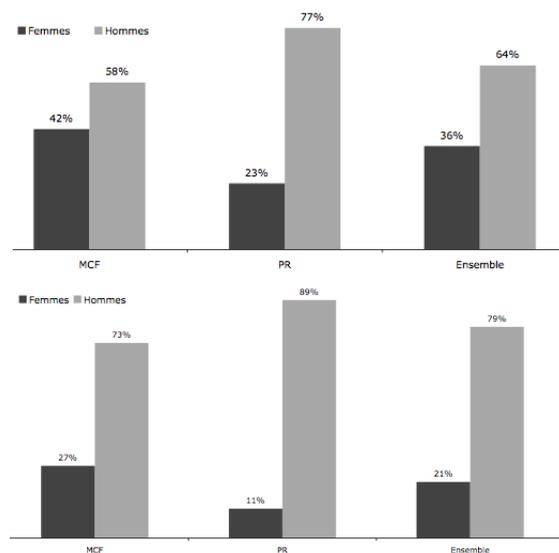


FIG. 1: La proportion de femmes toutes sections confondues (en haut) et en mathématiques (en bas).

On pourrait au moins espérer que la situation se soit améliorée ces dernières années. Or, il n’en est rien. Le pourcentage des femmes en maths stagne depuis 15 ans : une belle suite constante ! Pire, en section 25, les périodes d’embellie de postes (1996-2005) n’ont pas profité aux femmes, les périodes de réduction (2006-2010) leur ont été très défavorables. Pour affiner ces données, il faut distinguer les sections 25 et 26 et séparer les maîtres de conférences (MCF) des professeurs (PR) : la proportion de femmes en 26 croît faiblement, alors qu’en 25, on observe une nette décroissance depuis 1996, que ce soit chez les MCF ou chez les PR. Le pourcentage de femmes professeurs en section 25 est même dramatiquement faible : 6,5 %.

Et au CNRS ? Le nombre de femmes stagne lui aussi depuis 20 ans alors que le nombre d’hommes a augmenté régulièrement. On est donc passé de 19% de femmes en section 1 à 15% en 20 ans. Là aussi, la section 1 est la deuxième section la moins féminisée du CNRS.

Enfin, voici un dernier chiffre intéressant et très récent : lors des comités de sélection de 2011, un quart environ des comités ne comportait aucune femme.

Essayons maintenant de donner un caractère un peu plus humain à tous ces chiffres et d’extraire quelques facteurs explicatifs obtenus à travers les témoignages de cette journée et les exposés divers.

2 Quelques éléments d'explication

De l'avis de toutes, les femmes sont contentes d'être là ! Pas de sexisme apparent dans les labos, une liberté identique à celle des hommes,.. sont des facteurs favorisant l'accueil des femmes. Mais les problèmes persistent. Alors, pourquoi ? Rappelons déjà le contexte général, défavorable aux femmes sur le plan professionnel : taux plus fort de chômage chez les femmes, plus de sous-emploi (travail à temps partiel), un salaire moindre à travail égal, un niveau de retraite nettement plus faible, un taux de pauvreté plus grand.... De plus, la répartition des tâches ménagères reste très inégalitaire de nos jours. Des enquêtes à intervalles réguliers permettent de faire le point : ce sont toujours les femmes qui s'investissent le plus à la maison. A noter que lorsque le nombre d'enfants augmente, le taux de participation des hommes au travail ménager décroît et l'investissement dans leur activité professionnelle augmente. Finalement, la seule façon d'investir les pères dans la vie du foyer est d'exercer soi-même une activité valorisée.

Parlons aussi des reprises difficiles après les congés maternité. La fatigue d'un nouveau-né à la maison, les 4 mois (ou plus !) d'arrêt de travail, la nouvelle condition de maman, sont autant de facteurs qui pénalisent les femmes et retardent leurs carrières. Et puis des enfants à la maison rendent la mobilité très difficile, souvent bien plus difficile pour la mère que pour le père d'ailleurs...

Un autre point bien connu et très visible est l'auto-censure des femmes. On la retrouve à tous les niveaux. Hésiter à se lancer dans le bain de la prépa, de ne pas "oser" faire de la recherche et préférer l'enseignement, tarder à passer l'HDR ¹ et à candidater PR : le phénomène classique d'auto-censure des femmes se retrouve à l'Université. Les femmes ont aussi besoin de s'identifier pour pouvoir "oser" ; or, le très faible pourcentage de femmes PR rend difficile cette identification. A quoi bon passer l'HDR s'il y a si peu de femmes PR ? Franchement, le modèle du professeur en mathématiques "classique" est peu encourageant pour les femmes : il faut bien avouer que c'est souvent un homme très jeune, normalien, blanc, sans enfants...

Enfin, n'oublions pas les préjugés sociétaux. Oui, le préjugé de la femme nulle en maths perdure et reste en sourdine dans tous les esprits. Une femme matheuse aura besoin de s'affirmer bien plus qu'un homme. Il est intéressant de noter qu'en Allemagne de l'Est, qui avait une politique favorable aux mères, la différence entre garçon et fille au niveau du lycée et des sciences était peu perceptible. Serait-ce un modèle à suivre ?

¹Habilitation à Diriger les Recherches

3 Ce qui existe

Faisons le point de quelques mesures en faveur de la parité.

Depuis 2009, la CPU ² a signé une charte pour la parité. Un groupe de travail a été créé, qui réunit la MIPADI (MIssion de la PArité et de la lutte contre les DIscriminations du Ministère de l'Éducation Nationale et de la Recherche), les chargés de mission parité des universités et la CPU. Ce groupe s'intéresse aux carrières des femmes dans la recherche, à la mixité des populations étudiantes et au développement d'études sur le genre.

En 2001, est née la Mission pour la place des femmes au CNRS afin de promouvoir l'égalité homme-femme, un des objectifs du contrat 2009-2013 du CNRS. Cette mission permet entre autres d'avoir des données sexuées et d'élaborer des journées de formation, notamment pour les cadres du CNRS. A noter, le projet européen INTEGER (INstitutional Transformation for Effecting Gender Equality in Research) du 7e PCRD ³ a débuté cette année et a pour mission "de créer un changement structurel durable au sein des institutions de recherche et des universités, au bénéfice de la progression des carrières des chercheuses en *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM)". Ce projet étudiera plus particulièrement, au cours des quatre prochaines années, la situation des femmes en mathématiques et en physique. L'INSMI ⁴ a également mis en place un groupe de travail sur la parité.

Enfin, au niveau de l'Europe, la Direction Générale de la Recherche a créé une unité Femmes et Sciences, avec rapports statistiques et appels à projets. Sans oublier les prises de position de l'EPWS (European Platform of Women Scientists) ou l'existence en France d'associations comme Femmes et Maths ou Femmes et Sciences.

4 Comment faire avancer les choses ?

On peut tout d'abord noter que les préjugés dénoncés lors de cette journée sont en grande partie inconscients. Il est vrai qu'en tant que femme, nous ne ressentons pas dans notre vie professionnelle quotidienne de sexisme particulier à notre rencontre. En revanche, les chiffres montrent clairement que les femmes dans leur ensemble se trouvent défavorisées. Une des difficultés principales est donc de lutter contre un sexisme inconscient, mais bien présent. Une des premières choses à faire est de communiquer sur les problèmes que rencontrent les femmes !

²Conférence des Présidents d'Université

³Programme-Cadre de Recherche et de Développement

⁴Institut National des Sciences Mathématiques et de leurs Interactions

COMPTES RENDUS DE MANIFESTATIONS

Prenons l'exemple du CNU⁵. Lors des premières sessions, très peu de femmes ont été promues. La réaction a été rapide : le CNU fait maintenant attention à garder des femmes parmi les candidatures discutées. Il préserve ainsi l'équilibre homme-femme, tout en prenant aussi en compte l'équilibre géographique, thématique ou la question de l'âge. Mais cela est rendu difficile par l'auto-censure des femmes, les femmes candidatent moins en moyenne. L'exemple du CNU pourrait être suivi pour les comités de sélection par exemple. A noter que ce ne sont pas aux femmes présentes au CNU d'être garantes des décisions relatives à la parité, elles sont là comme les hommes pour représenter l'ensemble de la communauté du fait de leur mérite scientifique auquel elles sont légitimement attachées.

L'augmentation du recrutement de femmes est donc un travail de longue haleine. Il semble indispensable d'accroître la représentation des femmes dans les diverses instances : comités de sélection, comités de rédaction des revues, conférenciers invités lors des colloques, comités scientifiques, jurys de thèse... Pourquoi déroger à la règle des 30% de femmes en vigueur dans les comités de concours de la fonction publique ? Mettre plus de femmes dans les comités n'augmente pas forcément le recrutement des femmes mais met plus à l'aise les candidates.

Alors, faut-il instaurer des quotas ? Il y a par exemple une volonté du ministère pour que le pourcentage de femmes dans la composition du CNU reflète celui de la section concernée. En revanche, avoir des quotas pour les promus compliquerait les discussions du CNU. Cette question reste donc délicate. D'abord, les femmes ne se reconnaissent pas dans les quotas, elles les trouvent dévalorisants. Ensuite, avec seulement 36 femmes PR 25, si on impose des quotas, les mêmes femmes seront systématiquement sollicitées partout. Un autre argument contre les quotas : dans les pays (Suède, Suisse, Canada...), où sont imposés des quotas de femmes dans les comités, la situation n'est pas meilleure que celle de la France. Voici deux suggestions : commencer systématiquement par choisir les femmes à mettre dans ces comités plutôt que de choisir en dernière minute une femme qui devra satisfaire trop de contraintes incompatibles. Et puis, prendre le temps de réfléchir à des femmes adaptées à accomplir ces tâches -mine de rien, il y en a plein... et bizarrement on demande toujours aux mêmes. Une autre recommandation est de mettre les femmes à l'aise dans ces comités : "faire la fille" est rarement agréable, les femmes de rang B des comités d'évaluation ont souvent l'impression que leur avis est moins pris en compte que les autres.

D'autres moments importants qui sont clairement un frein à la carrière des femmes, avant même de candidater, sont les congés maternité. Ils doivent être mieux pris en compte. Quelques propositions concrètes seraient faciles à mettre en oeuvre,

⁵Conseil National des Universités

COMPTES RENDUS DE MANIFESTATIONS

comme une décharge systématique d'un demi-service par congé, la neutralisation d'un an sur le CV, l'indication systématique (demandée dans les formulaires) des congés lors des demandes de délégation, CRCT, primes... Les collègues et/ou Directeurs d'Unité doivent être vigilants pour aider les jeunes mamans à reprendre leurs activités de recherche dans ces périodes cruciales. Peut-être pourrait on mettre en place un "référéntarité" dans chaque laboratoire ?

Evidemment, les maternités ralentissent les carrières des femmes et elles sont donc souvent plus âgées lorsqu'elles candidatent PR. Les comités doivent donc accepter qu'il y ait de la diversité dans les déroulements de carrière. La tendance est encourageante puisque l'âge moyen de recrutement PR augmente ces dernières années : en 2011, en section 25, l'âge moyen est de 41,6 pour les femmes et 38,4 pour les hommes ; en section 26, l'âge moyen est de 38 pour les femmes et 39 pour les hommes.

Continuons par une revendication statistique : les chiffres fournis par L. Broze sont le fruit d'un travail laborieux. Il serait bon d'avoir régulièrement des données officielles détaillées et d'avoir systématiquement des données sexuées en matière de recrutement, d'évaluation, etc..

Enfin, nous proposons de créer un indice de parité académique, sur le modèle de l'indice de mobilité académique, pour chaque laboratoire. Le but n'est bien sûr pas de montrer du doigt les laboratoires peu féminisés (statistiquement, la féminisation est meilleure à Paris qu'en province. Est-ce à cause du plus grand bassin d'emploi : 25% des chercheurs sont en poste à Paris ?) mais de faire prendre conscience à tous du faible nombre de femmes dans le milieu. Ces chiffres pourraient également apparaître dans les dossiers d'évaluation par l'AERES⁶.

5 Conclusion

Ce qui nous semble le plus inquiétant dans ce bilan de la situation des femmes en mathématiques est la stagnation des pourcentages depuis 20 ans. En particulier, les femmes PR25 sont en voie de disparition. Faire attention ne suffira pas dans les années à venir, il faut désormais des actions très volontaristes à tous les niveaux... Et ce de la part de toute la communauté, hommes et femmes. De ce point de vue, le nombre d'hommes présents à cette journée était très encourageant.

⁶Agence d'Évaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur

COMPTES RENDUS DE MANIFESTATIONS

COMPTE RENDU DU CONGRÈS MAMERN11

MAMERN11 est la 4^{ème} édition du congrès International sur les **Méthodes d'Approximation et de Modélisation en Environnement et Ressources Naturelles**, organisé à Saida du 23 au 26 mai 2011. Cette manifestation scientifique a été conjointement organisée par le Laboratoire MATSI de l'Université Mohammed Premier d'Oujda, le Département de Mathématiques Appliquées de l'Université de Grenade (Espagne), et le Laboratoire de Mathématiques Appliquées de l'Université de Pau (UMR CNRS 5142 (France)). La première édition MAMERN05 s'est tenue à Oujda du 9 au 11 mai 2005, la deuxième MAMERN07 a eu lieu à Grenade du 11 au 13 juillet 2007, et la troisième MAMERN09 a été organisée par l'Université de Pau en France du 8 au 11 juin 2009.

Cette rencontre internationale biennale est co-sponsorisée par le CNRS : Centre National pour la Recherche Scientifique (France), le CNRST : Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique (Maroc) et l'IMACS : International Association for Mathematics and Computers in Simulation. Les papiers sélectionnés de chaque édition de MAMERN sont publiés, après un processus de review, dans un numéro spécial du journal *Mathematics and Computers in Simulation*. Le but de cette rencontre est de rassembler des chercheurs, des scientifiques, des ingénieurs et des étudiants pour échanger et partager leurs expériences, de nouvelles idées et des résultats de recherche sur l'approximation, la modélisation numérique et leurs applications dans les sciences de l'environnement et des ressources naturelles.

Les thèmes de cette conférence étaient :

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

Ces thèmes couvrent une grande partie des sujets portant sur la modélisation en environnement. La conférence a attiré près de 200 participants venant de 21 pays différents.

COMPTES RENDUS DE MANIFESTATIONS

Le programme scientifique du congrès MAMERN11 était constitué de 7 conférences plénières, 6 mini symposiums avec plus de 30 communications, et environ 140 contributions sous forme de communications orales ou affichées.

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

Les conférenciers invités étaient :

- Younes Chahlaoui, University of Manchester, UK.
- Anthony Michel, Institut Français du Pétrole, France.
- Laureirtiu Olan, Technical University of Civil Engineering, Romania.
- Eugenio Oñate Ibáñez de Navara, University Politècnica of Catalunya, Espagne.
- Olivier Pironneau, Universié Paris 6, France.
- Tomás Chacón Rebollo, University of Seville, Spain.
- Mladen Rogina, University of Zagreb, Croatia.

Les quatre jours de conférence ont été une réussite tant au niveau de l’organisation que du contenu scientifique. Une édition spéciale de la revue MATCOM (Mathematics and Computers in Simulation) sera dédié à MAMERN11. La 5ème édition de MAMERN aura lieu à Grenade en Espagne en mai 2013.

Communiqué par Driss SBIBIH, Laboratoire de Mathématiques Appliquées, Traitement du Signal et Informatique (MATSI), Université Mohammed Premier, 60000 Oujda, Maroc.

E-mail : sbibih@yahoo.fr

JOURNÉES EDP LILLE-LITTORAL-VALENCIENNES

Communiqué par par Juliette Venel,
Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis.

Les 10 et 11 octobre 2011, les huitièmes Journées EDP Lille-Littoral-Valenciennes se sont déroulées à l’Université du Littoral à Calais. Ces journées biennales organisées depuis 1996 sont l’occasion de réunir les chercheurs edpistes des universités du Nord de la France mais aussi d’inviter d’autres collègues. Cette année, nous avons eu le plaisir d’écouter Gabriel Acosta (Univ. Buenos Aires, Argentine), Malcolm Brown (Univ. Cardiff, Royaume-Uni), Pauline Lafitte (Ecole Centrale Paris), Alain Miranville (Univ. Poitiers), Delio Mugnolo (Univ. Ulm, Allemagne), Pascal Omnes (CEA Saclay), et Ian Wood (Univ. Kent Canterbury, Royaume-Uni).

QUATRIÈMES RENCONTRES DES JEUNES STATISTICIENS

Communiqué par William Kengne

Les quatrièmes rencontres des jeunes statisticiens se sont tenues du 05 au 09 septembre 2011 au Centre Paul Langevin du CNRS à Aussois. Ces rencontres ont

COMPTES RENDUS DE MANIFESTATIONS

été organisées par la Société Française de Statistique (SFdS) et parrainées par la Société de Mathématiques Appliquées et Industrielle (SMAI) et la Société Mathématique de France (SMF). Elles ont reçu le soutien financier de l'Institut National Polytechnique de Toulouse et de l'Institut de Mathématiques de Toulouse. Elles sont organisées tous les deux ans depuis 2005, et ont pour objectif de favoriser les échanges entre les jeunes statisticiens, de leur permettre de présenter leurs travaux de recherche et de prendre connaissance de nouveaux domaines de recherche et d'application.

La majorité des participants sont arrivés à Modane le lundi 05 septembre à 18h30 où un bus les attendait pour les amener à Aussois. A leur arrivée, les participants ont été accueillis et installés dans leur chambre. Un buffet froid leur a ensuite été servi. La manifestation a effectivement commencé à 20h30 par le mot de bienvenue de Bernard Garel (responsable de ces rencontres et membre du comité scientifique). L'exposé de Nadine Hilgert sur les données de phénotypage a clôturé la première journée.

Les journées commençaient chaque matin par des exposés de jeunes statisticiens. Chaque exposé durait 25mn (20mn de présentation et 5mn de remarques et questions). Chaque participant a suivi tous les exposés (il n'y avait pas de sessions parallèles). Les thématiques allaient de la statistique théorique à l'application aux données réelles en passant par la modélisation statistique. Des participants seniors, membres du comité scientifique, suivaient avec attention les exposés des jeunes statisticiens et leur apportaient des remarques et suggestions pendant les exposés et en dehors des exposés.

Outre l'exposé de Nadine Hilgert, deux autres exposés de participants seniors ont été donnés ; celui de Jean-Marc Bardet sur la détection des ruptures et celui de Philippe Berthet sur l'approximation gaussienne en statistique. Ils se sont tenus respectivement le mardi et le mercredi à 20h30 avec une durée d'une heure. Ces exposés ont permis aux jeunes participants de prendre connaissance d'autres domaines de recherche en statistique.

Le mardi après-midi a été consacré à une randonnée qui a conduit les participants jusqu'au refuge du "Fond d'Aussois". Un itinéraire un peu plus long était prévu pour les plus courageux. Ayant aperçu le deuxième itinéraire, certains participants ("courageux" au départ) ont senti leur courage faiblir, juste après la pique-nique. D'autres l'ont fait à mi-parcours, après avoir compris que le courage tout seul ne suffisait pas : un effort physique considérable était nécessaire. Ils ont regretté de ne pas pouvoir atteindre les 3000 mètres d'altitude afin d'admirer la beauté des sommets entourant Aussois, et ce d'autant plus qu'il faisait beau temps.

Les participants ont reçu le jeudi la visite du président de la SFdS. Il a fait une

COMPTES RENDUS DE MANIFESTATIONS



présentation attractive de la société qu’il préside. Une délicieuse fondue a été ensuite offerte pendant le dîner de gala, juste avant la soirée dansante qui a clôturé la journée.

La manifestation s’est achevée le vendredi à 11h30 par le bilan des rencontres. Après le déjeuner, un bus a transporté les participants à la gare de Modane.

Les quatrièmes rencontres des jeunes statisticiens ont été un succès dans l’organisation. Les participants ont apprécié l’accueil, le logement, les repas, l’hospitalité et le beau paysage d’Aussois. Ils ont aussi apprécié le regroupement des exposés par thème. Rendez-vous a été pris pour 2013 pour les cinquièmes rencontres des jeunes statisticiens.

Du côté des industriels

Semaine "Mathématiques et Entreprises"

Communiqué par M. Postel

La seconde édition 2011 de la Semaine "Mathématiques et Entreprises" (SEME), à l'initiative du GDR "Mathématiques et Entreprises"¹, se tiendra à l'université Claude Bernard Lyon 1 du 28 novembre au 2 décembre 2011. Elle fait suite à la première édition, qui s'est déroulée en avril à l'Institut Henri Poincaré à Paris et qui fut un succès. Le site internet de cette seconde semaine "Mathématiques et Entreprises" est :

<http://seme2011.univ-lyon1.fr/>

L'objectif de cette semaine est de faire se rencontrer des industriels et des chercheurs académiques autour de sujets exploratoires. Plus précisément, quatre industriels viendront le premier jour présenter des sujets ouverts, pas nécessairement formalisés, qui constituent un obstacle pour leur entreprise, un verrou dont on peut espérer qu'un regard extérieur de mathématicien puisse contribuer à le débloquer. Du mardi au jeudi, des doctorants et des postdoctorants, éventuellement aidés de chercheurs seniors, travailleront en groupe sur ces sujets et explorent différentes pistes. Le vendredi sera consacré à la présentation, devant les industriels, des pistes explorées. Nous encourageons tous les doctorants et les postdoctorants à participer à ces semaines, quel que soit leur domaine de spécialité, qu'il soit théorique ou appliqué et qu'il corresponde ou pas aux sujets proposés. Nous pensons justement que c'est la confrontation d'origines thématiques très diverses qui permettront l'émergence de pistes nouvelles et pertinentes, aussi bien pour la recherche académique que pour les applications industrielles. Il est essentiel, pour que la semaine soit un succès, qu'il y ait le plus grand nombre possible de doctorants et de postdoctorants de l'ICJ en particulier et de Lyon/Saint-Etienne en général.

Les sujets qui seront précisément traités sont encore en cours de discussion avec les industriels et je vous les communiquerai dès que possible. La semaine se déroulera selon le planning suivant :

¹<http://www.maths-entreprises.fr>

Du côté des industriels

Lundi 28 novembre, de 13h30 à 18h : Présentation des sujets par les industriels ;
du mardi 29 novembre au jeudi 1er décembre : travail par groupe de jeunes chercheurs sur les 4 projets ;

Vendredi 2 décembre : Présentation du travail des groupes, clôture de la semaine à 18h.

Le nombre de places étant limité, tous les doctorants et postdoctorants désireux de participer à cette semaine peuvent adresser leur candidature à seme2011@univ-lyon1.fr

Si vous connaissez des doctorants non lyonnais que cette semaine peut intéresser, un certain nombre de bourses sont prévues pour financer le séjour sur place des participants (hors déplacement). Il faut le cas échéant en faire la demande dans le mail de candidature.

Mathrice : l'informatique au service des mathématiciens

par Violaine Louvet, Institut Camille Jordan

Cet article est le premier d'une série dont l'objectif est d'informer autour des activités et des ressources en lien fort avec la recherche en mathématiques. Toute recherche ne peut se faire sans un soutien de qualité, en adéquation avec ses besoins, tant au niveau de l'outil informatique, que de la documentation, des moyens de calcul, ... Nous abordons dans ce document le rôle et le fonctionnement de l'informatique dans les laboratoires de mathématiques, et nous présentons les services mis en œuvre par le réseau Mathrice pour la communauté.

1 Structuration de l'informatique dans les laboratoires de mathématiques

1.1 Les activités liées à l'informatique dans les laboratoires de mathématiques

Les métiers de l'informatique au sein des laboratoires ont une importance fondamentale car ils apportent un soutien qui influe directement sur la qualité des recherches.

Ces métiers recouvrent de nombreuses spécificités, souvent mal différenciées au sein des unités. Deux grandes catégories peuvent être distinguées dans les laboratoires de mathématiques :

- Les activités liées au système d'information scientifique et à l'administration des systèmes et réseaux (SISR).
- Les activités liées au développement d'applications et au calcul scientifique. Ces activités sont la plupart du temps directement associées aux travaux de recherche.

Les personnels informatiques ont souvent des compétences recouvrant ces deux types d'activités.

Au niveau organisationnel, les informaticiens en charge des systèmes et réseaux sont le plus souvent isolés dans leur laboratoire. Les informaticiens en informatique scientifique sont généralement intégrés aux équipes de recherche mais sans lien avec d'autres informaticiens du même métier.

Ces constats ont amené les informaticiens à se regrouper pour rompre cet isolement et pouvoir échanger autour des problématiques communes à leurs métiers.

1.2 Les réseaux métiers

Les réseaux métiers sont des structures transversales répondant à ce besoin d'échanges en favorisant le partage de connaissances et les transferts de compétences.

En ce qui concerne l'informatique, il existe deux grands réseaux structurants :

- le réseau ResInfo qui fédère des réseaux régionaux ou thématiques dans le domaine de l'Administration Système et Réseaux,
- le réseau Calcul Scientifique, dont nous aborderons les activités dans un autre article.

Ces structures sont nationales ; elles sont soutenues par la MRCT (Unité Propre de Service du CNRS, Mission Ressources Compétences Technologiques). Les réseaux métiers n'ont pas une vocation fonctionnelle mais un rôle de « catalyseur » d'échanges et de partage.

Ce sont des entités transversales et souvent interdisciplinaires qui regroupent des personnels de tous les établissements de la recherche publique (Universités, CNRS, INRIA, ...). Ils sont une expression en temps réel de la vie des laboratoires par le lien étroit qui unit activité scientifique et activité technologique. Ils identifient l'évolution des besoins, proposent des projets technologiques originaux, jouent un rôle d'expertise, veillent à la qualité d'exploitation et de développement de ressources partagées.

1.3 Mathrice

Mathrice est le réseau métier des informaticiens des laboratoires de mathématiques. Il est l'un des deux réseaux thématiques de la fédération ResInfo.

Mathrice rassemble actuellement la quasi totalité des informaticiens des laboratoires de mathématiques en France, des ITA (agents CNRS), des ITARF (agents universitaires) et des chercheurs/enseignants-chercheurs assumant l'activité d'administration système dans leur laboratoire.

Structurellement, il s'agit d'un GDS (Groupement de Service) du CNRS, qui est le pendant des GDR pour les aspects soutien à la recherche.

Depuis sa création en 2000, ce réseau humain maintient sa cohérence par des échanges quotidiens au travers de sa liste de diffusion. Ses membres partagent également expériences et savoir-faire au cours de rencontres régulières.

Le réseau Mathrice tient un rôle important dans la structuration, le fonctionnement et l'homogénéisation de l'informatique dans les laboratoires de mathématiques. En mutualisant les compétences, il permet l'entraide mais aussi l'expérimentation de choix technologiques afin de pouvoir répondre aux besoins toujours plus pointus de la recherche (outils collaboratifs, nomadisme, serveurs de

calcul, ...).

Par ses acteurs en place au cœur même des structures de recherche, donc au contact permanent des chercheurs, il offre un soutien informatique de proximité, permettant ainsi une réactivité maximale par rapport aux demandes des chercheurs. Cette organisation, mutualisée au niveau des infrastructures techniques, mais répartie au niveau humain, est un atout pour la recherche en mathématiques.

Dans ce cadre, le GDS est aujourd'hui un fournisseur et un développeur de services pour la communauté des mathématiciens français.

2 Services à la communauté

2.1 Systèmes d'information et hébergement de services

Ces services ont pour objectifs de proposer un ensemble d'informations à la communauté scientifique ainsi que différents référentiels professionnels.

2.1.1 Annuaire des mathématiciens

Le système d'information le plus populaire est celui de l'annuaire de la communauté mathématique française (<http://annuaire.math.cnrs.fr>). Cet annuaire recense l'ensemble des personnels des laboratoires français, ainsi que les membres des sociétés savantes, ce qui représente environ 13 760 entrées, soit 9 450 personnes distinctes (un individu pouvant être référencé à plusieurs titres). Il est interrogeable directement en ligne mais sert aussi de base de complétion d'adresses mail, notamment pour les outils comme Thunderbird.

2.1.2 Hébergement de services

Une cinquantaine de sites web scientifiques sont hébergés par Mathrice (sociétés savantes, GDR, ANR, Images des Maths, ...). Mathrice propose à la communauté différents niveaux d'hébergement : du site web « pré-installé » au serveur virtuel « nu ».

2.2 Jetons logiciels

Mathrice met depuis plusieurs années à la disposition des laboratoires de mathématiques un ensemble de jetons pour le logiciel Matlab, financés d'une part sur fonds propres du GDS et d'autre part par une petite contribution des laboratoires les plus consommateurs.

A noter qu'est également proposé un jeton pour la ToolBox Compiler qui permet de compiler puis d'exécuter des programmes matlab sans utiliser de jeton.

Quelques laboratoires se sont aussi associés pour offrir des jetons Maple. Cette mutualisation permet d'une part l'acquisition d'un nombre de jetons plus élevés que si la démarche avait été individuelle, et d'autre part de faire bénéficier la communauté de ces jetons.

2.3 Audit et conseils

Le GDS a aussi une mission d'audit et de conseil auprès des laboratoires qui en font la demande afin de les aider dans la restructuration de leur informatique ou le redéploiement de leur système d'information.

2.4 Plateforme en Ligne Mathrice

2.4.1 Qu'est-ce que la PLM ?

La Plate-forme en Ligne pour les Mathématiques (PLM) est une infrastructure informatique nationale et répartie, à destination de la communauté mathématique française. La PLM propose un ensemble de services informatiques en ligne, accessibles depuis tout l'Internet via une authentification unique (un même login/mot de passe pour tous les services). Elle est localisée géographiquement dans quatre laboratoires de mathématiques (Angers, Bordeaux, Lille et Lyon), et gérée par une équipe d'informaticiens distribuée dans les laboratoires (Angers, Bordeaux, Clermont-Ferrand, Grenoble, Lille, Lyon, Meudon et Tours). La PLM compte aujourd'hui environ 2 000 utilisateurs, appartenant à une cinquantaine d'unités de recherche.

2.4.2 Comment accède-t-on à la PLM ?

Si l'unité de recherche est déjà utilisatrice de la PLM, alors tout nouveau chercheur peut obtenir très rapidement un compte. En effet, ceux-ci sont gérés par un gestionnaire local, au plus près des utilisateurs, le correspondant Mathrice (qui est souvent l'informaticien local). C'est donc vers lui qu'il convient de se tourner pour l'ouverture et la gestion des comptes. Si l'unité de recherche n'est pas encore utilisatrice de la PLM, son directeur peut demander de l'intégrer (il faudra au préalable désigner un correspondant Mathrice local). Pour cela, un seul contact : support@math.cnrs.fr.

2.4.3 Quels sont les services offerts par la PLM ?

Le chercheur en mathématiques trouvera sur la PLM :

- des outils pour son organisation et sa production personnelle,
- un environnement d'accès à l'information scientifique,
- des outils de communication et de publication,
- un espace de travail collaboratif.

Les outils d'organisation et de production personnelle Le chercheur dispose d'un bureau virtuel comprenant un agenda personnel, un carnet d'adresses, un planificateur de tâches. Il peut se connecter à des serveurs Linux interactifs pour rédiger ses documents en TeX/LaTeX ou LibreOffice, ainsi qu'à des serveurs de calculs. En mission, un service VPN lui permet d'accéder aux ressources fournies par la PLM ou par son laboratoire si son lieu d'accueil est trop restrictif en terme de filtrage.

Un environnement d'accès à l'information scientifique La PLM permet au chercheur d'accéder aux bases bibliographiques et de consulter les revues électroniques auxquelles son laboratoire est abonné, à partir de n'importe où.

Les outils de communication et de publication L'utilisateur de la PLM dispose d'une adresse email `@math.cnrs.fr`, qu'il peut ou bien associer à une boîte aux lettres locale à la PLM, ou bien rediriger vers la boîte aux lettres de son université ou de son laboratoire.

La consultation de cette boîte aux lettres peut se faire aussi bien via le webmail de la PLM, que par son outil mail habituel par un protocole IMAP. A noter également la mise à disposition d'un serveur SMTPS qui permet l'envoi de messages depuis à peu près n'importe quel lieu.

Il dispose d'un espace public pour proposer des fichiers au téléchargement (avec contrôle d'accès éventuel), ou mettre en ligne des pages web. Il peut aussi créer un espace pour stocker des fichiers (éventuellement de grande taille).

Un espace de travail collaboratif Pour travailler à plusieurs, des outils collaboratifs permettent aux chercheurs de disposer de dépôts subversion (outil de gestion de version) dans lesquels les documents de travail pourront être stockés, versionnés et manipulés en parallèle par plusieurs personnes (avec une gestion des mises à jour conflictuelles, évitant tout risque de perte de données).

Un serveur de listes donne la possibilité de créer des listes de diffusion regroupant n'importe quelles adresses email (nul besoin d'être utilisateur de la PLM

pour figurer dans une liste, mais seuls les utilisateurs peuvent en créer et les gérer).

Une messagerie instantanée (Jabber) permet d'échanger textuellement à plusieurs en direct.

Des web-conférences peuvent être également facilement planifiées par les utilisateurs de la PLM, pour y convier n'importe quels collaborateurs, qui pourront s'y connecter à partir d'un navigateur web depuis un poste de travail muni d'une simple webcam.

3 En savoir plus ?

- MRCT : <http://www.mrct.cnrs.fr/>
- ResInfo : <http://www.resinfo.cnrs.fr/>
- Activités du GDS Mathrice : <http://www.mathrice.fr>
- Guide d'utilisation de la PLM : <http://plm.math.cnrs.fr>
- Contact PLM Team : support@math.cnrs.fr

Réaliser des figures en T_EX

par Yvon Lafranche¹
IRMAR, Université de Rennes 1
Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France.
Yvon.Lafranche@univ-rennes1.fr

Résumé

Fig4T_EX est une petite bibliothèque de macros permettant de réaliser des figures annotées dans un environnement T_EX. Après avoir présenté le contexte dans lequel elle a été développée, on fait un tour d’horizon des possibilités qu’elle offre en mettant en évidence quelques qualités qui en font un outil en général apprécié de ses utilisateurs.

1 Motivation

La création de figures dans un environnement T_EX² est une question qui a été abordée par la communauté des utilisateurs de T_EX il y a déjà plusieurs années et que l’on peut considérer comme résolue. Pourtant des interrogations à ce sujet reviennent de manière récurrente, émanant en particulier de nouveaux utilisateurs de T_EX, ou de plus habitués qui sont confrontés à une situation nouvelle ou à une limitation de la méthode qu’ils utilisent habituellement. Fig4T_EX est l’une des solutions à envisager.

Au fil du temps, plusieurs "packages" ont vu le jour pour répondre aux besoins exprimés. On peut distinguer deux types de solutions : d’une part l’inclusion d’un fichier graphique externe, c’est à dire réalisé par un logiciel graphique dédié, d’autre part la création d’un dessin à l’aide de commandes "embarquées" dans le document T_EX. Fig4T_EX propose ces deux solutions. La première est relativement banale et l’utilisateur dispose d’une assez large panoplie de possibilités pour y parvenir. La seconde l’est moins et nous allons dans ce qui suit nous attacher à décrire ce que Fig4T_EX propose en la matière.

Tout système possède ses particularités, Fig4T_EX n’y fait pas exception. Il a été conçu dans l’esprit de pouvoir reproduire dans un document T_EX le croquis que

¹SMAI-SIGMA

²ou L^AT_EX, mais le problème étant le même, on écrit T_EX pour simplifier là où il n’y a pas lieu de faire de distinction.

l’on fait sur un coin de table pour illustrer son propos, mettant ainsi en pratique l’adage qui dit qu’un dessin vaut mieux qu’un long discours. Dans le même temps, un autre objectif majeur a été de s’affranchir de toute dépendance vis à vis d’un logiciel autre que T_EX. Cet aspect a guidé la conception du système et influe aussi sur son utilisation.

En effet, en général, on ne se contente pas de faire un dessin. Il est souvent nécessaire de l’annoter, d’y inscrire des légendes. A ce sujet, trois points sont à considérer : l’allure du dessin finalement choisie, la localisation de l’annotation sur le dessin et la police de caractères à utiliser pour l’écrire. Dans la mesure où la création du dessin fait partie intégrante du document, le choix de la police est sans problème : il suffit de procéder comme on le fait normalement au sein du texte en utilisant les commandes de T_EX. La question de la localisation est plus délicate : lorsqu’on fait un dessin on aimerait qu’une légende puisse être associée de manière unique à un élément graphique et le "suive" en cas de modification. Enfin, la configuration géométrique finale du dessin, pour qu’elle révèle pleinement ses qualités illustratives, est quelquefois longue à mettre au point.

Tous ceux qui se sont confrontés à la réalisation d’une figure le savent bien, on obtient rarement du premier coup le résultat espéré, parce que la configuration géométrique est trop particulière ou pas assez claire ou ne laisse pas de place pour la légende. . . On est donc amené à modifier certains éléments du dessin, corriger la position d’une légende, etc., pour tenter d’obtenir ce que l’on souhaite.

Fig4T_EX est un système suffisamment flexible pour prendre en compte ces questions de façon relativement aisée. Sa conception a été guidée par une *approche géométrique*, ce qui en fait un outil bien adapté aux constructions géométriques. A contrario, il n’est pas vraiment fait pour tracer le graphe de telle ou telle fonction connue de manière analytique. Il existe toutes sortes de logiciels qui font cela très bien. Il suffit ensuite d’inclure dans son document le fichier graphique ainsi créé, sur lequel on peut ajouter des légendes si on le souhaite. Justement, Fig4T_EX est aussi prévu pour cela.

2 Le principe

T_EX permet de tracer des traits verticaux ou horizontaux, ce qui est utilisé pour composer des tableaux. Il permet aussi de matérialiser des points comme ceci \bullet ou comme cela \ominus , mais ne permet pas, de façon native, de tracer des traits obliques ou des courbes, ni de matérialiser des points plus exotiques comme celui-ci \ominus , en supposant que ce soit utile. Cependant, T_EX a été conçu par un esprit ouvert qui a prévu des outils qui autorisent ce genre d’extension. Fig4T_EX exploite ces possi-

bilités et permet ainsi d'élaborer des constructions géométriques dans le plan ou dans l'espace.

L'instrument de base est le point ; il peut être défini par des coordonnées ou obtenu par transformation géométrique. On peut ainsi définir des segments de droites, les regrouper et y adjoindre d'autres éléments graphiques existants com-

me ceci, par exemple :



Cette réalisation nécessite de "connaître un peu la musique". C'est ce que nous allons maintenant nous employer à découvrir au travers de quelques exemples commentés, en nous attachant aux principes plutôt qu'en donnant une liste rébarbative de fonctionnalités.

Le processus de fabrication d'une figure se déroule généralement en trois étapes :

1. définition des points caractéristiques de la construction géométrique,
2. définition des traits du dessin (ils sont enregistrés dans un fichier),
3. composition de la figure par assemblage du dessin et d'une légende éventuelle.

Il reste ensuite à afficher la figure selon la mise en page souhaitée à l'aide des commandes standard de T_EX.

Pour réaliser les étapes décrites ci-dessus, l'utilisateur doit faire usage de commandes particulières, ou macros, selon la terminologie de T_EX. Elles commencent toutes par `\fig`. On peut les classer en trois catégories principales :

- les macros qui commencent par `\figdraw` dont le rôle est de produire les traits du dessin ; elles ne sont utilisées qu'au cours de l'étape 2 précédente ;
- les macros qui commencent par `\figwrite` dont le rôle est d'écrire sur le dessin ; elles ne sont utilisées qu'au cours de l'étape 3 précédente ;
- toutes les autres macros, parmi lesquelles on peut distinguer les macros géométriques et les macros de contrôle.

3 Un petit exemple complet

Inclus quelque part dans un document, le texte suivant dessine le triangle de la figure 1 :

```
% 1. Définition des points caractéristiques
\figinit{pt}
\figpt 2:(-10, -10)
\figpt 3:(110, 10.5)
```

```

\figpt 1:(70, 90) % 3 points dans le plan
\figptbary 5:$G$[1,2,3 ; 1,1,1] % Isobarycentre
% 2. Création du fichier graphique
\figdrawbegin{}
\figdrawline [1,2,3,1] % Dessin du triangle
\figdrawend
% 3. Composition de la figure avec écriture des légendes
\figvisu{\figBoxA}{FIGURE 1: Premier exemple.}{
\figwriten 1:(4)
\figwritew 2:(2)
\figwritee 3:(2) % Ecriture aux sommets
\figset write(mark=$\figBullet$) % Changement de marqueur
\figwrites 5:(4) % Ecriture au c.g.
}
% 4. Affichage de la figure
\centerline{\box\figBoxA}

```

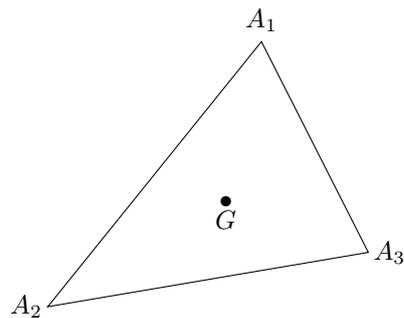


FIG. 1: Premier exemple.

Pour obtenir ce résultat, il faut ajouter `\usepackage{fig4tex}` juste avant l’instruction `\begin{document}` s’il s’agit d’un document \LaTeX . Il faut ajouter `\input fig4tex` en tête de fichier s’il s’agit d’un document \TeX .

Commentons rapidement ce petit programme.

L’étape 1 commence par une commande d’initialisation qu’il vaut mieux considérer comme obligatoire. L’argument, ici `pt`, précise dans quelle unité l’utilisateur va travailler. Ensuite, quatre points sont définis : les trois sommets du triangle et son centre de gravité. On remarque que les coordonnées sont fournies sans préciser d’unité. L’ordre de définition des trois premiers points est quelconque. Par contre, ils doivent l’être avant la définition du point numéro 5 puisque le calcul de celui-ci en dépend. La commande peut se lire ainsi : calculer le point 5, de texte associé G , barycentre des points 1, 2 et 3, affectés des coefficients 1, 1 et 1.

L'étape 2 regroupe les instructions qui définissent les traits du dessin. Celles-ci doivent figurer obligatoirement entre les deux macros `\figdrawbegin` et `\figdrawend`. Ici, une seule commande suffit pour tracer le triangle, sous forme d'une ligne brisée fermée passant par les sommets.

L'étape 3 est réduite à l'appel à la macro `\figvisu` qui compose la figure et l'enregistre dans une boîte T_EX dont le nom est fourni comme premier argument, ici `\figBoxA`. Le deuxième argument de `\figvisu` est le titre de la figure ; il peut être vide. Le troisième argument peut être vide aussi. Il contient les instructions qui permettent l'inscription des légendes sur le dessin. On reconnaît les macros de type `\figwrite`. La première se lit : écrire au nord du point 1 le texte qui lui est associé par défaut (A_1) à une distance de 4 pt. La transposition est aisée pour les points 2 (écriture à l'ouest) et 3 (écriture à l'est). Par défaut, les points ne sont pas matérialisés. C'est pourquoi, grâce à la commande `\figset`, le marqueur de type bullet est choisi pour être inscrit et ainsi identifier la position du point 5.

L'étape 4 consiste à afficher la figure en vidant le contenu de la boîte construite par `\figvisu`.

Insistons à présent sur la flexibilité du système en faisant observer que, si par exemple la position du point 2 ne convient pas, il suffit de corriger ses coordonnées et de relancer la compilation du document pour obtenir la nouvelle figure, ceci sans rien changer par ailleurs.

Ajoutons quelques remarques techniques complémentaires :

- Les unités autorisées sont celles prévues par T_EX ; les plus couramment utilisées sont le point T_EX (pt), le millimètre (mm), le centimètre (cm), et le pouce (in). On rappelle que $1 \text{ in} = 72.27 \text{ pt}$. L'unité choisie peut être précédée par un facteur d'échelle, de sorte que si la première instruction est changée par exemple en `\figinit{0.6pt}`, la taille de la figure obtenue sera 60% de celle de la figure actuelle. Ce paramètre n'affecte que les coordonnées des points et nullement l'épaisseur des traits ou les polices de caractères. Ceci est donc utile pour calibrer jusqu'au dernier moment la dimension du dessin en fonction de la place disponible dans le document.
- Les points créés sont repérés par un entier positif ou nul choisi par l'utilisateur. Ils portent tous un texte associé qui peut être affiché au cours de l'étape 3 par une macro de type `\figwrite`. Par défaut, le texte associé au point i est A_i . Le texte affiché pourrait aussi être spécifiée lors de l'appel à `\figwrite` ; dans ce cas, il aurait priorité sur le texte associé lors de la définition du point. Le texte associé par défaut peut lui-même être changé par la commande `\figset`, par exemple si l'on souhaite que les points s'appellent P_i . Mais ce texte associé est a priori

quelconque et peut ne pas être un simple nom. Au besoin, ce peut être une boîte de contenu arbitraire.

- Un point peut être redéfini à tout moment. Il est possible, et souvent nécessaire, de créer des points au cours des deux dernières étapes (voir l'exemple suivant).
- L'argument de `\figdrawbegin` est vide la plupart du temps, ce qui correspond au mode de fonctionnement automatique. Dans ce mode, `\figvisu` insère automatiquement le dernier fichier (temporaire) créé au cours de l'étape 2. Lorsque l'argument est fourni, il désigne le nom du fichier dans lequel le dessin est mémorisé, ce qui peut être utile dans certaines circonstances.
- L'affichage de la figure est fait ici à l'aide de la commande `\centerline` communément utilisée en plain T_EX. En L^AT_EX, il est bien sûr possible d'utiliser un environnement dédié tel que `figure` qui permet notamment la numérotation automatique des figures :

```
\begin{figure}[h]
  \centerline{\box\figBoxA}
  \caption{Premier exemple.}
\end{figure}
```

L'instruction `\centerline{\box\figBoxA}` peut dans tous les cas être remplacée par :

```
\begin{center}\begin{tabular}{c}
  \box\figBoxA
\end{tabular}\end{center}
```

- Il existe deux autres boîtes préservées `\figBoxB` et `\figBoxC` utilisables comme argument de `\figvisu` à la place de `\figBoxA`. Elles permettent de faire des assemblages horizontaux de trois figures, ce qui suffit aux besoins les plus courants.
- Les macros que l'on utilise dans FigT_EX sont dites macros à balises. Par défaut, les arguments d'une macro T_EX apparaissent entre `{}`. Ici, des caractères particuliers séparent les arguments. Cette syntaxe est censée rendre leur utilisation plus naturelle et mnémotechnique. Par exemple, la macro de définition d'un point a pour prototypes (versions 2D et 3D) :

```
\figpt NewPt :Text (X, Y)
\figpt NewPt :Text (X, Y, Z)
```

Le caractère `:` sépare le numéro du point du texte associé, et les coordonnées doivent être données entre parenthèses, séparées par une virgule, comme on le fait habituellement.

4 Pour aller plus loin

Nous avons déjà rencontré la macro `\figptbary` qui permet de calculer le barycentre de plusieurs points. A l'usage, on se rend compte que cette macro est très souvent utile pour définir des points qui dépendent d'autres points. Dans cet esprit, Fig4_TE_X propose en outre une série de macros pour effectuer des transformations de points. Le prototype général est

```
\figptXXX Image :Texte= Antécédent /définition de la transformation/
```

où XXX vaut `inv`, `hom`, `rot`, `sym`, `tra` ou `map`, selon le choix de la transformation, à savoir dans l'ordre, l'inversion, l'homothétie, la rotation, la symétrie, la translation ou l'application "générale" définie par une matrice. Pour chacune de ces macros, il existe une version multi-points qui permet de calculer les images de plusieurs antécédents ; leur nom est de la forme `\figptsXXX`.

D'autres macros existent pour calculer des projections ou des lieux géométriques tels que des intersections, ou des points appartenant à des objets géométriques particuliers comme des ellipses ou des courbes de Bézier.

Nous allons en rencontrer quelques-unes au cours des paragraphes suivants.

4.1 Encore des segments de droites

Considérons le programme ci-dessous et la figure qu'il produit :

```
% 1. Définition des points caractéristiques
\figinit{cm}
\figpt 0:$O$(0,0)           % Origine
\def\VTx{101}              % Nom du
\figvectC \VTx(2,0)        % vecteur de translation en x
\def\VTy{102}              % Nom du
\figvectC \VTy(0,3)        % vecteur de translation en y
\figpt 1:(1,1)              % Point inférieur gauche
\figpttra 2:=1/1,\VTx/      % Point inférieur droit
\figptstra 3 = 2,1 /1, \VTy/ % 2 points supérieurs
% 2. Création du fichier graphique
\figdrawbegin{}
% Tracé des axes à l'origine
\figdrawaxes 0(1)
% Droite de symétrie [5,6]
\figpttra 5:=3 /1,\VTx/
\figptbary 6:[5,2 ; -1,3]
\figdrawline[5,6]
% Rectangle initial
\figset (width=0.8)
```

```

\figdrawline[1,2,3,4,1]
% Rectangle symétrique par rapport à la droite [5,6]
\figtssym 11=1,2,3,4 /5,6/
\figset (dash=2)\figdrawline[11,12,13,14,11]
% Rotation autour du point 14, alias C sur le dessin
\figptsrot 21=11,12,13 /14,-130/
\figset (dash=4)\figdrawline[21,22,23,14,21]
\figdrawend
% 3. Composition de la figure avec écriture des légendes
\figvisu{\figBoxA}{FIGURE 2: Transformations.}{
\def\DistAff{2pt}%
\figwritesw 0:(\DistAff)
\figwritew 1,4:(\DistAff)
\figwritee 3:(\DistAff)
\figwritenw 2:(\DistAff)
\figwritee 5:{$(\Delta)$}(\DistAff)
\figwrites 14:$C$(3pt)
}

```

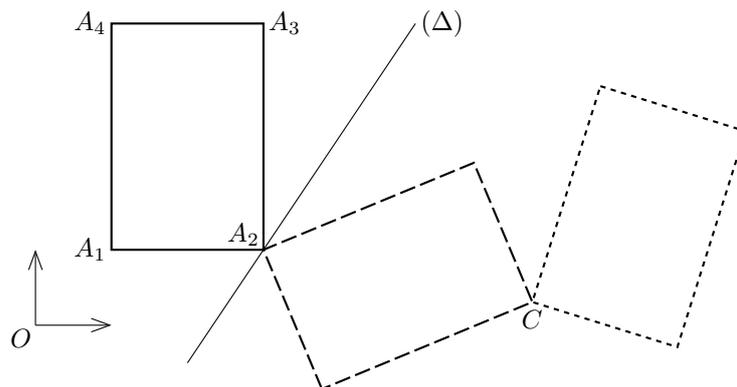


FIG. 2: Transformations.

L’unité est cette fois le cm. Tout comme un point, un vecteur porte un numéro. Les numéros des deux vecteurs de translation sont associés aux noms $\backslash VT_x$ et $\backslash VT_y$ ³. Les vecteurs sont ensuite définis par la macro $\backslash figvectC$ en donnant leurs composantes (ce que signifie C). L’intérêt de nommer un vecteur est de pouvoir le référencer dans la suite de façon plus pratique et lisible. Ceci est aussi valable pour des points.

Une fois les coordonnées du point 1 fixées, les trois autres sommets du rectangle (points 2, 3 et 4) sont construits à l’aide de ces translations (1 fois $\backslash VT_x$ et 1 fois

³La macro T_EX $\backslash def$ est utilisée ici, mais en L^AT_EX, on pourrait utiliser aussi $\backslash newcommand$.

`\VTy`) de sorte que les seules données réelles sont les coordonnées du point 1 et les dimensions du rectangle qui apparaissent dans la définition des vecteurs de translation.

Arrêtons-nous un instant sur l’instruction `\figptstra 3 = 2,1 /1, \VTy/`. Il s’agit d’une commande qui calcule plusieurs points, ce qui est signalé par `pts` dans son nom. Les antécédents sont pris dans l’ordre où ils apparaissent dans la liste d’appel. Les images portent automatiquement les numéros croissants à partir du numéro fourni (ici 3). Cette instruction calcule donc les images 3 et 4 des points 2 et 1 respectivement par la translation de vecteur 1 fois `\VTy`.

Dans l’étape 2, on commence par tracer un petit repère à l’origine dont les flèches sont de longueur 1 (cm). On choisit ensuite de tracer la droite (Δ) passant par le point 2 et parallèle à la diagonale définie par les points 1 et 3. Cette droite est définie par les points 5 et 6 et seul ce segment est tracé.

Jusqu’à présent les traits ont été tracés avec l’épaisseur par défaut. La commande `\figset (width=0.8)` augmente cette valeur à 0.8 bp. Dans ce contexte particulier, l’unité est toujours donnée implicitement en bp, "big point" ou point PostScript, dont la taille est très proche du pt de T_EX. Ce changement est actif jusqu’au prochain changement d’épaisseur éventuel. Ici, tous les traits suivants sont tracés avec cette épaisseur.

Après avoir tracé le rectangle initial, on calcule l’image de ses sommets par la symétrie axiale par rapport à la droite (Δ). Ceci est fait par l’instruction `\figptssym 11=1,2,3,4 /5,6/` qui se lit : calculer les points 11, 12, 13, 14, images respectives des points 1, 2, 3, 4 par la symétrie par rapport à la droite définie par les points 5 et 6. Le rectangle issu de cette symétrie est ensuite tracé après que le type de trait a été changé. Dix types de traits sont prédéfinis ; on peut aussi par la même syntaxe définir un autre motif de pointillé.

Enfin, ce rectangle subit une rotation d’angle -130 degrés autour de l’un de ses sommets, le point 14. Les trois autres sommets sont calculés à l’aide de la macro `\figptsrot` selon le même principe que précédemment pour la symétrie. Le rectangle final est tracé après un dernier changement de type de trait.

Dans l’étape 3, les légendes sont inscrites sur le dessin. Cet exemple apporte quelques nouveautés. On a vu que pour placer un texte par rapport à son point d’attache, on utilise une macro `\figwriteX` où X désigné un des quatre points cardinaux n, s, w, e. Les points cardinaux intermédiaires ne, nw, sw, se sont aussi disponibles. Il s’avère que ces huit directions sont parfois insuffisantes ; c’est pourquoi il existe d’autres macros qui permettent un positionnement très précis.

4.2 Enfin des courbes

L'outil fondamental pour tracer des courbes quelconques est la courbe de Bézier. Fig4T_EX procure une macro pour tracer une chaîne continue de N arcs de courbes de Bézier cubiques dont le prototype est :

```
\figdrawBezier N [Pt_1, ..., Pt_{3N+1}]
```

Le $k^{\text{ème}}$ arc est défini par les quatre points de contrôle $P_{3k-2}, P_{3k-1}, P_{3k}, P_{3k+1}$. Ainsi dans l'exemple suivant, une fois les points de contrôle fixés, le tracé de la courbe s'obtient par `\figdrawBezier 2 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]`. Il y a un raccord C^1 au point 4 du fait qu'il est le milieu du segment [3,5].

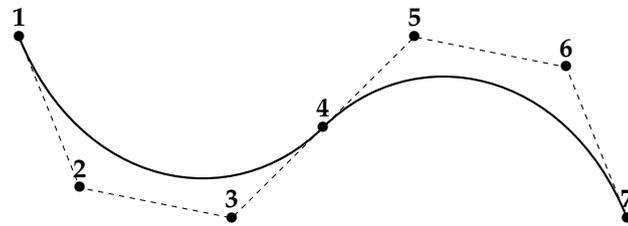


FIG. 3: Courbes de Bézier.

Il est souvent pratique de procéder par interpolation de points donnés. La macro

```
\figdrawcurve [Pt0,Pt1, ..., PtN,Pt_{N+1}]
```

réalise cela. L'exemple classique est celui du "domaine Ω ", dont la forme typique est le haricot sec, maintes et maintes fois dessiné par nombre d'orateurs! On montre sur la figure 4 un tel domaine Ω contenant un sous-domaine ω . Chaque domaine est dessiné par un appel à `\figdrawcurve`, une fois les points d'interpolation choisis (il y en a ici 7 pour chacune d'elles). La courbe obtenue est de classe C^1 par construction et il est possible d'influer sur sa forme par un paramètre de "tension". L'intérieur d'une courbe peut être colorié par une couleur de son choix ou un gris (ceci est vrai aussi pour une ligne polygonale). Cela s'obtient en écrivant `\figset (fillmode=yes,color=0.6)`, en l'occurrence dans cet exemple, juste avant l'instruction `\figdrawcurve` (ou tout autre commande de tracé). Enfin, il est aisé d'adjoindre à un domaine une normale extérieure en un point quelconque de son contour.

Les macros précédentes permettent de réaliser des formes libres. On est aussi souvent amené à dessiner des formes prescrites comme des ellipses ou des cercles.

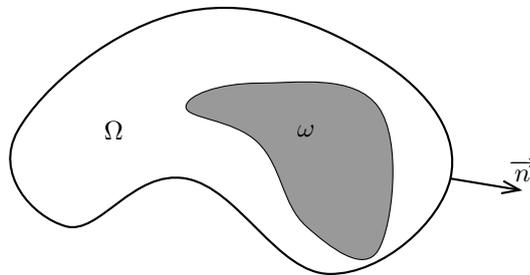


FIG. 4: Un domaine Ω et un sous-domaine ω .

L'exemple du porisme de Steiner fait intervenir des cercles. Il n'est pas spécialement intéressant à ce titre, mais plutôt en ce qu'il "oblige" à établir une véritable construction géométrique permettant son illustration. Le but est de tracer les cercles de droite. Ils sont les images des cercles de gauche par une inversion de centre Ω . Les cercles de gauche sont régulièrement répartis et sont donc plus aisés à obtenir. En plus de transformations déjà évoquées, la procédure mise en œuvre ici utilise la macro `\figptsinterlinell` qui calcule les points d'intersection d'une droite et d'une ellipse. Chaque cercle est tracé par appel à la macro dédiée `\figdrawcirc` qui prend pour données le centre et le rayon du cercle.

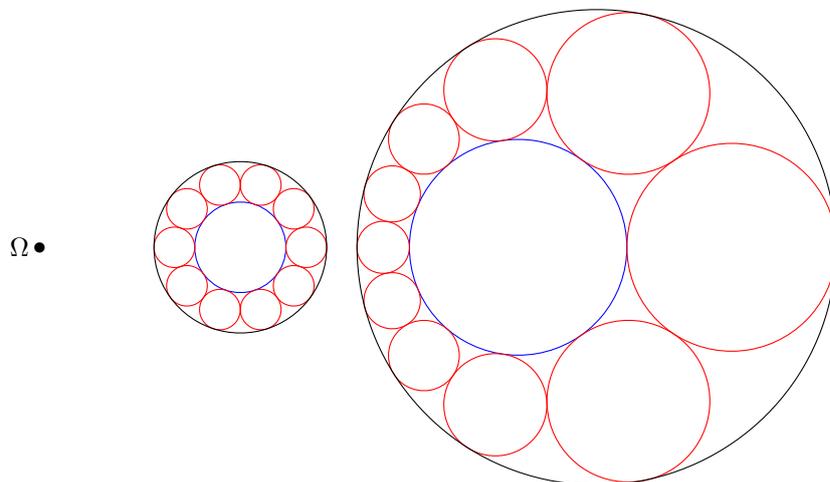


FIG. 5: Porisme de Steiner.

4.3 La troisième dimension

Un certain nombre de macros sont utilisables en dimension 3 avec la même syntaxe qu’en dimension 2. Pour certaines autres, il suffit d’ajouter un paramètre qui est soit un point, soit un vecteur. Enfin quelques macros sont spécifiques à une dimension donnée. La troisième coordonnée d’un point est 0 si elle est omise.

La procédure générale de création d’un dessin est identique en 2D et en 3D. Cependant, il faut spécifier que l’on souhaite travailler en 3D en ajoutant un argument à `\figinit` : on écrit alors par exemple `\figinit{pt, X}`, où `X` définit la projection à utiliser et a pour valeur `cavalier`, `orthogonal` ou `realistic`. Comme pour tous les réglages, les paramètres de la projection choisie sont modifiables à l’aide de la macro `\figset`.

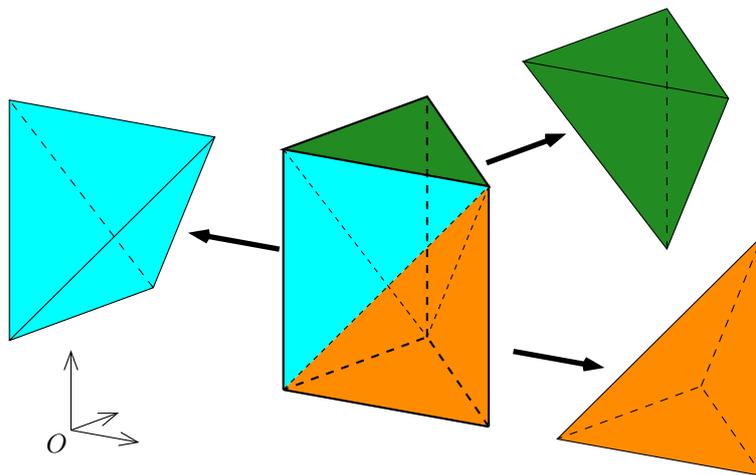


FIG. 6: Décomposition d’un prisme en tétraèdres.

Il y a six façons de décomposer un prisme en tétraèdres. L’exemple de la figure 6 présente l’une d’entre elles. La projection orthogonale a été sélectionnée en écrivant `\figinit{cm, ortho}`. Les trois sommets de la base du prisme une fois définis ont été translatés par la commande `\figptstra 4=1,2,3/1,100/`, où 100 est le vecteur de translation défini par ses trois composantes à l’aide de la macro déjà rencontrée en 2D : `\figvectC 100(0,0,3)`.

La direction d’observation a été fixée par la commande

```
\figset proj(longitude=-55, latitude=15)
```

où les angles sont donnés en degrés. Cette commande doit naturellement être exécutée avant de commencer l’étape 2.

Les inscriptions sur le dessin se font selon le même principe qu'en 2D, c'est à dire en utilisant le repérage par points cardinaux, mais cette fois autour de la projection du point d'attache du texte.

4.4 Et plus encore...

Il n'est pas question de faire ici une revue exhaustive de toutes les fonctionnalités du système. On aurait pu s'attarder sur les diagrammes, les flèches courbes, les macros spécifiques au triangle ou aux courbes de Bézier, le calcul de distances ou d'angles, les outils de projection en 2D et 3D ou de calcul d'intersections. Seuls certains réglages d'attributs graphiques et non graphiques ont été rencontrés au fil des exemples. Les macros d'écriture spécialisées n'ont été qu'évoquées. Il existe aussi des macros d'aide à la réalisation d'une figure, notamment `\figshowpts` et `\figshowsettings`.

Mieux qu'une telle énumération, l'échantillon d'exemples qui suit, donnés sans commentaire technique, devrait témoigner du spectre des possibilités accessibles avec FigT_EX.

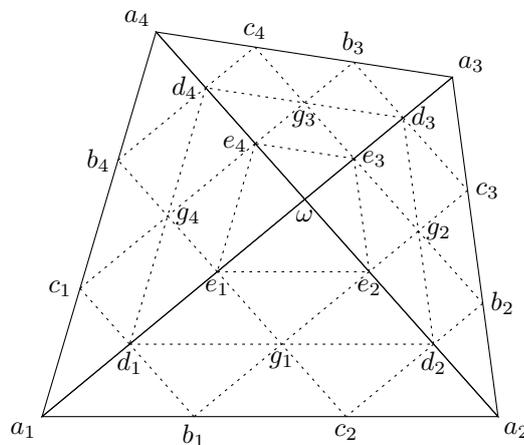


FIG. 7: Élément FVS.

La figure 7 représente le réseau Bézier associé à l'élément composite de Fraeijs de Veubeke et Sanders. Le quadrilatère est divisé en quatre triangles sur chacun desquels l'interpolant est un polynôme de degré 3 défini par 10 des coefficients $\{\omega, a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, g_i, i = 1, 2, 3, 4\}$ conformément aux inscriptions faites sur la figure.

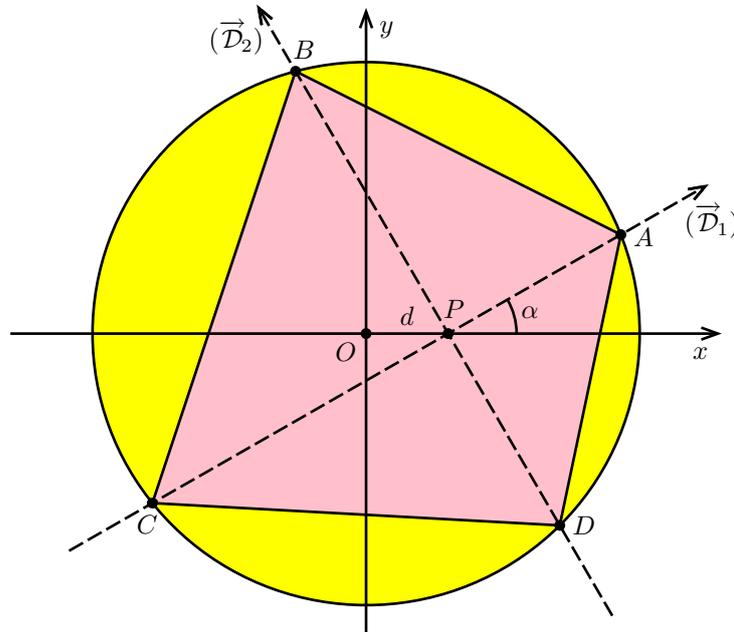


FIG. 10: Problème du Monde 741.

Les figures 8, 9 et 10 illustrent des propriétés géométriques variées relatives à des contextes spécifiques.

Les deux exemples suivants sont réalisés en dimension 3. Dans les deux cas, la projection "réaliste" a été choisie.

La figure 11 montre le calcul du centre O de la sphère circonscrite au tétraèdre $ABCD$. Le point Ω_c est le centre du cercle circonscrit au triangle BCD qui définit le plan P . Le point O cherché est obtenu par intersection de la droite orthogonale au plan P passant par Ω_c et du plan Q médiateur du segment $[A, B]$.

La figure 12 est censé représenter le schéma d'un dispositif optique. Le point P_i est le point d'impact sur un écran vertical dans la direction α issue de la source S .

5 Conclusion

Fig4T_EX est un ensemble de macros conçues pour *créer* une figure dans un environnement T_EX et pour *écrire* dessus. Ses principales caractéristiques sont :

- Toute l'information pertinente est localisée en un seul endroit, le document T_EX en cours de composition, ce qui simplifie la tâche de l'utilisateur.

Réaliser des figures en T_EX

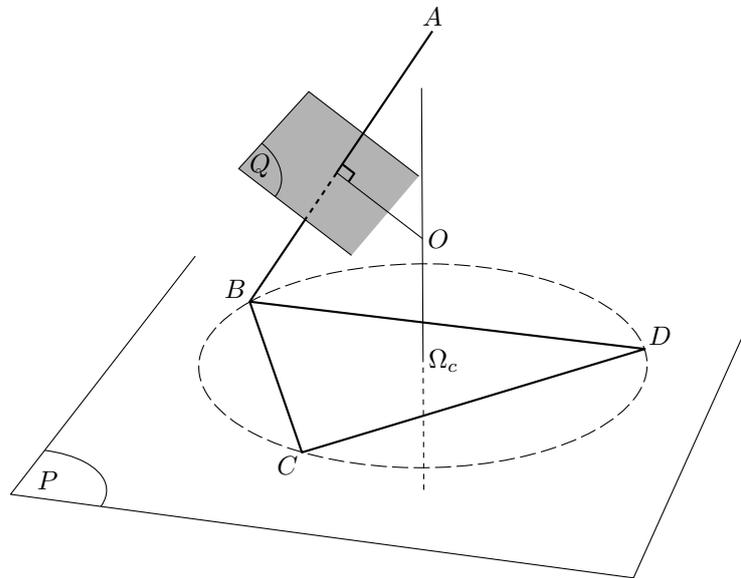


FIG. 11: Centre de la sphère circonscrite à $ABCD$.

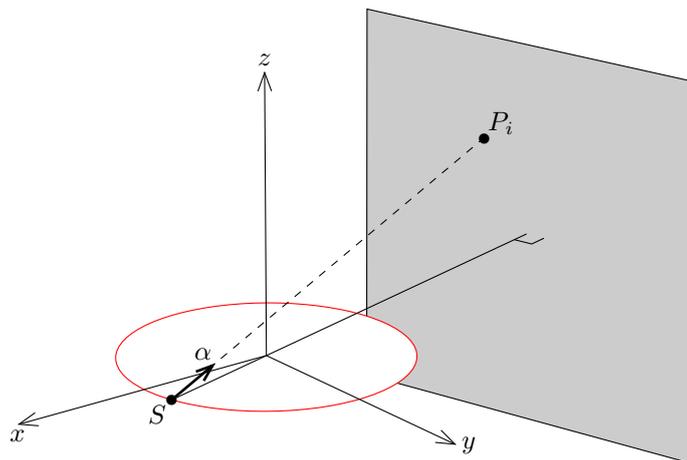
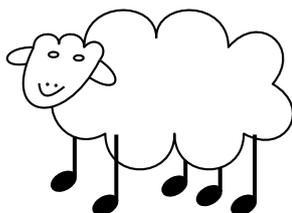


FIG. 12: Dispositif optique.

- Chaque figure est gérée par T_EX par l'intermédiaire d'une boîte, l'outil fondamental de T_EX, dont les dimensions dépendent automatiquement du dessin et de sa légende éventuelle ; la prise en compte d'une figure s'inscrit donc dans le processus normal de composition du document.
- Fig4T_EX s'adapte automatiquement au mode de composition du document sélectionné par l'utilisateur (mode DVI, compilation par `tex` ou `latex`, ou bien mode PDF, compilation par `pdftex` ou `pdflatex`).
- Les macros de Fig4T_EX sont conçues d'un point de vue géométrique ; une grande variété de constructions géométriques peuvent être réalisées de façon aisée et naturelle à partir de points, de vecteurs et de transformations géométriques. Si ces outils sont utilisés de manière raisonnée, la figure obtenue peut être modifiée en changeant seulement une donnée amont dans le processus de construction, par exemple une coordonnée de point ou la direction d'un vecteur.
- La position de chaque légende inscrite sur le dessin est *liée* à la géométrie. La *même* description géométrique est utilisée à la fois pour tracer la figure et pour positionner la légende. En conséquence, chaque inscription "suit" le dessin si celui-ci est modifié.
- Les constructions géométriques peuvent être réalisées en 2 ou en 3 dimensions ; en 3D, la figure finale est le résultat d'une projection dont la nature et la direction sont paramétrables par l'utilisateur.
- Fig4T_EX est disponible sur le site Web
<http://perso.univ-rennes1.fr/yvon.lafranche/fig4tex>
sur lequel on trouve notamment une documentation au format PDF, un manuel de référence en ligne, un guide d'initiation et des exemples.

"Dessine-moi un mouton !", demande l'enfant à l'aviateur isolé. De tout temps et en toute circonstance, les hommes ont cherché à dessiner pour représenter leur environnement et leurs pensées, et plus généralement pour communiquer entre eux. L'écriture elle-même, de quelque époque ou quelque origine qu'elle soit, est une forme de dessin. Joindre un dessin à un texte pour sa valeur explicative est souvent nécessaire, en particulier dans le domaine scientifique. Fig4T_EX n'existe que pour satisfaire cet objectif. A chacun de juger, en fonction de ses propres besoins, de son utilité.



PRIX DES PUBLICITÉS ET ENCARTS DANS MATAPLI POUR 2011

- 150 € pour une demi-page
- 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

La Table de Peutinger

par Claude Brezinski¹

Cholesky a inventé sa méthode de résolution des systèmes d'équations linéaires à l'occasion de ses travaux de topographie comme officier du Service géographique de l'armée. Après m'être intéressé à lui (voir, par exemple, [3, 1]), je me suis tourné vers l'histoire de la géodésie, de la topographie et de la cartographie [2]. Et c'est comme cela que j'ai fait connaissance de la *Table de Peutinger*.

Il s'agit d'une carte, si l'on peut l'appeler ainsi, qui se présente sous la forme d'un rouleau de 6,745 m de long et 34 cm de large et est composée de onze feuilles de parchemin collées ensemble. Elle figure l'Empire Romain de la Grande-Bretagne jusqu'à l'embouchure du Gange. On y trouve les villes, les mers, les fleuves et les rivières, les forêts et les montagnes. On aura compris, d'après ses dimensions, que les échelles horizontales et verticales n'y sont pas respectées. Des pays contigus ne le sont plus et tout est très aplati. On peut la consulter sur le site http://www.hs-augsburg.de/~harsch/Chronologia/Lspost03/Tabula/tab_pe00.html.

La Table n'est pas destinée à décrire correctement les territoires couverts. On peut la comprendre comme une sorte d'itinéraire routier et fluvial, le but recherché pouvant être uniquement de guider les voyageurs. En effet, chaque station est indiquée par un coude et porte un chiffre qui donne la longueur, plus ou moins correcte, de l'étape, soit un total d'environ 200.000 km de routes ! Pas moins de 555 villes et 3.500 autres lieux sont répertoriés, souvent illustrés par un petit croquis.

On peut dater la carte du douzième ou du treizième siècle, certains historiens l'attribuant à un moine de Colmar qui l'aurait exécutée en 1265. Elle fut retrouvée à Worms, en Allemagne, à la fin du XV^e siècle par Konrad Bickel, ou Celtes (1549 – 1508), bibliothécaire de l'Empereur Maximilien I^{er} d'Autriche. Il la légua par testament à Konrad Peutinger (Augsbourg, 14 octobre 1465 – Augsbourg, 28 décembre 1547), un humaniste d'Augsbourg, avec obligation de la publier. Mais celui-ci ne put mener le projet à bien et ce ne fut que quelques années après

¹Laboratoire Paul Painlevé, UMR CNRS 8524, UFR de Mathématiques Pures et Appliquées, Université des Sciences et Technologies de Lille, 59655-Villeneuve d'Ascq cedex, France, E-mail : Claude.Brezinski@univ-lille1.fr.

La table de Peutinger

que l’un de ses parents éloignés retrouva la carte et la publia. Elle fut finalement achetée par le Prince Eugène de Savoie-Carignan (1663–1736) et entra dans les collections de la Bibliothèque nationale autrichienne, à Vienne, où elle se trouve toujours.

D’après certains historiens, il pourrait s’agir d’une copie d’un original beaucoup plus ancien, peut-être réalisé vers 365 par Castorius, géographe et philosophe romain, après le règne de Constantin mais avant celui de Théodose Ier. La carte mentionne, en effet, Constantinople, fondée en 328. Mais on y trouve également Pompéi, détruite lors de l’éruption du Vésuve en 79, et des villes de Germanie inférieure qui ont disparu au début du cinquième siècle. Le cartographe a utilisé des sources de la première moitié du premier siècle puisque le royaume alpin d’un certain Cottius est mentionné, alors qu’il cessa d’être indépendant en 63. Par contre, la *via Æmilia Scauri* construite en 109 av. J.-C. n’y figure pas. Aucune route n’est indiquée non plus entre Pise et Luni, alors que l’on trouve bien les *Fossae Papirianae*, marais situés près de l’actuelle *Versilia*, dénommés *Fossis Papirianis*.

On s’interroge aussi sur la forme inhabituelle du document qui ressemble à celle d’un rouleau de papyrus. Il pourrait donc s’agir d’une copie d’une tapisserie ou d’une peinture murale, peut-être identique à la carte dressée par Marcus Vipsanius Agrippa (ca. 63 av. J.-C. – Capua, 12 mars 12 av. J.-C.), ami personnel de l’empereur Auguste. Après sa mort, la carte fut sculptée dans le marbre et installée dans le *Porticus Vipsania*, près de l’Autel de la paix au Champ de Mars à Rome, le long de la *Via Flaminia* (mais son emplacement est incertain). Son existence est connue d’après l’*Histoire naturelle* de Pline l’Ancien. Si cette carte était destinée, dès sa conception, à être placée sous cette colonnade beaucoup plus longue que haute, c’était une nécessité architecturale de l’étirer dans le sens de la longueur et de l’aplatir dans celui de la hauteur.

L’hypothèse retenue par Richard J.A. Talbert, Professeur à l’University of North Carolina at Chapel Hill, dans un savant ouvrage récent [4] est que le but de la Table n’était nullement d’assister les voyageurs, mais plutôt de célébrer la restauration de la paix et de l’ordre due à la tétrarchie, système de gouvernement de l’Empire romain mis en place par Dioclétien à la fin du IIIe siècle pour faire face aux invasions barbares. Cependant, toujours d’après Talbert, la Table de Peutinger eut une influence majeure sur le développement de la cartographie médiévale. C’est l’histoire fascinante de cette Table qui est magistralement racontée dans ce livre.

Références

- [1] C. Brezinski, La méthode de Cholesky, *Rev. Hist. Math.*, 11 (2005) 205–238.
- [2] C. Brezinski, *Les images de la Terre. Cosmographie, géodésie, topographie et cartographie à travers les siècles*, Éditions L’Harmattan, Paris, 2010.
- [3] C. Brezinski, M. Gross–Cholesky, La vie et les travaux d’André Cholesky, *Bull. Soc. Amis Bib. Éc. Polytech.*, 39 (2005) 7–32.
- [4] R.J.A. Talbert, *Rome’s World. The Peutinger map reconsidered*, Cambridge University Press, Cambridge, 2010.

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES POUR LE MASTER/SMAI

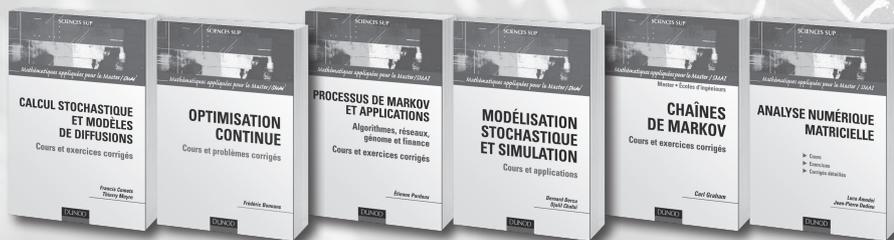
Les ouvrages de la série « Mathématiques appliquées pour le Master/SMAI » s'adressent aux étudiants en Master ou en écoles d'ingénieurs.

Adaptés aux nouveaux cursus LMD, ils répondent à une double exigence de qualité scientifique et pédagogique.

La SMAI assure la direction éditoriale grâce à un comité renouvelé périodiquement, et largement représentatif des différents thèmes des mathématiques appliquées. Son ambition est de constituer un ensemble d'ouvrages d'enseignement de référence.

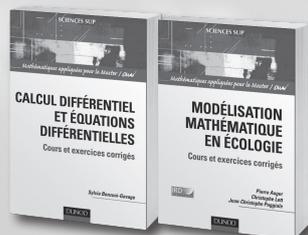
Déjà parus :

- **CALCUL STOCHASTIQUE ET MODÈLES DE DIFFUSIONS**
Francis Comets, Thierry Meyre
- **OPTIMISATION CONTINUE**
Frédéric Bonnans
- **PROCESSUS DE MARKOV ET APPLICATIONS**
Étienne Pardoux
- **MODÉLISATION STOCHASTIQUE ET SIMULATION**
Bernard Bercu, Djallil Chafaï
- **CHAÎNES DE MARKOV**
Carl Graham
- **ANALYSE NUMÉRIQUE MATRICIELLE**
Luca Amodei, Jean-Pierre Dedieu



À paraître en 2010 :

- **CALCUL DIFFÉRENTIEL ET ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES**
Sylvie Benzoni-Gavage
- **MODÉLISATION MATHÉMATIQUE EN ÉCOLOGIE**
Pierre Auger, Christophe Lett, Jean-Christophe Poggiale



www.dunod.com



EDP structurées en âge et équations à retard : Deux exemples d'applications en biologie

par Fabien Crauste

Université de Lyon 1 - UMR CNRS 5208
Institut Camille Jordan, 43 bd du 11 novembre 1918,
F-69622 Villeurbanne cedex, France.
Equipe-projet INRIA Dracula.

Résumé

Le but de cet article est de présenter des travaux de modélisation mathématique en biologie réalisés à l'Institut Camille Jordan (UMR 5208), en collaboration avec les membres de l'équipe INRIA Dracula et des biologistes lyonnais : Olivier Gandrillon (CG φ MC UMR 5534), Jacqueline Marvel (U851 INSERM), et les membres de leurs équipes. Il s'agit de deux modèles à base d'équations aux dérivées partielles structurées en âge décrivant, respectivement, la production de globules rouges suite à une anémie sévère [11] et une réponse immunitaire de type CD8 à un pathogène [24].

1 Modèles structurés en âge et équations à retard

De nombreux processus biologiques peuvent être décrits par une ou des équations aux dérivées partielles. La variable spatiale "classique", généralement utilisée pour structurer ces équations, peut cependant être remplacée par une variable plus adaptée au problème (qui n'est pas toujours un problème spatial) : une variable de taille par exemple, lors de la modélisation de la croissance d'une espèce, une variable de maturité pour certains problèmes de différenciation cellulaire, ou encore une variable d'âge pour décrire le temps passé dans un compartiment donné. C'est cette dernière variable qui nous intéresse particulièrement ici [2, 3, 9, 10, 18].

Les problèmes auxquels nous allons essayer d'apporter des solutions, ou tout du moins des réponses, nécessitent la description du comportement d'une population de cellules. L'élément de base de l'évolution dynamique de cette population est le cycle cellulaire : un ensemble de processus internes à la cellule qui aboutissent à une division, donc à la production de deux cellules en lieu et place d'une seule, mais également qui permettent l'acquisition de nouvelles fonctionnalités cellulaires. Le cycle cellulaire est un événement temporel, qui s'inscrit dans le

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d’applications en biologie

cycle de vie d’une cellule. L’ensemble des processus menant à la division cellulaire est très variable (d’une cellule à une autre, d’un individu à un autre), et l’environnement peut influencer fortement leur réalisation (pour raccourcir ou allonger des durées de cycles cellulaires), mais dans tous les cas, chaque cellule, individuellement, a besoin d’un certain temps, à partir de son activation, ou engagement dans le cycle, pour réaliser une division. Une variable d’âge, traditionnellement dénotée a , permet de prendre en compte, dans un modèle continu, les durées de cycles cellulaires. Selon l’information disponible, cette variable peut évoluer dans $[0, +\infty)$ ou bien dans un intervalle fermé $[0, A]$, $A > 0$ [2, 9, 10, 18]. La description de la dynamique d’une population de cellules nécessite la prise en compte des processus rythmant la vie d’une cellule. Ils sont au nombre de trois : la prolifération, qui permet à une cellule de produire de nouvelles cellules par division ; la mort par apoptose, qui assure l’élimination des cellules déficientes et a lieu généralement durant le cycle cellulaire ; et la différenciation, qui aboutit à la production de cellules filles dites différenciées, c’est-à-dire ayant acquis des propriétés spécifiques que ne possédait pas la cellule mère. Prolifération et différenciation sont très liées, et leurs définitions respectives peuvent souvent prêter à confusion. Les deux processus sont liés à la division cellulaire, mais leurs mécanismes sont différents : le processus de différenciation agit sur les caractéristiques d’une cellule (acquisition de marqueurs) tandis que le processus de prolifération agit sur la dynamique de la cellule (production de nouvelles cellules). Lorsque la population de cellules est caractérisée seulement par une variable d’âge, il est facile de confondre ces deux processus.

Considérons une population de cellules — d’un type non précisé — et notons $u(t, a)$ la densité, ou le nombre, de cellules d’âge $a \in [0, A]$ à l’instant $t > 0$. L’hypothèse d’un âge borné supérieurement est adaptée à une population de cellules proliférante car ces cellules sont programmées pour se diviser en temps fini si elle ne sont pas, auparavant, éliminées par apoptose. Cette population est caractérisée par un taux de prolifération $\pi(t, a)$, un taux d’apoptose $\alpha(t, a)$, et un taux de différenciation $\delta(t, a)$, définis pour $(t, a) \in [0, +\infty) \times [0, A]$. Ces fonctions sont supposées suffisamment régulières, π et α sont des fonctions bornées, et δ vérifie

$$\lim_{a \rightarrow A} \delta(\cdot, a) = +\infty.$$

Cette hypothèse décrit le fait qu’une fois atteint un âge $a = A$, les cellules qui ne sont pas mortes (par apoptose) ou qui ne se sont pas divisées (prolifération) se différencient. La dynamique de la population de cellules peut alors être décrite

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d’applications en biologie

par l’équation de transport [21]

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t}(t, a) + \frac{\partial}{\partial a}[v(t, a)u(t, a)] &= [\pi(t, a) - \alpha(t, a) - \delta(t, a)] u(t, a), \\ u(t, 0) &= F(U(t)), \\ u(0, a) &= u_0(a), \end{cases} \quad (1)$$

où $u_0 \in L^1(0, A)$ est la population initiale de cellules, vérifiant $\lim_{a \rightarrow A} u_0(a) = 0$, $U(t)$ est la population totale de cellules à l’instant t , définie par

$$U(t) := \int_0^A u(t, a) da, \quad t \geq 0,$$

et le vieillissement de la population s’effectue avec une vitesse $v(t, a)$ supposée strictement positive. La condition au bord indique que la production de nouvelles cellules (d’âge $a = 0$) est conditionnée par le nombre de cellules présentes à l’instant t . La fonction F n’est pas précisée ici, elle dépend des processus et populations étudiés, ainsi par exemple que des différents taux (voir les exemples en Sections 3 et 4).

Dans la suite nous considérerons un cas particulier largement répandu, où la vitesse de vieillissement v ne dépend ni du temps t ni de l’âge a , et vérifie

$$v(t, a) = 1, \quad \forall (t, a) \in [0, +\infty) \times [0, A).$$

Cette situation correspond à une définition classique de l’âge, dans laquelle chaque seconde une cellule vieillit d’une seconde. Une différence fondamentale entre l’âge et le temps reste toutefois que l’âge d’une cellule peut être différent du temps d’observation de la population. Par exemple, sous certaines hypothèses, une cellule qui vient d’être produite par division peut posséder un âge $a = 0$, quel que soit le temps t de la division.

Nous supposons également que les taux de prolifération π et d’apoptose α sont constants, et que le taux de différenciation δ ne dépend que de l’âge a , $\delta = \delta(a)$. Bien que l’étude mathématique du système (1) soit possible avec des taux très généraux, nous présentons ici un cas simple (plus complexe dans les exemples). L’absence de données biologiques relatives à ces dépendances justifie au cas par cas de ne pas tenir compte de certaines dépendances (dans les exemples traités en Sections 3 et 4 ces taux dépendent de la variable $U(t)$). Nous considérerons donc le système

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t}(t, a) + \frac{\partial u}{\partial a}(t, a) &= [\pi - \alpha - \delta(a)] u(t, a), \\ u(t, 0) &= F(U(t)), \\ u(0, a) &= u_0(a). \end{cases} \quad (2)$$

Il s’agit du modèle classique de McKendrick-Von Foerster [21] quand $\pi = \alpha$.

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d'applications en biologie

Avant de nous intéresser à deux cas particuliers correspondant à deux processus biologiques, nous réduisons le système (2) à une équation différentielle à retard. Une telle modification du système initial peut avoir plusieurs raisons ; ici nous retiendrons que pour les problèmes biologiques considérés les données expérimentales ne concernent généralement que des cinétiques de populations, sans distinction de l'âge des cellules. Il est donc appréciable de travailler directement sur les quantités mesurées expérimentalement [3, 9, 16, 17], même si la structuration en âge est essentielle à la bonne description de la dynamique de la population.

Intégrons le système (2) sur la variable a [25], en utilisant la condition au bord. On obtient

$$\begin{cases} \frac{dU}{dt}(t) + \lim_{a \rightarrow A} u(t, a) - F(U(t)) = [\pi - \alpha]U(t) - \int_0^A \delta(a)u(t, a)da, \\ U(0) = \int_0^A u_0(a)da. \end{cases} \quad (3)$$

Les courbes caractéristiques du problème (2) sont des droites, définies par

$$a(t) = t + a_0, \quad a_0 \in \mathbb{R}.$$

En posant $x(t) := u(t, t + t_0)$, avec $t_0 := \max\{0, -a_0\}$, on obtient

$$x(t) = x(t_0) \exp\left((\pi - \alpha)(t - t_0) - \int_{t_0}^t \delta(\theta + a_0)d\theta\right), \quad t \geq t_0.$$

On obtient ainsi une expression de $u(t, a)$ selon que $t < a$ ou $t \geq a$,

$$u(t, a) = \begin{cases} u_0(a - t) \exp\left((\pi - \alpha)t - \int_{a-t}^a \delta(\theta)d\theta\right), & \text{si } t < a, \\ F(U(t - a)) \exp\left((\pi - \alpha)a - \int_0^a \delta(\theta)d\theta\right), & \text{si } t \geq a. \end{cases}$$

On en déduit $\lim_{a \rightarrow A} u(t, a) = 0$ pour tout $t \geq 0$ et

$$\int_0^A \delta(a)u(t, a)da = \begin{cases} \int_t^A u_0(a - t)\chi(a, t) \exp((\pi - \alpha)t) da \\ + \int_0^t F(U(t - a))\chi(a) \exp((\pi - \alpha)a) da, & \text{si } t < A, \\ \int_0^A F(U(t - a))\chi(a) \exp((\pi - \alpha)a) da, & \text{si } t \geq A, \end{cases}$$

où

$$\chi(a, t) := \begin{cases} \delta(a) \exp\left(-\int_{a-t}^a \delta(\theta)d\theta\right), & \text{si } t < a, \\ \delta(a) \exp\left(-\int_0^a \delta(\theta)d\theta\right), & \text{si } t \geq a. \end{cases} \quad (4)$$

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d’applications en biologie

Par abus de notation, dans le cas $t \geq a$ nous ne mentionnons pas la dépendance de χ en la variable t et écrivons simplement $\chi(a)$. L’application $a \mapsto \chi(a)$ est une densité de probabilité.

Ainsi, le problème (3) s’écrit finalement

$$\frac{dU}{dt}(t) = [\pi - \alpha]U(t) + F(U(t)) - \int_0^A F(U(t-a))\chi(a)e^{(\pi-\alpha)a}da, \quad (5)$$

pour $t \geq A$,

$$\begin{aligned} \frac{dU}{dt}(t) = & [\pi - \alpha]U(t) + F(U(t)) - \left(\int_t^A u_0(a-t)\chi(a,t)da \right) e^{(\pi-\alpha)t} \\ & - \int_0^t F(U(t-a))\chi(a) \exp((\pi - \alpha)a) da, \end{aligned} \quad (6)$$

pour $t \in (0, A)$, et

$$U(0) = \int_0^A u_0(a)da. \quad (7)$$

L’équation (5) est une équation différentielle non-linéaire à retard [13, 16], le retard décrivant le temps nécessaire à la différenciation et la division d’une cellule. Ce retard est distribué selon une densité de probabilité χ . Il est alors équivalent de résoudre le système (2) ou l’équation (5) munie des conditions initiales (6)–(7). On peut noter, toutefois, que les équations (6) et (7) forment un sous-ensemble de conditions initiales de l’équation (5) (une condition initiale de (5) étant une fonction définie sur l’intervalle $[0, A]$), et donc que l’équation à retard seule n’est pas totalement équivalente à l’équation de transport structurée en âge initiale.

La théorie des équations à retard [13, 16] permet d’établir facilement l’existence et l’unicité de solutions au problème (5) sous des hypothèses peu contraignantes sur la non-linéarité F . De plus, l’étude de la stabilité des équations à retard a permis d’obtenir de nombreux critères pour établir stabilité asymptotique et instabilité d’états d’équilibre [16]. Il est alors pertinent, d’un point de vue biologique mais également mathématique, de s’intéresser à l’équation (5) en lieu et place du système (2).

Nous présentons dans la suite deux problèmes de biologie modélisés par des équations aux dérivées partielles structurées en âge, que nous réduisons à des équations à retard afin d’obtenir des propriétés de stabilité pour les populations totales de cellules.

2 Erythropoïèse et réponse immunitaire, deux processus biologiques complexes relativement proches

Nous présentons dans cette section les deux processus biologiques qui seront modélisés aux paragraphes 3 et 4. Il s’agit de l’érythropoïèse de stress et de la réponse immunitaire de type CD8. Ces deux processus présentent, à l’échelle à laquelle on les modélise, des similitudes fortes (systèmes fortement régulés, populations de cellules proliférantes, différenciation en plusieurs types cellulaires) et peuvent être approchés sous le même angle de modélisation. En particulier, nous nous intéresserons à la description de deux phénomènes pouvant être assimilés à des perturbations d’un état d’équilibre initial, qui correspondent à des situations biologiques précises (anémie sévère dans un cas, réponse immunitaire aiguë à un pathogène dans l’autre) et sont adaptées à une étude mathématique.

2.1 L’érythropoïèse

L’ensemble des processus régulant la production des globules rouges est appelé érythropoïèse. Il s’agit d’un sous-processus de l’hématopoïèse, le processus de production des cellules du sang. Les globules rouges, ou érythrocytes, sont produits dans la moelle osseuse des os longs, par différenciation de cellules hématopoïétiques immatures, appelées progéniteurs érythrocytaires. Ces cellules, contrairement aux cellules souches qui sont à la base de la production de toutes les cellules du sang, ne peuvent se différencier qu’en globules rouges. Il s’agit de cellules engagées dans la lignée érythroïde, et cet engagement est *a priori* irréversible. Les progéniteurs érythrocytaires prolifèrent et se divisent afin de produire des cellules dites précurseurs, dernier stade de différenciation avant le globule rouge. Les précurseurs érythrocytaires, aussi appelés réticulocytes, éjectent par la suite leur noyau et entrent dans la circulation sanguine afin de devenir des érythrocytes fonctionnels, c’est-à-dire capables d’apporter l’oxygène aux tissus et organes.

Comme tous les processus de différenciation cellulaire impliqués dans l’hématopoïèse, l’érythropoïèse est hautement régulée. Le rétro-contrôle négatif réalisé par l’érythropoïétine (Epo), dont le mécanisme d’action a été précisé en 1990 [15], est le plus connu. L’Epo, un facteur de croissance libéré dans le sang par les reins lors d’une hypoxie (manque d’oxygène), se fixe sur les progéniteurs érythrocytaires et inhibe leur apoptose. Moins de progéniteurs meurent et ainsi plus de globules rouges sont produits, et l’hypoxie diminue. En plus de ce puissant rétro-contrôle, une capacité à s’auto-renouveler a été plus récemment identifiée chez les progéniteurs érythrocytaires [8, 12]. L’auto-renouvellement est une propriété

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d’applications en biologie

habituellement associée aux cellules souches (des cellules plus immatures que les progéniteurs) qui permet à une cellule de produire, par division, une cellule qui lui est identique, au sens où elle n’a pas acquis de marqueur de différenciation. L’auto-renouvellement des progéniteurs érythrocytaires, obtenu par l’action de glucocorticoïdes (d’autres facteurs de croissance), modifie la perception usuelle de l’érythropoïèse. En effet, comment peut-on envisager qu’un organisme réagisse face à un manque de globules rouges (par exemple, lors d’une anémie ou d’un saignement) ? La vision classique de l’érythropoïèse envisage la libération d’Epo, le blocage de l’apoptose des progéniteurs érythrocytaires, et la production d’un grand nombre de globules rouges. Ce mécanisme suppose une production habituellement très élevée de progéniteurs qui sont majoritairement éliminés par apoptose mais servent de réserve. L’auto-renouvellement des progéniteurs permet à l’organisme de produire des progéniteurs érythrocytaires dans une situation de stress ce qui, en plus de l’action inhibitrice d’apoptose de l’Epo, ne nécessite pas une production usuelle de larges quantités de progéniteurs destinés à mourir.

Le bon fonctionnement de l’érythropoïèse, sensé assurer l’homéostasie et être capable de réagir rapidement à une situation de stress, est nécessaire lors de pathologies (telles que des leucémies, des anémies chroniques, ...) mais encore plus pour répondre à des “perturbations” locales et rares, comme une anémie (suite à une blessure ou une infection). Nous nous intéressons à une érythropoïèse de stress, caractérisée par une réponse à une anémie induite chez un animal. Cela consiste à injecter une substance, la phenylhydrazine, qui détruit les membranes des globules rouges. Une anémie sévère s’en suit (chute de l’hématocrite de 30%), à laquelle l’organisme doit réagir très rapidement (quelques heures) afin d’assurer la survie de l’individu (cf. Figure 1). Pour cela, les mécanismes de contrôle de l’érythropoïèse sont mis en jeu, et peuvent être étudiés mathématiquement.

2.2 La réponse immunitaire

La réponse immunitaire de type CD8 est un des mécanismes de la réponse immunitaire spécifique mis en place par un organisme pour lutter contre une infection, par exemple virale. Cette réponse implique des lymphocytes dits CD8 (il s’agit de leur marqueur de surface), spécialisés dans l’élimination de pathogènes intracellulaires par une action cytotoxique visant à détruire les cellules infectées (la réponse au virus de la grippe est une réponse CD8 par exemple). Les lymphocytes sont des globules blancs, et sont donc produits, comme les globules rouges, au cours de l’hématopoïèse. Les globules blancs immatures migrent cependant très tôt dans le thymus, où se termine la production des cellules du système im-

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d’applications en biologie

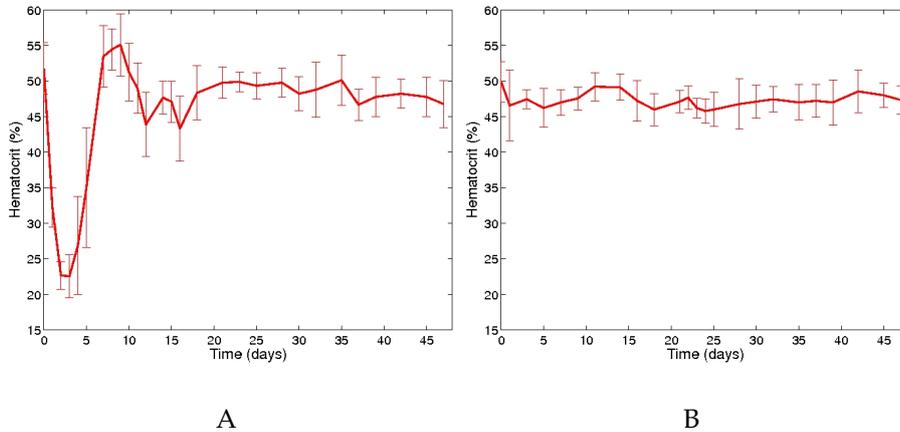


FIG. 1: L’hématocrite moyen de 2 lots de souris adultes Hsd-ICR, mesuré sur une période de 48 jours, l’écart-type est indiqué de part et d’autre de la moyenne. A : Hématocrite du lot de souris anémié par injection de phénylhydrazine aux jours 0 et 1. B : Hématocrite du lot de contrôle (non anémié). D’après [11], reproduit avec l’autorisation d’Elsevier.

munitaire. Lors d’une infection, certaines cellules vont venir présenter l’antigène du pathogène infectieux (un marqueur du pathogène) aux lymphocytes CD8, ce qui va les activer [6, 19].

Avant l’activation par une APC (Antigen-Presenting Cell), un lymphocyte CD8 est dit naïf. C’est une cellule quiescente, en attente d’un signal d’activation. Une fois activé, le lymphocyte CD8 devient effecteur, c’est-à-dire qu’il acquiert des capacités de reconnaissance de l’antigène (il devient antigène-spécifique) et peut éliminer les cellules infectées par le pathogène [4, 6, 19] (Figure 2). L’intérêt fondamental de la réponse immunitaire spécifique, au contraire de la réponse innée, est la génération de cellules mémoires. Ces cellules, issues de la différenciation des lymphocytes CD8 effecteurs sont des cellules quiescentes spécifiques de l’antigène, elles permettront lors d’une nouvelle infection par le même pathogène une réponse plus rapide et *a priori* plus efficace de l’organisme [6]. La génération d’une population de cellules mémoires efficace et importante est donc un objectif primordial lors d’une vaccination, par exemple. Les mécanismes permettant de générer une mémoire ne sont que partiellement connus, mais la description mathématique de la dynamique d’une réponse CD8 peut amener à mieux comprendre les processus biologiques de cette réponse.

En termes de cinétique d’une population de cellules, la réponse immunitaire CD8

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d'applications en biologie

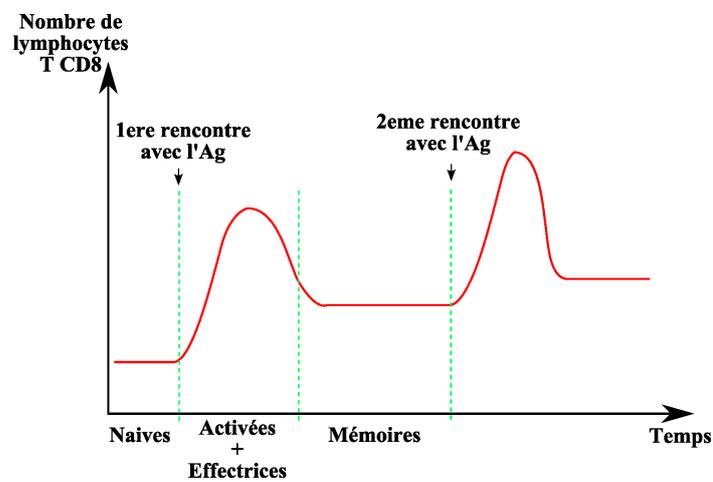


FIG. 2: Schéma d'une réponse immunitaire CD8 au cours du temps. Suite à la présentation d'un antigène, la population initialement composée de cellules naïves se différencie en cellules activées puis rapidement effectrices, avec des capacités cytotoxiques. Après une phase de contraction cellulaire, la population est principalement constituée de cellules mémoires, qui permettront une réponse secondaire plus rapide et plus efficace contre l'antigène.

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d’applications en biologie

à un pathogène ne se répliquant pas (dans le cas d’un vaccin par exemple) est bien caractérisée [4, 7] : avant la présentation de l’antigène (par les APCs), la population de lymphocytes CD8 naïfs est à l’équilibre ; suite à la présentation de l’antigène, l’activation des cellules naïves en effectrices est associée à une phase d’expansion cellulaire rapide (de l’ordre de quelques jours) durant laquelle la population totale de CD8 augmente de plusieurs logs (passage d’une population initiale d’un millier de cellules à plusieurs dizaines de millions). On observe ensuite un pic dans la réponse, suivi d’une phase de contraction cellulaire, durant laquelle la plupart des cellules CD8 sont éliminées par apoptose, et au bout de quelques semaines la population totale se stabilise à un niveau supérieur au niveau initial : les cellules additionnelles sont des cellules mémoires, générées durant les phases d’expansion et de contraction cellulaires (Figure 2).

Il est assez aisé de concevoir un modèle mathématique de la réponse immunitaire CD8 dans lequel différents types de cellules (naïves, effectrices, mémoires, APC) sont représentés et interagissent [14, 20, 22, 24], et pour lequel la description de la réponse immunitaire elle-même correspond à une perturbation plus ou moins importante d’un état d’équilibre stable (un état sans pathogène par exemple). De la même façon, un modèle mathématique de l’érythropoïèse [1, 9] décrirait la dynamique de plusieurs types de cellules (progéniteurs, réticulocytes, érythrocytes), et la situation d’observation du processus, une anémie sévère, serait décrite par une perturbation de l’état d’équilibre initial, *a priori* stable [11]. Les modèles que nous avons proposés pour ces deux études sont des équations aux dérivées partielles non-linéaires structurées en âge, comme présenté dans la Section 1.

3 Un modèle d’érythropoïèse de stress

Nous proposons ici un modèle d’érythropoïèse de stress [11], prenant en compte à la fois le rétro-contrôle exercé par l’Epo sur les progéniteurs érythrocytaires et le rétro-contrôle exercé par les glucocorticoïdes sur l’auto-renouvellement des mêmes progéniteurs. L’objectif est de reproduire et expliquer des données expérimentales d’anémie sévère réalisées sur des souris et mettant en évidence une réponse très rapide et très forte de l’organisme, suivie d’oscillations amorties autour d’un état d’équilibre (cf. Figure 1).

Considérons une population de progéniteurs érythrocytaires dont le nombre est noté $p(t, a)$, $a \in [0, \tau)$, où τ est la durée maximale du compartiment progéniteurs (c’est-à-dire que passé ce temps une cellule ne peut plus être considérée comme un progéniteur érythrocytaire ; de façon équivalente, en considérant qu’un cycle cellulaire dure environ 24 heures, τ peut être vu comme le nombre maximal de cycles cellulaires qu’une cellule doit réaliser pour se différencier en réticulocyte

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d’applications en biologie

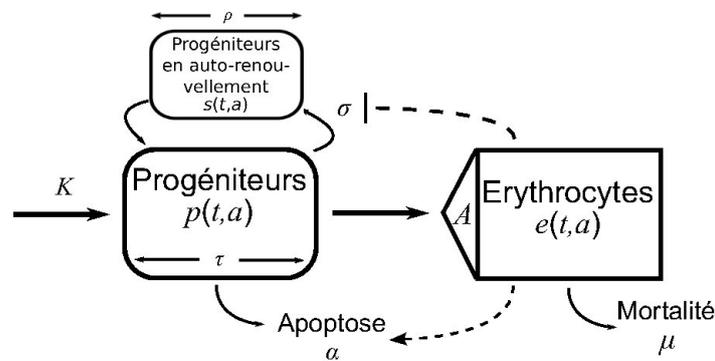


FIG. 3: Schéma du modèle d’érythropoïèse, d’après [11]. Trois populations sont considérées : les progéniteurs, les progéniteurs en état d’auto-renouvellement, et les érythrocytes. Les flèches pleines indiquent un processus de prolifération, de mort, ou de différenciation. Les traits en pointillés indiquent des rétro-contrôles.

ou en érythrocyte), durée estimée à environ 5 jours. Notons également $e(t, a)$ le nombre d’érythrocytes d’âge a , avec $a > 0$ non borné. En effet, les érythrocytes ne sont plus réellement des cellules dans le sens où ils ne possèdent plus de noyau et donc ne se divisent plus. Leur durée de vie n’est donc pas liée au cycle cellulaire. Leur espérance de vie, chez la souris, est estimée à 40 jours. En plus de ces deux types cellulaires clairement identifiés, nous considérons une population de progéniteurs érythrocytaires en état d’auto-renouvellement, c’est-à-dire dont la réalisation d’un cycle cellulaire produira de nouveaux progéniteurs érythrocytaires sans différenciation. Cette population est notée $s(t, a)$, avec $a \in [0, \rho]$, $\rho < \tau$, où ρ est la durée moyenne d’un cycle cellulaire. Un schéma du modèle proposé est illustré par la Figure 3.

Chaque population cellulaire est caractérisée par un taux de mortalité : noté α pour les progéniteurs, il s’agit d’un taux d’apoptose, noté $\mu > 0$ pour les érythrocytes, il s’agit alors d’un taux de dégradation. Les progéniteurs possèdent également un taux d’auto-renouvellement, ou taux de prolifération, noté σ . Nous faisons de plus l’hypothèse que les progéniteurs se différencient uniquement lorsque leur âge atteint $a = \tau$. Le taux d’apoptose α est supposé dépendre continuellement du nombre total d’érythrocytes, noté $E(t)$,

$$E(t) = \int_0^{+\infty} e(t, a) da,$$

afin de décrire implicitement le rétro-contrôle négatif de l’Epo sur les progéniteurs érythrocytaires. Une diminution du nombre d’érythrocytes entraînant une

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d’applications en biologie

libération d’Epo et une diminution du taux d’apoptose, la fonction α est supposée croissante et bornée. Le taux d’auto-renouvellement σ , de façon similaire, est supposé dépendant de $E(t)$ pour décrire implicitement l’influence des glucocorticoïdes, et σ est supposée décroissante car un manque d’érythrocytes entraîne une augmentation de l’auto-renouvellement.

Les équations vérifiées par p , s et e sont alors [11], pour $t > 0$,

$$\begin{cases} \frac{\partial p}{\partial t}(t, a) + \frac{\partial p}{\partial a}(t, a) = -[\sigma(E(t)) + \alpha(E(t))]p(t, a), & a \in [0, \tau), \\ \frac{\partial s}{\partial t}(t, a) + \frac{\partial s}{\partial a}(t, a) = -\alpha(E(t))s(t, a), & a \in [0, \rho), \\ \frac{\partial e}{\partial t}(t, a) + \frac{\partial e}{\partial a}(t, a) = -\mu e(t, a), & a > 0, \end{cases} \quad (8)$$

avec les conditions aux bords

$$\begin{cases} p(t, 0) = \kappa + 2s(t, \rho), \\ s(t, 0) = \int_0^\tau \sigma(E(t))p(t, a)da, \\ e(t, 0) = Ap(t, \tau), \end{cases} \quad (9)$$

où $\kappa > 0$ représente un flux, supposé constant, de cellules souches alimentant la lignée érythroïde, et A est un facteur d’amplification (sans unité) intégrant l’augmentation de population, lors de la différenciation des progéniteurs érythrocytaires, liée à la traversée du compartiment précurseur (réticulocytes) que l’on n’a pas considéré ici. La première condition décrit l’augmentation du nombre de progéniteurs à la fois par différenciation de cellules souches et par divisions auto-renouvelantes de progéniteurs ; la seconde condition l’engagement de progéniteurs en cycle d’auto-renouvellement ; la troisième condition décrit l’apparition de nouveaux érythrocytes par différenciation de progéniteurs.

Notons $P(t)$ le nombre total de progéniteurs érythrocytaires à l’instant $t \geq 0$, $P(t) = \int_0^\tau p(t, a)da$. Comme cela a été présenté dans la Section 1, nous pouvons réduire le système (8)–(9) à un système d’équations à retards, en intégrant (8) par rapport à la variable a . Nous obtenons alors les deux équations suivantes, pour

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d'applications en biologie

$$t \geq T := \tau + \rho,$$

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dt}(t) = & -[\sigma(E(t)) + \alpha(E(t))]P(t) \\ & + \kappa + 2\sigma(E(t - \rho))P(t - \rho) \exp\left(-\int_{t-\rho}^t \alpha(E(\theta))d\theta\right) \\ & - \left[\kappa + 2\sigma(E(t - T))P(t - T) \exp\left(-\int_{t-T}^{t-\tau} \alpha(E(\theta))d\theta\right) \right] \\ & \times \exp\left(-\int_{t-\tau}^t \alpha(E(\theta)) + \sigma(E(\theta))d\theta\right), \end{aligned} \quad (10)$$

et

$$\begin{aligned} \frac{dE}{dt}(t) = & -\mu E(t) \\ & + A \left[\kappa + 2\sigma(E(t - T))P(t - T) \exp\left(-\int_{t-T}^{t-\tau} \alpha(E(\theta))d\theta\right) \right] \\ & \times \exp\left(-\int_{t-\tau}^t \alpha(E(\theta)) + \sigma(E(\theta))d\theta\right). \end{aligned} \quad (11)$$

Le système (10)–(11) est un système de deux équations non-linéaires avec 3 retards discrets, ρ , τ et $\tau + \rho$. L'étude de ce système n'est pas triviale, car l'analyse de la stabilité d'un état d'équilibre positif dépend en particulier des 3 retards et est loin d'être évidente. On peut toutefois obtenir des informations importantes sur ce système sous des hypothèses raisonnables. Notons que l'équation sur le nombre total de progéniteurs en état d'auto-renouvellement est découplée de ce système, la dynamique des populations totales étant contenue dans les équations pour P et E .

Tout d'abord, intéressons nous au système (10)–(11) en l'absence d'auto-renouvellement des progéniteurs, c'est-à-dire lorsque $\sigma(E) \equiv 0$. Le système (10)–(11) devient

$$\begin{cases} \frac{dP}{dt}(t) = -\alpha(E(t))P(t) + \kappa \left[1 - \exp\left(-\int_{t-\tau}^t \alpha(E(\theta))d\theta\right) \right], \\ \frac{dE}{dt}(t) = -\mu E(t) + A\kappa \exp\left(-\int_{t-\tau}^t \alpha(E(\theta))d\theta\right). \end{cases} \quad (12)$$

Il s'agit alors d'un système non-linéaire avec un seul retard τ . Ce système possède un unique état d'équilibre, solution de $dP/dt = dE/dt = 0$, que l'on note (P^*, E^*) . La linéarisation du système (12) autour de cet état d'équilibre permet d'obtenir l'équation caractéristique

$$\lambda + \mu + \mu E^* \alpha'(E^*) \int_{-\tau}^0 e^{\lambda\theta} d\theta = 0, \quad \lambda \in \mathbb{C}.$$

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d'applications en biologie

L'étude de l'existence de valeurs propres λ à parties réelles strictement négatives, ou bien imaginaires pures, permet d'obtenir la proposition suivante [11].

Propriété 1. *Si $2E^*\alpha'(E^*) \leq \mu$, l'état d'équilibre (P^*, E^*) du système (12) est localement asymptotiquement stable pour toute valeur $\tau \geq 0$.*

Si $2E^\alpha'(E^*) > \mu$, il existe $\tau^* > 0$ tel que l'état d'équilibre (P^*, E^*) de (12) est localement asymptotiquement stable pour $\tau \in [0, \tau^*)$, instable pour $\tau \geq \tau^*$, et une bifurcation de Hopf locale survient à (P^*, E^*) lorsque $\tau = \tau^*$.*

Ce résultat indique qu'une variation des durées de cycle cellulaire peut entraîner une instabilité caractérisée par des solutions oscillantes. La plupart des pathologies, dont l'anémie sévère décrite dans la Figure 1, ne présentent cependant pas de caractère oscillant périodique du nombre de globules rouges. En revanche, on peut observer des oscillations amorties (Figure 1), lorsque le système est poussé aux limites de son régime stable, par exemple lorsque $2E^*\alpha'(E^*) > \mu$ et τ est proche de τ^* .

L'analyse de la stabilité du système simplifié (12) indique ainsi la possibilité d'observer un retour à l'équilibre accompagné d'oscillations amorties, comme cela semble être le cas dans les expériences présentées dans la Figure 1. La résolution numérique du système (12) ne permet cependant pas d'obtenir une description correcte de la réaction à l'anémie : il n'est pas possible de décrire le retour à l'équilibre accompagné d'oscillations amorties tout en conservant des quantités (nombre d'érythrocytes à l'état d'équilibre, taux de mortalité) biologiques raisonnables (Figure 4 A).

La résolution numérique du système (10)–(11), c'est-à-dire en tenant compte de l'auto-renouvellement des progéniteurs, apporte de meilleurs résultats, en assurant un retour à l'équilibre rapide, suivi d'oscillations amorties, tout en conservant un état d'équilibre stable autour de 10^8 cellules.g⁻¹ (ce qui correspond à une valeur usuelle chez la souris) et avec un taux de mortalité des érythrocytes $\mu = 0.025$ par jour (cf. Figure 4 B).

Une étude numérique approfondie révèle néanmoins que les résultats sont meilleurs, c'est-à-dire que les solutions simulées du système (10)–(11) sont plus proches des données expérimentales, lorsque le taux de mortalité μ est plus élevé. Un retour sur le protocole expérimental révèle alors que la phenylhydrazine, la substance utilisée pour anémier les souris, fragilise la membrane des globules rouges et augmente donc leur mortalité [23]. En prenant un taux de mortalité 5 à 6 fois plus élevé que le taux usuel dans le modèle (10)–(11), il est alors possible d'obtenir une très bonne reproduction des données expérimentales (cf. Figure 5), ce que ne permet pas le modèle (12).

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d'applications en biologie

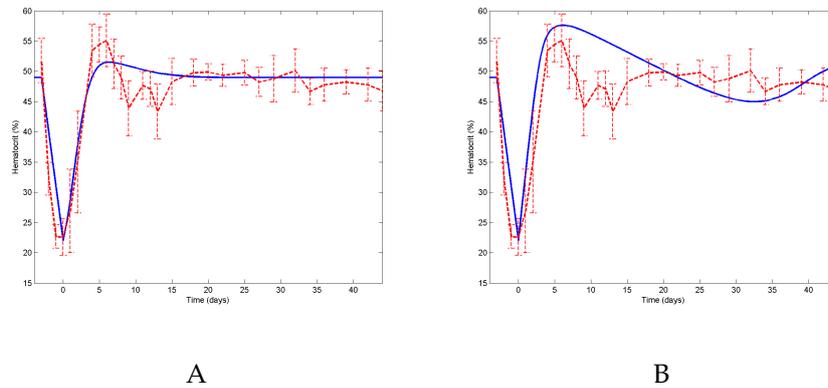


FIG. 4: Simulations du modèle d'érythropoïèse de stress, d'après [11]. En pointillé, les données expérimentales. A : Résultat obtenu avec le modèle sans auto-renouvellement (12). B : Résultat obtenu en prenant en compte l'auto-renouvellement des progéniteurs, système (10)–(11). Reproduit avec l'autorisation d'Elsevier.

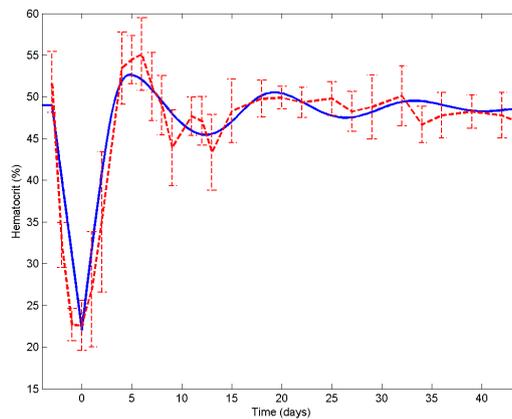


FIG. 5: Simulations du modèle d'érythropoïèse de stress (10)–(11) avec un taux de mortalité $\mu = 0.15$ par jour, d'après [11]. Reproduit avec l'autorisation d'Elsevier.

4 Modéliser la cinétique d'une réponse immunitaire

Nous décrivons ici un modèle [24] de la cinétique de la réponse immunitaire CD8 dans le cas d'une première rencontre avec un antigène (on parle de réponse primaire) et d'une infection aiguë (le pathogène est éliminé pendant la durée de la réponse). L'objectif est de décrire la génération de cellules effectrices, l'élimination du pathogène, et la génération de cellules mémoires sur des temps caractéristiques de la réponse (quelques semaines) afin de pouvoir évaluer la "qualité" de la réponse. Un objectif est le développement de stratégies vaccinales.

Considérons trois populations de cellules (cf. Figure 6) : les cellules CD8 naïves, dont nous notons le nombre $N(t)$, les cellules effectrices pour lesquelles nous tenons compte d'une structuration en âge (ce sont les seules cellules proliférantes) et dont le nombre est noté $e(t, a)$, et enfin les cellules mémoires dont le nombre est noté $M(t)$. Les cellules naïves et mémoires, bien qu'étant des lymphocytes CD8 quiescents, présentent des dynamiques différentes. Les cellules naïves sont produites par différenciation (supposée non régulée ici) des cellules souches alors que les cellules mémoires sont issues de la différenciation des cellules CD8 effectrices. Les cellules naïves peuvent se différencier en cellules effectrices sous l'action d'un pathogène alors que les cellules mémoires, une fois produites, restent quiescentes (car nous ne nous intéressons qu'à une réponse primaire). On note κ le taux de production des cellules naïves, supposé constant, μ_N leur taux de mortalité, et μ_M le taux de mortalité des cellules mémoires. Ces trois taux seront les seuls supposés constants.

Les cellules effectrices prolifèrent avec un taux π dépendant de la quantité de pathogène (ou d'APC, mais nous ne ferons pas de différence ici), de façon croissante, meurent par apoptose avec un taux α dépendant du nombre total de cellules effectrices,

$$E(t) = \int_0^\tau e(t, a) da,$$

où τ est l'âge maximal d'une cellule effectrice (ces cellules sont activement proliférantes et se divisent rapidement), α étant supposée croissante. Enfin, les cellules effectrices se différencient avec un taux δ_E dépendant de l'âge des cellules. On suppose que δ_E est une fonction croissante de l'âge a , vérifiant

$$\lim_{a \rightarrow \tau} \delta_E(a) = +\infty.$$

Outre les trois populations de cellules, nous considérons la quantité de pathogène à l'instant t , notée $P(t)$. La présence d'un pathogène dans l'organisme est décrite par une condition initiale pour la variable P non nulle. La quantité de pathogène décroît par la suite de façon quasi exponentielle : nous supposons que le taux

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d'applications en biologie

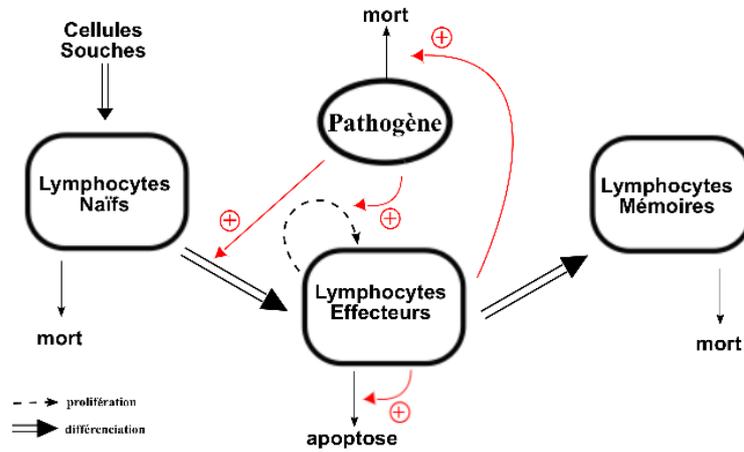


FIG. 6: Schéma de la réponse immunitaire CD8. Trois populations de cellules sont considérées : les lymphocytes CD8 naïfs, effecteurs, et mémoires. Une population de pathogène déclenche la différenciation des cellules naïves en cellules effectrices, et est éliminée par cette dernière population. Les rétro-contrôles exercés sur les différentes populations sont indiqués par des flèches pleines.

de mortalité du pathogène, μ_P , dépend de $E(t)$, et que $\mu_P(E)$ est une fonction croissante strictement positive. Le pathogène ne prolifère pas.

Finalement, pour pouvoir décrire une réponse immunitaire contre le pathogène considéré, il est nécessaire de supposer que les cellules naïves se différencient sous l'action du pathogène. On note δ_N ce taux de différenciation, avec $\delta_N(0) = 0$ et $\delta_N(P)$ une fonction croissante.

Les variables N , e , M et P vérifient alors le système suivant [24], qui est une généralisation du modèle d'Antia et al. [5],

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dN}{dt}(t) = \kappa - \mu_N N(t) - \delta_N(P(t))N(t), \\ \frac{\partial e(t, a)}{\partial t} + \frac{\partial e(t, a)}{\partial a} = [\pi(P(t)) - \alpha(E(t)) - \delta_E(a)] e(t, a), \\ \frac{dM}{dt}(t) = \int_0^\tau \delta_E(a) e(t, a) da - \mu_M M(t), \\ \frac{dP}{dt}(t) = -\mu_P(E(t))P(t), \end{array} \right. \quad (13)$$

pour $t > 0$, avec la condition au bord

$$e(t, 0) = \delta_N(P(t))N(t), \quad (14)$$

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d'applications en biologie

et les conditions initiales

$$N(0) = N_0, \quad e(0, a) = e_0(a), \quad M(0) = M_0, \quad P(0) = P_0. \quad (15)$$

Toutes les conditions initiales sont supposées positives ou nulles, et $e_0 \in L^1(0, \tau)$. Remarquons tout d'abord que les équations pour N , e et P sont découplées de celle pour les cellules mémoires, et que toute la dynamique du système (13)–(15) est contenue dans les équations des variables N , e et P . Ensuite, tout en conservant les équations différentielles non-linéaires satisfaites par N et P ,

$$\begin{cases} \frac{dN}{dt}(t) = \kappa - \mu_N N(t) - \delta_N(P(t))N(t), & N(0) = N_0, \\ \frac{dP}{dt}(t) = -\mu_P(E(t))P(t), & P(0) = P_0, \end{cases} \quad (16)$$

on peut réduire l'équation de transport vérifiée par $e(t, a)$ à une équation à retard, afin de travailler sur les quantités totales de cellules qui sont mesurées expérimentalement, en intégrant le long des courbes caractéristiques, et on obtient

$$\begin{aligned} \frac{dE}{dt}(t) &= [\pi(P(t)) - \alpha(E(t))]E(t) + \delta_N(P(t))N(t) \\ &- \int_0^\tau \delta_N(P(t-a))N(t-a) \exp\left(\int_{t-a}^t [\pi(P(\theta)) - \alpha(E(\theta))]d\theta\right) \chi(a)da, \end{aligned} \quad (17)$$

pour $\tau \leq t$,

$$\begin{aligned} \frac{dE}{dt}(t) &= [\pi(P(t)) - \alpha(E(t))]E(t) + \delta_N(P(t))N(t) \\ &- \exp\left(\int_0^t [\pi(P(\theta)) - \alpha(E(\theta))]d\theta\right) \int_t^\tau e_0(a-t)\chi(a,t)da \\ &- \int_0^t \delta_N(P(t-a))N(t-a) \exp\left(\int_{t-a}^t [\pi(P(\theta)) - \alpha(E(\theta))]d\theta\right) \chi(a)da, \end{aligned} \quad (18)$$

pour $0 \leq t \leq \tau$, et

$$E(0) = E_0 := \int_0^\tau e_0(a)da, \quad (19)$$

où χ est définie par (4), avec $\delta = \delta_E$.

L'existence et l'unicité d'une solution du problème (16)–(19) sont assurées par Hale et Verduyn Lunel [13]. On peut également établir que le système (16)–(19) possède un unique état d'équilibre $(N^*, P^*, E^*) = (\kappa/\mu_N, 0, 0)$. Cet état d'équilibre décrit la situation attendue à la fin de la réponse, avec un retour à l'équilibre de la population de cellules naïves, et la disparition du pathogène et des cellules effectrices. Notons que l'état d'équilibre de la population de cellules mémoires

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d’applications en biologie

est également $M^* = 0$, ce qui ne correspond pas, à première vue, à ce que l’on attend (la génération de cellules mémoires capables de répondre lors d’une seconde présentation de l’antigène). Il faut noter que ces valeurs d’équilibres sont attendues à très long terme, et il n’est donc pas étonnant qu’on ne retrouve aucune cellule mémoire à très long terme (on peut se souvenir, par exemple, que certains vaccins nécessitent des rappels), car ces cellules, si elles ne sont pas stimulées, ne prolifèrent pas (mais ne sont pas immortelles!).

On peut montrer [24], par linéarisation, que l’état d’équilibre $(N^*, P^*, E^*) = (\kappa/\mu_N, 0, 0)$ est localement asymptotiquement stable quelle que soit la valeur de $\tau > 0$. Dans le cas particulier où les cellules effectrices sont supposées se différencier en cellules mémoires uniquement lorsque leur âge atteint la valeur $a = \tau$, il est possible d’obtenir la stabilité globale de l’état d’équilibre. Il est trivial d’obtenir, pour toute condition initiale (N_0, P_0, E_0) positive ou nulle, la convergence de $P(t)$ vers $P^* = 0$, car $\mu(E)$ est une fonction croissante et strictement positive, ainsi que la convergence de $N(t)$ vers $N^* = \kappa/\mu_N$, car $\delta_N(0) = 0$. La convergence de $E(t)$, solution de (17)–(19), vers $E^* = 0$ n’est pas aussi évidente.

En supposant que la différenciation des cellules effectrices en cellules mémoires n’a lieu que lorsque ces cellules atteignent l’âge $a = \tau$, on peut montrer [24] que, pour $t \in [0, \tau]$,

$$E(t) = \exp\left(\int_0^t [\pi(P(\theta)) - \alpha(E(\theta))]d\theta\right) \int_0^{\tau-t} e_0(a)da + \int_0^t \delta_N(P(s))N(s) \exp\left(\int_s^t [\pi(P(\theta)) - \alpha(E(\theta))]d\theta\right) ds,$$

et pour $t \geq \tau$,

$$E(t) = \int_{t-\tau}^t \delta_N(P(s))N(s) \exp\left(\int_s^t [\pi(P(\theta)) - \alpha(E(\theta))]d\theta\right) d\theta. \quad (20)$$

Il est alors possible de passer à la limite dans (20) pour obtenir

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} E(t) = E^* = 0.$$

Propriété 2. La solution $(N(t), P(t), E(t))$ du système (16)–(19), muni d’une condition initiale positive ou nulle (N_0, P_0, E_0) , converge vers l’état d’équilibre $(N^*, P^*, E^*) = (\kappa/\mu_N, 0, 0)$.

Ce résultat, démontré par Terry et al. [24], établit que le modèle proposé est capable de reproduire, qualitativement, une réponse immunitaire de type CD8 aiguë, c’est-à-dire que suite à la présentation d’un antigène spécifique du pathogène le nombre de cellules effectrices augmente, ainsi que le nombre de cellules

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d’applications en biologie

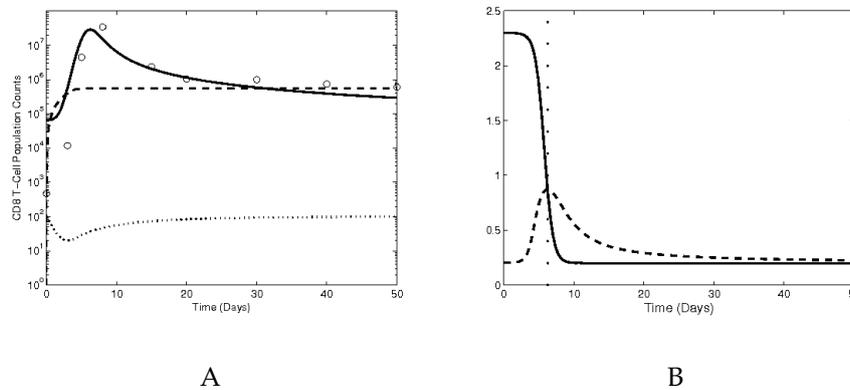


FIG. 7: A : Simulation du système (16)–(19), d’après [24]. La courbe inférieure, en points, représente le nombre de cellules naïves, la courbe en trait plein représente le nombre de cellules effectrices, la courbe en pointillés le nombre de cellules mémoires. Les données expérimentales, représentées par des cercles, correspondent à une infection par le virus LCMV dans des souris BALB/c [19] et sont approchées par la quantité $N(t) + E(t) + M(t)$. L’infection a lieu le jour 0. B : Le taux de prolifération (courbe en trait plein) et le taux d’apoptose (en pointillés) de la population de cellules effectrices représentée en A sont exprimés en jour^{-1} . Les points verticaux indiquent le moment où le pic de la réponse est atteint (jour 5). Au-delà, la population totale décroît. Reproduit avec l’autorisation de Springer.

mémoires, mais cette réponse est régulée et, d’une part, le pathogène est éliminé tandis que, d’autre part, les cellules effectrices disparaissent, ainsi que les cellules mémoires (on peut toutefois artificiellement maintenir la population de cellules mémoires en supposant un taux de mortalité nul).

Ces résultats ne donnent pas d’information quantitative, mais proposent des explications au phénomène d’expansion/contraction cellulaire observé durant une réponse immunitaire classique, comme illustré sur la Figure 7. En particulier, ils proposent une caractérisation des taux de prolifération et d’apoptose des cellules effectrices au cours du temps expliquant ce phénomène.

5 Discussion

Les deux exemples d’application de modèles structurés en âge présentés ci-dessus ont montré la pertinence d’utiliser ce type de modélisation pour répondre à des questions biologiques, d’une part, et celle de réduire, parfois, un modèle d’équa-

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d’applications en biologie

tions aux dérivées partielles à un modèle d’équations à retards d’autre part. L’intérêt de la variable d’âge n’est cependant pas limité, et considérer cette structuration permet une meilleure description de certains processus (par opposition à l’écriture directe d’un modèle sans structuration) mais également permet d’envisager des analyses plus fines des processus.

En considérant la variable d’âge non plus comme décrivant l’avancement du temps, de façon linéaire, mais comme un marqueur de la différenciation des cellules par exemple, on peut ainsi construire des modèles multi-échelles des processus sus-cités, en décrivant une dynamique de la variable d’âge liée à des événements intra-cellulaires. Le couplage d’échelles différentes (échelles temporelles et physiques) permet d’envisager une modélisation mathématique plus à même de décrire la complexité de processus issus du vivant.

Références

- [1] Ackleh AS, Deng K, Ito K, Thibodeaux J (2006) A structured erythropoiesis model with nonlinear cell maturation velocity and hormone decay rate. *Math. Bios.* 204, 21–48.
- [2] Adimy M, Crauste F (2003) Global stability of a partial differential equation with distributed delay due to cellular replication. *Nonlinear Analysis* 54 (8), 1469–1491.
- [3] Adimy M, Crauste F, Ruan S (2005) A mathematical study of the hemato-poiesis process with applications to chronic myelogenous leukemia. *SIAM J. Appl. Math.* 65 (4), 1328–1352.
- [4] Antia R, Bergstrom C, Pilyugin S, Kaech S, Ahmed R (2003) Models of CD8+ Responses : 1. What is the Antigen-independent Proliferation Program. *J. Theor. Biol.* 221, 585–598.
- [5] Antia R, Ganusov V, Ahmed R (2005) The role of models in understanding CD8+ T-cell memory. *Nat. Reviews* 5, 101–111.
- [6] Appay V, Rowland-Jones S (2004) Lessons from the study of T-cell differentiation in persistent human virus infection. *Seminars in Immunol.* 16, 205–212.
- [7] Arpin C, Angelov G, Walzer T, Tomkowiak M, Beloeil L, Marvel J (2002) Hyperproliferative Response of a Monoclonal Memory CD8 T Cell Population Is Characterized by an Increased Frequency of Clonogenic Precursors. *J. Immunol.* 168, 2147–2153.
- [8] Bauer A, Tronche F, Wessely O, Kellendonk C, Reichardt HM, Steinlein P, Schutz G, Beug H (1999) The glucocorticoid receptor is required for stress erythropoiesis. *Genes Dev.* 13, 2996–3002.

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d'applications en biologie

- [9] Bélair J, Mackey MC, Mahaffy JM (1995) Age-structured and two-delay models for erythropoiesis. *Math. Biosci.* 128, 317–346.
- [10] Bernard S, Pujo-Menjouet L, Mackey MC (2003) Analysis of Cell Kinetics Using a Cell Division Marker : Mathematical Modeling of Experimental Data. *Biophys. J.* 84, 3414–3424.
- [11] Crauste F, Pujo-Menjouet L, Génieys S, Molina C, Gandrillon O (2008) Adding Self-Renewal in Committed Erythroid Progenitors Improves the Biological Relevance of a Mathematical Model of Erythropoiesis. *J. Theor. Biol.* 250, 322–338.
- [12] Gandrillon O, Schmidt U, Beug H, Samarut J (1999) TGF-beta cooperates with TGF-alpha to induce the self-renewal of normal erythrocytic progenitors : evidence for an autocrine mechanism. *Embo. J.* 18, 2764–2781.
- [13] Hale J, Verduyn Lunel S (1993) *Introduction to functional differential equations*, Appl. Mathematical Sciences, vol 99. Springer-Verlag, New York.
- [14] Kim P, Lee P, Levy D (2007) Modeling regulation mechanisms in the immune system. *J. Theor. Biol.* 246, 33–69.
- [15] Koury MJ, Bondurant MC (1990) Erythropoietin retards DNA breakdown and prevents programmed death in erythroid progenitor cells. *Science* 248, 378–381.
- [16] Kuang Y (1993) *Delay differential equations with applications in population dynamics*, Mathematics in Science and Engineering 191, Academic Press, New-York.
- [17] Mackey MC (1978) Unified hypothesis of the origin of aplastic anaemia and periodic hematopoiesis. *Blood* 51, 941–956.
- [18] Mackey MC, Rudnicki R (1999) A new criterion for the global stability of simultaneous cell replication and maturation processes. *J. Math. Biol.* 38, 195–219.
- [19] Murali-Krishna K, Altman J, MSuresh, Sourdive D, Zajack A, Miller J, Slansky J, Ahmed R (1998) Counting Antigen-Specific CD8 T Cells : a Reevaluation of Bystander Activation during Viral Infection. *Immunity* 8, 177–187.
- [20] Perelson A (2001) Modelling viral and immune system dynamics. *Nat. Rev. Immunol.* 2, 28–36.
- [21] Perthame B (2007) *Transport equations in biology*. Frontiers in Mathematics. Birkhäuser Verlag, Basel.
- [22] Rouzine I, Murali-Krishna K, Ahmed R (2005) Generals die in friendly fire, or modeling immune response to HIV. *J. Computational and Appl. Math.* 184, 258–274.

Equations aux dérivées partielles structurées en âge et équations à retard :
Deux exemples d'applications en biologie

- [23] Shimada A (1975) The maturation of reticulocytes. II. Life-span of red cells originating from stress reticulocytes. *Acta Med. Okayama* 29 (4), 283–289.
- [24] Terry E, Marvel J, Arpin C, Gandrillon O, Crauste F (in press) Mathematical model of the primary CD8 T cell immune response : stability analysis of a nonlinear age-structured system. *Journal of Mathematical Biology*, <http://dx.doi.org/10.1007/s00285-011-0459-8>.
- [25] Webb G (1985) *Theory of nonlinear age-dependent population dynamics*, Monographs and textbooks in Pure and Appl. Math., vol 89. Marcel Dekker.

Mathématiques & Applications

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

- Vol 59 M. Elkadi, B. Mourrain, *Introduction à la résolution des systèmes polynomiaux*, 2007, 307 p., 59 €- tarif SMAI : 47,20 €
- Vol 60 N. Caspard, B. Monjardet, B. Leclerc, *Ensembles ordonnés finis : concepts, résultats et usages*, 2007, 340 p., 58 €- tarif SMAI : 46,60 €
- Vol 61 H. Pham, *Optimisation et contrôle stochastique appliqués à la finance*, 2007, 188 p., 35 €- tarif SMAI : 28 €
- Vol 62 H. Ammari, *An Introduction to Mathematics of Emerging Biomedical Imaging*, 2008, 205 p., 46 €- tarif SMAI : 36,80 €
- Vol 63 C. Gaetan, X. Guyon, *Modélisation et statistique spatiales*, 2008, 330 p., 64 €- tarif SMAI : 51.20 €
- Vol 64 J.-M. Rakotoson, *Réarrangement relatif*, 2008, 320 p., 64 €- tarif SMAI : 51.20 €
- Vol 65 M. Choulli, *Elementary Feedback Stabilization of the Linear Reaction-convection-diffusion Equation and the Wave Equation*, 2010, 300 p., 64 €- tarif SMAI : 51.20 €
- Vol 66 W. Liu, *Une introduction aux problèmes inverses elliptiques et paraboliques*, 2009, 270 p., 95 €- tarif SMAI : 76 €
- Vol 67 W. Tinson, *Plans d'expérience : constructions et analyses statistiques*, 2010, 530 p., 100 €- tarif SMAI : 80 €
- Vol 68 B. Desprès, *Lois de conservation Eulériennes, Lagrangiennes et Méthodes Numériques*, 2010, 530 p., 55 €- tarif SMAI : 44 €
- Vol 69 D.A. Di Pietro, A. Ern, *Mathematical aspects of discontinuous Galerkin methods*, 2012, 94,90 €

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

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

Springer-Verlag, Customer Service Books -Haberstr. 7, D 69126 Heidelberg/Allemagne

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

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

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

Annonces de thèses

par Carole LE GUYADER

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

HABILITATIONS À DIRIGER DES RECHERCHES

Michel CRISTOFOL

Analyse spectrale de guides d’ondes en élasticité. Problèmes inverses pour des opérateurs de type Schrödinger ou paraboliques

Soutenue le 2 mai 2011

LATP, Université Paul Cézanne, Marseille

Ce document, après un résumé de mes résultats de thèse, décrit à travers plusieurs types d’opérateurs deux approches différentes pour traiter des problèmes inverses.

Dans une première partie, l’analyse spectrale permet d’envisager plusieurs situations selon la nature du spectre de l’opérateur elliptique. Les techniques utilisées et les observations requises (fonctions propres généralisées, opérateur de scattering, amplitude de scattering) sont adaptées à la nature fine du spectre : discret, essentiel, ...

La deuxième partie correspond à l’étude de problèmes inverses non stationnaires. On utilise alors des techniques différentes des précédentes faisant appel aux inégalités de Carleman mais aussi des résultats de régularité sur les solutions des équations aux dérivées partielles considérées. On obtient des résultats de stabilité de type Lipschitz pour des problèmes de reconstruction de coefficients ou de potentiels pour l’opérateur de Schrödinger, pour l’opérateur de la chaleur non linéaire et pour des systèmes d’équations paraboliques d’ordre quelconque.

Ce document présente également des résultats d’unicité pour des problèmes modélisés par des équations de réaction-diffusion fortement non linéaires en utilisant des observations, en nombre fini, localisées en temps et surtout en espace,

évitant ainsi certaines mesures sur tout l'espace rencontrées fréquemment pour ce type de problèmes.

Virginie BONNAILLIE-NOEL

Analyse asymptotique, spectrale et numérique pour quelques problèmes elliptiques issus de la physique ou de la mécanique

Soutenu le 8 juin 2011

ENS Cachan Bretagne

Mes travaux de recherche concernent l'analyse asymptotique, l'approximation numérique et la théorie spectrale de problèmes elliptiques et ont pris quatre directions essentielles : l'analyse de la supraconductivité dans les domaines à coins, le transport quantique dans des diodes à effet tunnel résonant, l'analyse de perturbations géométriques sur la solution de problèmes elliptiques et le lien entre partitions minimales et nodales.

J'allie les résultats théoriques et les simulations numériques pour préciser le comportement des solutions : la théorie permettant de proposer des méthodes numériques plus performantes et de prévoir certaines difficultés numériques, les simulations illustrant parfois des comportements plus fins que ceux démontrés jusque-là ou suggérant de nouvelles conjectures.

Jean-François CROUZET

Contributions en traitement et reconstruction du signal et de l'image

Soutenu le 30 septembre 2011

Université de Montpellier 2

Le fil conducteur de ce mémoire est la théorie des problèmes inverses. L'étude, dans son point de départ, s'intéresse à l'imagerie par ouverture de codage : méthode de reconstruction 2D et 3D qui concernait l'optique et l'astronomie dans les années 1970, puis très vite l'imagerie médicale, dans le cadre de la tomographie par simple émission de photons (SPECT). Elle est traitée autant de manière numérique que théorique, étant reliée à une question de déconvolution élargie, nommée quasi-convolution, puis généralisée à une transformée de Radon par les cônes.

Par la suite, l'inversion de la transformée de Radon classique que l'on rencontre en imagerie médicale dans la tomographie par émission de positons (TEP) est

ANNONCES DE THÈSES

traitée de manière plus numérique, le but étant de fournir des méthodes performantes en routine clinique : il s’agit d’un souci de collaboration avec le CHU de Montpellier.

Si les techniques de traitement du signal et de l’image classiques, de type analyse de Fourier et analyse temps-fréquence, sous-tendent ce travail, des investigations dans le domaine du traitement du signal possibiliste y sont également menées : nouvelle définition du bruit et élaboration d’histogrammes d’un type différent, ceci en lien avec la théorie des capacités et de la mesure floue : il s’agit d’une contribution apportée à des recherches menées au LIRMM de Montpellier. Dans cette ligne, l’accent est mis à la fin du mémoire sur une nouvelle méthode de représentation à l’aide de la projection floue, qui pourrait s’avérer intéressante pour compresser des signaux et des images fortement bruités. Elle est mise en concurrence avec les méthodes classiques et performantes de type ondelettes, dans une étude tout récemment commencée.

Morgan PIERRE

Etude numérique et mathématique de quelques modèles de transition de phase, de séparation de phases et de cristaux liquides

Soutenue le 6 octobre 2011

Université de Poitiers

Le dossier présenté pour l’Habilitation à Diriger des Recherches est composé de 17 articles parus ou à paraître dans des revues internationales avec comité de lecture. L’ensemble de ces travaux (à l’exception de trois articles directement issus de la thèse et d’un article dont la thématique est marginale) est résumé dans un mémoire d’une centaine de pages. Le domaine principal est l’analyse numérique, avec une composante dans l’étude théorique des équations aux dérivées partielles, les deux aspects étant motivés ou complétés par les simulations numériques. Les modèles étudiés se divisent schématiquement en deux groupes : modèles de séparation ou de transition de phases (de type Cahn-Hilliard ou Allen-Cahn) d’une part, et modèles de cristaux liquides (flot des applications harmoniques) d’autre part. Les résultats obtenus peuvent être rassemblés en quatre thématiques : l’analyse numérique de modèles de type Cahn-Hilliard, la convergence vers l’équilibre en temps long, l’étude numérique et mathématique de singularités dans des problèmes paraboliques, et enfin l’étude numérique et mathématique de problèmes stationnaires.

THÈSES DE DOCTORAT D’UNIVERSITÉ

Jie PAN

Directeur de thèse : Frédéric Magoulès (MAS, école Centrale Paris).

**Modélisation et exécution des applications d’analyse de données
multi-dimensionnelles sur architectures distribuées**

Soutenue le 13 décembre 2010

Ecole Centrale Paris

Des quantités de données colossales sont générées quotidiennement. Traiter de grands volumes de données devient alors un véritable challenge pour les logiciels d’analyse des données multidimensionnelles. De plus, le temps de réponse exigé par les utilisateurs de ces logiciels devient de plus en plus court, voire interactif. Pour répondre à cette demande, une approche basée sur le calcul parallèle est une solution. Les approches traditionnelles reposent sur des architectures performantes, mais coûteuses, comme les super-calculateurs. D’autres architectures à faible coût sont également disponibles, mais les méthodes développées sur ces architectures sont souvent bien moins efficaces. Dans cette thèse, nous utilisons un modèle de programmation parallèle issu du Cloud Computing, dénommé MapReduce, pour paralléliser le traitement des requêtes d’analyse de données multidimensionnelles afin de bénéficier de mécanismes de bonne scalabilité et de tolérance aux pannes. Dans ce travail, nous reprenons les techniques existantes pour optimiser le traitement de requête d’analyse de données multidimensionnelles, y compris les étapes de pré-calcul, d’indexation, et de partitionnement de données. Nous avons aussi résumé le parallélisme de traitement de requêtes. Ensuite, nous avons étudié le modèle MapReduce en détail. Nous commençons par présenter le principe de MapReduce et celles du modèle étendu, MapCombineReduce. En particulier, nous analysons le coût de communication pour la procédure de MapReduce. Après avoir présenté le stockage de données qui fonctionne avec MapReduce, nous présentons les caractéristiques des applications de gestion de données appropriées pour le Cloud Computing et l’utilisation de MapReduce pour les applications d’analyse de données dans les travaux existants. Ensuite, nous nous concentrons sur la parallélisation des Multiple Group-by query, une requête typique utilisée dans l’exploration de données multidimensionnelles. Nous présentons la mise en œuvre de l’implémentation initiale basée sur MapReduce et une optimisation basée sur MapCombineReduce. Selon les résultats expérimentaux, notre version optimisée montre un meilleur speed-up et une meilleure scalabilité que la version initiale. Nous donnons également une estimation formelle du temps d’exécution pour les deux implémentations. Afin d’optimiser davantage le traitement du Multiple Group-by query, une phase de restructuration de données est proposée pour optimiser les jobs individuels. Nous redéfinissons l’or-

ganisation du stockage des données, et nous appliquons les techniques suivantes, le partitionnement des données, l’indexation inversée et la compression des données, au cours de la phase de restructuration des données. Nous redéfinissons les calculs effectués dans MapReduce et dans l’ordonnancement des tâches en utilisant cette nouvelle structure de données. En nous basant sur la mesure du temps d’exécution, nous pouvons donner une estimation formelle et ainsi déterminer les facteurs qui impactent les performances, telles que la sélectivité de requête, le nombre de mappers lancés sur un nœud, la distribution des données ‘hitting’, la taille des résultats intermédiaires, les algorithmes de sérialisation adoptés, l’état du réseau, le fait d’utiliser ou non le combiner, ainsi que les méthodes adoptées pour le partitionnement de données. Nous donnons un modèle d’estimation des temps d’exécution et en particulier l’estimation des valeurs des paramètres différents pour les exécutions utilisant le partitionnement horizontal. Afin de soutenir la valeur-unique-wise-ordonnancement, qui est plus flexible, nous concevons une nouvelle structure de données compressées, qui fonctionne avec un partitionnement vertical. Cette approche permet l’agrégation sur une certaine valeur dans un processus continu.

Azariel EYIMI MINTO’O

Directeurs de thèse : Alain Miranville (Laboratoire de Mathématiques et Applications (LMA) de Poitiers) et Alain Cimetière (Laboratoire de Physique des Matériaux, Université de Poitiers).

**Sur un problème inverse de type Cauchy
en théorie des plaques minces élastiques**

Soutenue le 20 janvier 2011

Laboratoire de Mathématiques et Applications (LMA) de Poitiers

Dans cette thèse, nous résolvons un problème inverse de type Cauchy associé à l’opérateur biharmonique. Pour des données compatibles, comme ce problème est mal posé au sens d’Hadamard, nous utilisons la méthode de régularisation évanescence. Elle est itérative. Son originalité est de faire intervenir, à chaque itération, un problème d’optimisation bien posé qui dépend d’un terme de régularisation dont l’effet perturbateur se dissipe à la limite du processus itératif. Nous montrons que cette limite est la solution du problème de Cauchy. Pour adapter des algorithmes élaborés pour les problèmes de Cauchy associés au laplacien, nous factorisons le problème initial en deux problèmes inverses de Cauchy pour l’opérateur harmonique. Les résultats principaux sont la convergence de la solution discrète vers la solution continue et l’efficacité de la méthode à gérer numériquement, via les éléments finis, le problème factorisé sur différents domaines, même lorsque les données sont bruitées.

Mots-clés : Problème mal posé, problème inverse, régularisation évanescence, problème aux limites, fonction biharmonique, fonction harmonique, méthode des éléments finis.

Duc Thang DU

Directeurs de thèse : Faker Ben Belgacem et Faten Jelassi (Lab. de Mathématiques Appliquées, Univ. de Technologie de Compiègne).

**A Lavrentiev-Finite Element Model for the Cauchy Problem
of Data Completion : Analysis and Numerical Assessment**

Soutenue le 11 mars 2011

Lab. de Mathématiques Appliquées, Univ. de Technologie de Compiègne)

L'analyse et la simulation numérique du problème de Complétion de données, connue sous la dénomination de problème de Cauchy est le sujet de cette thèse. La méthodologie consiste d'abord à évaluer certaines des méthodes de régularisation parmi les plus populaires, telles que la méthode itérative de Richardson et la méthode de Lavrentiev, dans le cadre de la formulation variationnelle de type condensation sur le bord incomplète empruntée à la communauté de la décomposition. Une discrétisation du problème, de Steklov-Poincaré, par les éléments finis est proposée. Le problème discret est ensuite mis sous forme matricielle, qui est sévèrement mal-conditionnée. Une analyse approfondie de ce système aboutit à l'équivalence entre la méthode de régularisation de Lavrentiev et celle de Tikhonov. Il en résulte que le cadre mathématique complet développé pour la convergence de la méthode de Tikhonov s'étend tel quel à la procédure de Lavrentiev dans le cas particulier de la complétion de données. La deuxième partie de la thèse introduit un nouvel artifice basé sur l'extension du domaine de calcul pour renforcer les stratégies de régularisation connues. Ici nous mettons l'accent sur la méthode de Lavrentiev. Étant donné que la partie la plus imprécise de la solution de Cauchy calculée est condensée autour de la frontière incomplète, alors nous étendons le domaine de calcul au delà de cette frontière, nous menons des calculs sur le domaine élargi et récupérons enfin la solution sur le domaine réel. L'amélioration des résultats numériques obtenus sont remarquables pour certaines configurations dont quelques unes nous intéressent spécialement dans notre projet de détections de points sources à partir de l'EEG.

Mots-clés : Régularisation de Richardson, régularisation de Lavrentiev, Problème de Cauchy, Complétion de données, problème de Steklov-Poincaré, méthode du domaine étendu, condition générale de source, Discrepancy Principle, théorème de Holmgren, méthode d'éléments finis.

Laura LAZAR

Directeur de thèse : Richard Pasquetti (Laboratoire J.A. Dieudonné, Université de Nice Sophia-Antipolis).

**Méthode d'éléments finis d'ordre élevé
pour les équations de Navier-Stokes incompressible**

Soutenu le 19 avril 2011

Laboratoire J.A. Dieudonné, Université de Nice Sophia-Antipolis

La méthode des éléments spectraux sur des maillages simpliciaux, dite TSEM, possède les avantages des méthodes spectrales et de la méthode des éléments finis, *i.e.* précision spectrale et flexibilité géométrique. Un solveur TSEM pour les équations de Navier-Stokes incompressible est présenté. Pour le schéma temporel il utilise une méthode de projection et pour la discrétisation spatiale une base polynomiale de degré arbitraire. L'approche Fekete-Gauss de la TSEM est utilisée, *i.e.* les points de Fekete du triangle sont utilisés pour l'approximation et les points de Gauss sont utilisés pour les quadratures. Si le domaine considéré a une frontière courbe, la résolution utilise des éléments isoparamétriques, afin de bien approximer la géométrie. L'algorithme de résolution est basé sur une méthode de complément de Schur, ce qui permet de diminuer la taille du système en résolvant uniquement sur les nœuds de bord. De plus, le système algébrique n'est jamais assemblé, d'où une absence de limitation sur le nombre de nœuds. Quelques exemples choisis parmi des cas tests classiques sont présentés : cavité entraînée, cylindres excentrés en rotation et écoulement autour d'un cylindre.

Adina CIOMAGA

Directeurs de thèse : Guy Barles (Université François Rabelais, Tours) et Jean-Michel Morel (CMLA, ENS Cachan).

**Propriétés analytiques des solutions de viscosité des équations
integro-différentielles. visualisation et restauration d'images
par mouvements de courbure**

Soutenu le 29 avril 2011

CMLA, ENS Cachan

Le manuscrit est constitué de deux parties indépendantes.

Propriétés des solutions de viscosité des équations integro-différentielles.

Nous considérons des équations integro-différentielles elliptiques et paraboliques non-linéaires (EID), où les termes non-locaux sont associés à des processus de Lévy. Ce travail est motivé par l'étude du *Comportement en temps long des*

solutions de viscosité des EID, dans le cas périodique. Le résultat classique nous dit que la solution $u(\cdot, t)$ du problème de Dirichlet pour EID se comporte comme $\lambda t + v(x) + o(1)$ quand $t \rightarrow \infty$, où v est la solution du problème ergodique stationnaire qui correspond à une unique constante ergodique λ . En général, l'étude du comportement asymptotique est basé sur deux arguments : la régularité de solutions et le principe de maximum fort.

Dans un premier temps, nous étudions le Principe de Maximum Fort pour les solutions de viscosité semi-continues des équations intégréo-différentielles non-linéaires. Nous l'utilisons ensuite pour déduire un résultat de comparaison fort entre sous et sur-solutions des équations intégréo-différentielles, qui va assurer l'unicité des solutions du problème ergodique à une constante additive près. De plus, pour des équations super-quadratiques le principe de maximum fort et en conséquence le comportement en temps grand exige la régularité Lipschitzienne.

Dans une deuxième partie, nous établissons de nouvelles estimations *Hölderiennes et Lipschitziennes* pour les solutions de viscosité d'une large classe d'équations intégréo-différentielles non-linéaires, par la méthode classique de Ishii-Lions. Les résultats de régularité aident de plus à la résolution du problème ergodique et sont utilisés pour fournir existence des solutions périodiques des EID.

Nos résultats s'appliquent à une nouvelle classe d'équations non-locales que nous appelons *équations intégréo-différentielles mixtes*. Ces équations sont particulièrement intéressantes, car elles sont dégénérées à la fois dans le terme local et non-local, mais leur comportement global est conduit par l'interaction locale - non-locale, par exemple la diffusion fractionnaire peut donner l'ellipticité dans une direction et la diffusion classique dans la direction orthogonale.

Visualisation et restauration d'images par mouvements de courbure

Le rôle de la courbure dans la perception visuelle remonte à 1954, et on le doit à Attneave. Des arguments neurologiques expliquent que le cerveau humain ne pourrait pas possiblement utiliser *toutes* les informations fournies par des états de simulation. Mais en réalité on enregistre *des régions où la couleur change brusquement (des contours) et en outre les angles et les extremas de courbure*. Pourtant, un calcul *direct* de courbures sur une image est impossible. Nous montrons comment les courbures peuvent être *précisément évaluées, à résolution sous-pixelique* par un calcul sur les lignes de niveau après leur lissage indépendant.

Pour cela, nous construisons un algorithme que nous appelons *Level Lines (Affine) Shortening*, simulant une évolution *sous-pixelique* d'une image par mouvement de courbure moyenne ou affine. Aussi bien dans le cadre analytique que numérique, LLS (respectivement LLAS) extrait toutes les lignes de niveau d'une image, lisse indépendamment et simultanément toutes ces lignes de niveau par *Curve Shortening (CS)* (respectivement *Affine Shortening (AS)*) et reconstruit une nouvelle image. Nous montrons que LL(A)S calcule explicitement une solution de viscosité pour le *le Mouvement de Courbure Moyenne* (res-

ANNONCES DE THÈSES

ectivement Mouvement par Courbure Affine), ce qui donne une équivalence avec le mouvement géométrique.

Basé sur le raccourcissement de lignes de niveau simultanément, nous fournissons un outil de visualisation précis des courbures d’une image, que nous appelons *un Microscope de Courbure d’Image*. En tant que application, nous donnons quelques exemples explicatifs de visualisation et restauration d’image : du bruit, des artefacts JPEG, de l’aliasing seront atténués par un mouvement de courbure sous-pixelique.

Luca BIANCOFIORE

Directeurs de thèse : François Gallaire (EPFL) et Richard Pasquetti (Laboratoire J.A. Dieudonné, Université de Nice Sophia-Antipolis).

Influence du confinement sur le développement spatio-temporel de sillages

Soutenue le 6 juin 2011

Laboratoire J.A. Dieudonné, Université de Nice Sophia-Antipolis

L’objet de ce travail est l’étude de la stabilité de sillages et, en particulier, de l’influence du confinement sur leurs propriétés de stabilité. Différentes analyses sont effectuées pour parvenir à ce but. Une analyse locale, sous la condition WKBJ, est effectuée en premier lieu, en utilisant comme modèle une famille de sillages non visqueux et confinés en présence ou pas d’une tension de surface aux interfaces. Le développement temporel ainsi que spatio-temporel de tels écoulements sont examinés et commentés. En particulier, on s’intéresse à l’effet déstabilisant d’un confinement modéré sur le développement d’un sillage. Cet aspect est aussi étudié en utilisant la perspective des ondes Rossby contra-propagatives (CRW). L’influence du confinement sur des sillages non-parallèles et visqueux est également examinée par des simulations numériques directes (DNS). En fixant le nombre de Reynolds à $Re = 100$, l’effet déstabilisant pour un confinement modéré est confirmé avec aux parois des conditions de glissement ou bien d’adhérence. En augmentant le nombre de Reynolds à $Re = 500$, des phénomènes plus complexes ont été observés, sous la forme d’un front vacillant. En outre, avec des simulations de grandes échelles (LES), on examine l’effet du confinement sur des sillages turbulents à $Re = 5000$. L’étude de plusieurs quantités, comme l’énergie cinétique turbulente, son taux de dissipation, des spectres de vitesse et la fonction de structure de troisième ordre, a mis en évidence que le confinement favorise le développement de la turbulence 3D.

ANNONCES DE THÈSES

Noura MORCOS

Directeurs de thèse : Yvon Maday (Laboratoire Jacques-Louis Lions) et Tony Sayah (Faculté des sciences, Université Saint Joseph - Liban).

Modélisation mathématique et simulation de systèmes microvasculaires

Soutenue le 7 juin 2011

Laboratoire Jacques-Louis Lions

Actuellement, de nombreuses équipes de recherche (regroupant mathématiciens, physiciens et médecins) dans le monde s'intéressent à la modélisation mathématique du monde vivant. Notre projet s'inscrit dans cette direction ; nous nous intéressons en particulier à la modélisation de la vascularisation des tissus et l'écoulement des fluides dans les réseaux de conduits fins.

La première partie de notre travail a été de représenter le niveau des capillaires pour comprendre les échanges sanguins avec les tissus. La compréhension de ce réseau est importante pour de nombreuses applications. Celle que nous avons en vue est la détection et le traitement des tumeurs.

Nous nous intéressons dans la suite à comprendre comment des traceurs ou des médicaments sont transportés dans ces tissus vascularisés, afin de modéliser ce mouvement en 2D et 3D et de déterminer les paramètres du sang par la résolution d'un problème inverse.

Mélanie FRAISSE

Directeur de thèse : Jean-Michel Roquejoffre (Université Toulouse III - Paul Sabatier).

**Quelques aspects mathématiques d'un modèle réduit
de réaction-diffusion avec convection**

Soutenue le 9 juin 2011

Université Toulouse III - Paul Sabatier

Dans cette thèse, on étudie les solutions d'un système de type Burgers-Boussinesq en une dimension d'espace. Ce modèle a été proposé par P. Constantin, J.-M. Roquejoffre, L. Ryzhik et N. Vladimirova (CRRV) pour l'étude d'effets compressibles dans les modèles de flammes. On précise dans cette thèse certains points de l'étude de (CRRV) qui n'avaient été traités que sous l'angle asymptotique formel. Une première partie étudie un cas particulier de solutions autosimilaires et démontre en plus des asymptotiques précises et un résultat d'unicité. Une deuxième partie étudie le modèle de Burgers-Boussinesq non réactif aux grands temps et met en évidence une variété de comportements. Une troisième partie démontre

ANNONCES DE THÈSES

l'existence d'ondes progressives dans une gamme de paramètres plus large que (CRRV).

Sten MADEC

Directeurs de thèse : François Castella et Cédric Wolf (IRMAR, Université de Rennes 1).

Hétérogénéité spatiale en dynamique des populations

Soutenue le 10 juin 2011

Université de Rennes 1

L'objet de cette thèse est l'étude mathématique et numérique d'un système de compétition de plusieurs espèces pour une ressource dans un milieu hétérogène. Lorsque le milieu est homogène, il est connu qu'un tel système, appelé système de chemostat, vérifie le principe d'exclusion compétitive : au plus une espèce peut survivre. Nous proposons deux modèles spatialement structurés et étudions le rôle de l'hétérogénéité spatiale dans les phénomènes de coexistence. Le premier modèle est un système matriciel et le second un système de réaction-diffusion. Notre première contribution est de montrer que les solutions du système de réaction-diffusion sont uniformément bornées en temps et en espace en norme L^∞ . Nous étudions ensuite le cas des petits taux de migration dans le modèle discret et montrons que la coexistence est possible. Pour chacun des deux modèles, à l'aide du théorème de la variété centrale, nous montrons que dans le cas des grands taux de migration le principe d'exclusion compétitive est vérifié. Nous construisons finalement des solutions stationnaires de coexistence pour deux espèces à l'aide d'une méthode de bifurcations globales. Cette construction amène la notion de domaine de coexistence dans l'espace des paramètres. Dans les derniers chapitres, nous illustrons et étendons numériquement les résultats précédents. Nous montrons en particulier comment le domaine de coexistence dépend du taux de migration et de l'hétérogénéité spatiale.

Amic FROUVELLE

Directeurs de thèse : Pierre Degond (Université de Toulouse) et Hugues Chaté (CEA Saclay).

Modélisation de phénomènes d’agrégation et de morphogénèse au sein des sociétés animales

Soutenue le 14 juin 2011

Institut de Mathématiques de Toulouse

Cette thèse est consacrée à l’étude, à différentes échelles, de modèles cinétiques de particules se déplaçant à vitesse constante et en interaction d’alignement (des variantes de la version continue en temps du modèle de Vicsek proposée par P. Degond et S. Motsch). Ces modèles interviennent dans la description du comportement d’individus dans des sociétés animales telles que des bancs de poissons ou des nuées d’oiseaux.

Dans une première partie, on étudie l’influence au niveau macroscopique de variantes introduites au niveau individuel. On obtient dans certains cas le même type de modèle macroscopique que pour le modèle original, la différence se situant dans les coefficients finaux et dans la possibilité d’une perte d’hyperbolicité. Dans une autre variante, où le taux de relaxation vers la direction moyenne des particules voisines est proportionnel à leur quantité de mouvement, on met en évidence un phénomène de transition de phase entre le modèle précédent et un modèle de type diffusion, suivant la valeur de la densité locale. Enfin on introduit une variante du modèle où les particules se déplacent sur une variété Riemannienne.

Dans une seconde partie, on analyse la dynamique de la version homogène en espace du modèle avec transition de phase qui se présente sous la forme d’une équation de Fokker–Planck non linéaire. Cette équation est aussi appelée équation de Doi avec potentiel dipolaire, et apparaît également dans l’étude de suspensions de polymères en forme de bâtonnets. On obtient des résultats précis qui permettent de décrire cette transition de phase. En particulier on montre la convergence exponentielle (ou algébrique dans le cas critique) vers un état d’équilibre dont le type est déterminé pour toute condition initiale.

Alice MARCOU

Directeur de thèse : Guy Métivier (Institut de Mathématiques de Bordeaux).

Interaction d’ondes et de bord

Soutenue le 17 juin 2011

Institut de Mathématiques de Bordeaux

Dans la première partie, des ondes de surface, solutions de problèmes aux limites hyperboliques non linéaires, sont étudiées : on construit une solution BKW sous forme de développement infini en puissance de ϵ . On le justifie rigoureusement, en construisant une solution exacte, qui admet ce développement asymptotique. On montre que la solution n’est pas nécessairement localisée sur la frontière, même lorsque le terme source l’est ; l’exemple d’un cas particulier de l’élasticité est traité. La deuxième partie est dédiée à l’étude de la réflexion d’ondes non linéaires discontinues, pour des problèmes aux limites hyperboliques, faiblement bien posés, ni fortement stables, ni fortement instables. On étudie comment les singularités d’une solution striée sont réfléchies lorsque la solution atteint la frontière. On prouve des estimations striées et en normes infinies. On montre qu’une discontinuité du gradient de la solution à travers un hyperplan peut être réfléchiée en une discontinuité de la solution elle-même.

Mots-clés : Problèmes aux limites non linéaires, ondes de surface, développement asymptotique rigoureux, développement BKW, élasticité, ondes de Rayleigh non linéaires, rectification, réflexion de discontinuités, problèmes aux limites hyperboliques non linéaires faiblement stables, condition faible de Lopatinski, condition (WR), perte d’une dérivée, solutions striées.

Afaf BOUHARGUANE

Directeurs de thèse : Pascal Azerad et Bijan Mohammadi (Univ. Montpellier 2).

**Analyse, simulation numérique et optimisation
de modèles non-locaux en morphodynamique littorale**

Soutenue le 20 juin 2011

Université Montpellier 2

Ce travail est motivé par une demande croissante d’informations quantitatives sur l’évolution du littoral. Nous avons étudié deux approches pour l’analyse de la dynamique sédimentaire. Les deux techniques aboutissent à la résolution de modèles non-locaux pour le fond. L’étude mathématique a porté sur l’analyse de l’existence et l’unicité de perturbations autour des ondes progressives solutions du modèle de Fowler. Nous avons montré que les solutions constantes de l’équa-

ANNONCES DE THÈSES

tion de Fowler sont instables. Pour la simulation numérique de ce modèle, nous avons dans un premier temps considéré des schémas aux différences finies explicites pour lesquels nous avons obtenu des critères de stabilité numérique. Dans un second temps, nous avons utilisé une approche par splitting de sorte à pouvoir résoudre la convection, puis la diffusion et l’anti-diffusion fractionnaire de façon exacte. Ensuite, il est apparu que nous pouvions utiliser les principes de minimisation pour décrire l’évolution d’un lit érodable sous l’action de l’eau où le fond est considéré comme une structure déformable de faible rigidité s’adaptant en minimisant une certaine fonctionnelle d’énergie. Il est intéressant de constater que cette seconde approche peut être liée à la première car elle débouche aussi sur une équation de type Exner avec un terme non-local. En nous inspirant du modèle morphodynamique non-local de Fowler, nous concluons cette thèse par une application amusante au traitement de signal où nous proposons une nouvelle méthode de filtrage.

Pierre GABRIEL

Directeurs de thèse : Marie Doumic et Benoît Perthame (Laboratoire Jacques-Louis Lions).

Équations de transport-fragmentation et applications aux maladies à prions

Soutenue le 20 juin 2011

Laboratoire Jacques-Louis Lions

Les phénomènes de croissance et de fragmentation des polymères jouent un rôle central dans le développement des maladies à prions. Pour les étudier, nous adoptons le formalisme des populations structurées et analysons l’équation intégral-différentielle de transport-fragmentation. Dans un premier temps, nous nous intéressons au problème aux valeurs propres pour l’opérateur de transport-fragmentation linéaire. Nous montrons l’existence et l’unicité de la valeur propre principale et des vecteurs propres associés sous des conditions générales incluant les cas dégénérés dans lesquels le coefficient de transport s’annule à l’origine. Nous analysons ensuite la dépendance de ces éléments propres par rapport aux paramètres de l’équation et mettons en évidence l’existence de comportements non monotones. Les résultats obtenus nous permettent d’aborder deux problèmes de natures différentes. La dépendance par rapport au transport est utilisée pour trouver les états d’équilibres et analyser le comportement en temps long de modèles non-linéaires, dont l’équation du prion. La dépendance par rapport à la fragmentation nous permet quant à elle d’étudier un problème d’optimisation. Celui-ci consiste à introduire un contrôle sur la fragmentation et à trouver la stratégie qui maximise la croissance de la population, ceci à des fins diagnostiques. Dans un dernier chapitre, nous présentons un schéma numérique conservatif pour des équations d’agrégation-fragmentation comprenant un terme de

coagulation.

Sahar HASSAN

Directeurs de thèse : Georges-Pierre Bonneau (Université Joseph Fourier) et Franck Hétroy (INP Grenoble).

**Intégration de connaissances anatomiques
a priori dans des modèles géométriques**

Soutenue le 20 juin 2011

Laboratoire Jean Kuntzmann et Université de Grenoble

L'imagerie médicale est une ressource de données principale pour différents types d'applications. Bien que les images concrétisent beaucoup d'informations sur le cas étudié, toutes les connaissances *a priori* du médecin restent implicites. Elles jouent cependant un rôle très important dans l'interprétation et l'utilisation des images médicales. Dans cette thèse, des connaissances anatomiques *a priori* sont intégrées dans deux applications médicales. Nous proposons d'abord une chaîne de traitement automatique qui détecte, quantifie et localise des anévrismes dans un arbre vasculaire segmenté. Des lignes de centre des vaisseaux sont extraites et permettent la détection et la quantification automatique des anévrismes. Pour les localiser, une mise en correspondance est faite entre l'arbre vasculaire du patient et un arbre vasculaire sain. Les connaissances *a priori* sont fournies sous la forme d'un graphe. Dans le contexte de l'identification des sous-parties d'un organe représenté sous forme de maillage, nous proposons l'utilisation d'une ontologie anatomique, que nous enrichissons avec toutes les informations nécessaires pour accomplir la tâche de segmentation de maillages. Nous proposons ensuite un nouvel algorithme pour cette tâche, qui profite de toutes les connaissances *a priori* disponibles dans l'ontologie.

Mots-clés : Imagerie médicale, géométrie discrète, modélisation géométrique, segmentation de maillage, connaissances *a priori*.

Sébastien BRETEAUX

Directeur de thèse : Francis Nier (Université de Rennes 1).

Approche QFT de la dérivation d'équations cinétiques

Soutenue le 22 juin 2011

Université de Rennes 1

La dérivation d'équations cinétiques consiste à obtenir, à partir d'un modèle microscopique décrivant un système physique donné, des équations d'évolution

contenant les informations pertinentes d'un point de vue macroscopique sur ce système. Dans cette thèse on s'intéresse, dans des cas particuliers, à la dérivation d'équations cinétiques par des méthodes utilisant le formalisme de la théorie quantique des champs (QFT) et le calcul semi-classique en dimension finie et infinie. Après une introduction générale, on traite dans la seconde partie de la dérivation de l'équation de Boltzmann linéaire pour une particule dans un champ aléatoire Gaussien, dans la limite de faible densité (ou de faible couplage). On considère des données initiales plus générales que dans les travaux de Erdős et Yau sur le même sujet mais on renouvelle l'aléa pour obtenir le caractère Markovien de l'évolution. On démontre dans la troisième partie une formule décrivant l'évolution, pour un Hamiltonien quantique quadratique dépendant du temps, d'une observable quantifiée à l'aide de la quantification de Wick. Cette formule est valable en dimension finie ou infinie. Enfin la quatrième partie est un travail conjoint avec Zied Ammari. On y considère des bosons interagissant *via* un potentiel delta, dans la limite de champ moyen, en dimension un. On dérive de ce modèle l'équation de Schrödinger non-linéaire cubique défocalisante.

Matthieu LÉAUTAUD

Directeurs de thèse : Olivier Glass (Laboratoire Jacques-Louis Lions) et Jérôme Le Rousseau (Université d'Orléans).

**Quelques problèmes de contrôle d'équations aux dérivées partielles :
inégalités spectrales, systèmes couplés et limites singulières**

Soutenue le 22 juin 2011

Laboratoire Jacques-Louis Lions

Dans cette thèse, on s'intéresse à la contrôlabilité de différentes équations aux dérivées partielles.

La première partie est consacrée à la méthode de Lebeau-Robbiano pour le contrôle des équations paraboliques linéaires. On étend tout d'abord cette méthode à des opérateurs elliptiques non-autoadjoints, montrant une inégalité spectrale ainsi que la contrôlabilité de l'équation parabolique associée. On prouve ensuite ces deux propriétés pour un modèle de transmission à travers une interface, pour lequel la condition de transmission implique une diffusion tangentielle. La preuve repose sur une inégalité de Carleman, uniforme par rapport au petit paramètre représentant l'épaisseur de l'interface.

Dans la deuxième partie, on analyse les propriétés de certains systèmes d'équations aux dérivées partielles linéaires couplées par des termes d'ordre zéro. Après avoir étudié la stabilisation de deux équations d'ondes, dont une seulement est amortie, on montre la contrôlabilité en temps grand d'un système similaire au moyen d'un seul contrôle, sous des conditions géométriques optimales sur les

ANNONCES DE THÈSES

zones de contrôle et de couplage. Par des méthodes d’analyse microlocale, on obtient de plus la contrôlabilité de systèmes d’ondes en cascade, ainsi que l’expression exacte du temps minimal de contrôle. On déduit de ces résultats la contrôlabilité des systèmes paraboliques associés, dans des situations où les zones de contrôle et de couplage sont disjointes.

Enfin, dans la troisième partie, on étudie la contrôlabilité uniforme de perturbations visqueuses de lois de conservation scalaires, dans la limite de viscosité évanescente. On montre la contrôlabilité exacte globale aux états constants au moyen de contrôles uniformément bornés lorsque la viscosité tend vers zéro.

Thomas ABBALLE

Directeurs de thèse : Grégoire Allaire (CMAP, Ecole Polytechnique) et Philippe Montarnal (LSET-CEA Saclay).

Simulation multi-échelle et homogénéisation des matériaux cimentaires

Soutenue le 24 juin 2011

CMAP, Ecole Polytechnique

On présente dans cette thèse plusieurs méthodes de simulations multi-échelles dédiées aux problèmes de diffusion dans les matériaux cimentaires, ainsi que leurs implémentations informatiques efficaces. Les méthodes numériques classiques sont inadaptées au cas des matériaux cimentaires, à cause de l’écart entre l’échelle grossière de travail, de l’ordre du mètre, et l’échelle fine de la description du milieu, de l’ordre du micromètre. Les méthodes de simulations multi-échelles résolvent le problème de diffusion par une méthode de Galerkin à l’échelle grossière, tout en remplaçant les fonctions analytiques habituelles par les solutions de problèmes locaux, résolus à l’échelle fine sur une portion du domaine. Dans ces travaux, les problèmes fins sont résolus par des méthodes de Volumes Finis, plus stables vis-à-vis des fortes discontinuités et de l’anisotropie des matériaux cimentaires.

La première méthode développée couple une méthode d’Éléments Finis Q_1 à l’échelle grossière avec la méthode de Volumes Finis $VF9$ à l’échelle fine. Par le biais d’une implémentation simple (maillages réguliers $2D$), on a observé que la méthode $Q_1/VF9$ convergeait bien sur les cas théoriques, mais qu’elle avait tendance à stagner sur les exemples de matériaux cimentaires à cause des forts sauts de diffusivité du milieu.

Plusieurs modifications ont été apportées afin d’améliorer ces résultats. La précision de la discrétisation a été améliorée afin de permettre une capture plus fine des effets de couches limites. L’augmentation de la taille des systèmes qui en a résulté a motivé le choix d’un cadre d’implémentation plus robuste. On a aussi étendu le cadre de travail afin de pouvoir traiter des matériaux cimentaires $2D$ et

3D. Le choix s’est porté sur le code parallèle *MPCube*, basé sur le noyau de calcul *Trio-U*.

Afin de mieux modéliser les matériaux cimentaires, les maillages réguliers sont remplacés par des maillages adaptées aux géométries du milieu. Les outils permettant de construire efficacement et automatiquement ces maillages, nécessaires aux simulations *MPCube*, ont été développés au sein de la plate-forme *SALOME*. À l’échelle fine, on utilise la méthode *VFDiam*, une méthode Volumes Finis utilisée par le CEA pour travailler sur des milieux à forts contrastes et/ou à fortes anisotropies tels les matériaux cimentaires. Deux méthodes multi-échelles ont été implémentées au sein du code *MPCube* : la première issue des Éléments Finis $Q_1/VFDiam$, la seconde apparentée aux méthodes de Galerkin discontinues *GD/VFDiam*. Un soin particulier a été apporté à la parallélisation de la méthode (distributions des tâches, solveurs parallèles)

On a appliqué la chaîne de calcul *SALOME-MPCube* à plusieurs échantillons de matériaux cimentaires, notamment des modèles de mortiers et de pâtes cimentaires. Les résultats de ces simulations ont permis de déterminer une diffusivité numérique équivalente, ainsi que de reconstruire une solution à l’échelle fine.

Aurélien KLAK

Directeurs de thèse : Christophe Cheverry et François Castella (IRMAR, Rennes1).

**Méthodes asymptotiques
pour les équations de type Helmholtz ou Navier-Stokes**

Soutenue le 24 juin 2011

IRMAR, Rennes 1

Dans cette thèse, nous étudions deux problèmes différentiels dépendant d’un paramètre ϵ et étudions l’asymptotique des solutions lorsque ce paramètre tend vers 0. Le premier problème est lié à l’équation de Helmholtz haute-fréquence. On construit un potentiel non captif ne satisfaisant pas l’hypothèse de refocalisation des rayons introduite par F. Castella. On montre que l’ensemble des trajectoires hamiltoniennes (associées au potentiel construit) issues de l’origine et qui reviennent en 0 forme une sous-variété de dimension $d - 1$, où d est la dimension de l’espace. On montre alors que la solution de l’équation de Helmholtz converge vers une perturbation de la solution de Helmholtz avec condition de radiation à l’infini et coefficients figés en 0. Dans un second temps, nous étudions une équation de Navier-Stokes forcée par une source polarisée fortement oscillante. On exhibe une famille de solutions exactes. On étudie alors la stabilité de cette famille lorsqu’on la perturbe à l’instant initial. On construit une solution approchée du problème à l’aide d’une couche limite à l’instant initial ($t = 0$). Ce développement montre en particulier que des interactions d’ondes, se propageant à des échelles différentes, peuvent se traduire au niveau macroscopique par une augmentation

de la viscosité. Enfin, on justifie la convergence de la solution approchée vers la solution exacte à l’aide de méthodes d’énergie.

Sepideh MIRRAHIMI

Directeurs de thèse : Guy Barles (Université François Rabelais, Tours) et Benoît Perthame (Laboratoire Jacques-Louis Lions).

Phénomènes de concentration dans certaines EDPs issues de la biologie

Soutenue le 29 juin 2011

Laboratoire Jacques-Louis Lions

Cette thèse porte sur l’étude mathématique de phénomènes de concentration en masse de Dirac apparaissant dans des problèmes issus de la biologie. Nous étudions principalement la dynamique adaptative d’un trait quantitatif en fonction de paramètres écologiques de l’environnement, comme les nutriments. La modélisation mathématique de ces problèmes mène à des équations paraboliques avec petite diffusion. La présence d’un petit terme conduit à des modèles multi-échelles. Les solutions asymptotiques de ces équations apparaissent comme une réunion de concentrations de masse en un ou plusieurs points qui se déplacent. Dans une première partie nous présentons une formulation Hamilton-Jacobi pour une étude asymptotique des équations intégrodifférentielles qui décrivent la dynamique d’une densité de population en présence des mutations et de la compétition entre les individus. Nous donnons une description de la dynamique des masses de Dirac à l’aide de ce formalisme. Nous étudions également un modèle singulier où nous ajoutons un terme de mortalité pour les petites densités. Ce dernier nous permet d’éviter les queues exponentielles de distribution et nous fournit des résultats plus proches des modèles stochastiques. Dans la deuxième partie nous présentons quelques illustrations numériques pour un des modèles introduits. En outre, nous appliquons nos méthodes à un modèle de type chemostat, où nous étudions un système décrivant la dynamique des consommateurs et de la ressource. La dernière partie est consacrée à l’étude de l’évolution et de la propagation en espace d’une population sexuée. Dans cette étude la population est structurée par un trait phénotypique et une variable d’espace, dans un environnement hétérogène.

Zhongwei TANG

Directeurs de thèse : Pascal Monasse (ENPC) et Jean-Michel Morel (CMLA, ENS Cachan).

Calibration de caméra à haute précision

Soutenue le 1er juillet 2011

CMLA, ENS Cachan

Julie CHARRIER

Directeurs de thèse : Arnaud Debussche (ENS Cachan Bretagne) et Jocelyne Erhel (INRIA).

**Analyse numérique d'équations aux dérivées partielles
à coefficients aléatoires, applications à l'hydrogéologie**

Soutenue le 12 juillet 2011

Ce travail présente quelques résultats concernant des méthodes numériques déterministes et probabilistes pour des équations aux dérivées partielles à coefficients aléatoires, avec des applications à l'hydrogéologie. On s'intéresse tout d'abord à l'équation d'écoulement dans un milieu poreux en régime stationnaire avec un coefficient de perméabilité lognormal homogène, incluant le cas d'une fonction de covariance peu régulière. On établit des estimations aux sens fort et faible de l'erreur commise sur la solution en tronquant le développement de Karhunen-Loève du coefficient. Puis on établit des estimations d'erreurs éléments finis dont on déduit une extension de l'estimation d'erreur existante pour la méthode de collocation stochastique, ainsi qu'une estimation d'erreur pour une méthode de Monte-Carlo multi-niveaux. On s'intéresse enfin au couplage de l'équation d'écoulement considérée précédemment avec une équation d'advection-diffusion, dans le cas d'incertitudes importantes et d'une faible longueur de corrélation. On propose l'analyse numérique d'une méthode numérique pour calculer la vitesse moyenne à laquelle la zone contaminée par un polluant s'étend. Il s'agit d'une méthode de Monte-Carlo combinant une méthode d'éléments finis pour l'équation d'écoulement et un schéma d'Euler pour l'équation différentielle stochastique associée à l'équation d'advection-diffusion, vue comme une équation de Fokker-Planck.

Cyril CRASSIN

Directeur de thèse : Fabrice Neyret (CNRS Grenoble).

**GigaVoxels : Un pipeline de rendu basé vole
pour l’exploration efficace de scènes larges et détaillées**

Soutenue le 12 juillet 2011

Laboratoire Jean Kuntzmann et Université de Grenoble

Dans cette thèse, nous présentons une nouvelle approche efficace pour le rendu de scènes vastes et d’objets détaillés en temps réel. Notre approche est basée sur une nouvelle représentation pré-filtrée et volumique de la géométrie et un lancer de cône basé-voxel qui permet un rendu précis et haute performance avec une haute qualité de filtrage de géométries très détaillées. Afin de faire de cette représentation vole une primitive de rendu standard pour le temps-réel, nous proposons une nouvelle approche basée sur les GPUs conçus entièrement pour passer à l’échelle et supporter ainsi le rendu des volumes de données très volumineux. Notre système permet d’atteindre des performances de rendu en temps réel pour plusieurs milliards de voxels. Notre structure de données exploite le fait que dans les scènes CG, les détails sont souvent concentrés sur l’interface entre l’espace libre et des grappes de densité et montre que les modèles volumétriques pourraient devenir une alternative intéressante en tant que rendu primitif pour les applications temps réel. Dans cet esprit, nous permettons un compromis entre qualité et performances et exploitons la cohérence temporelle. Notre solution est basée sur une représentation hiérarchique des données adaptées en fonction de la vue actuelle et des informations d’occlusion, couplée à un algorithme de rendu par lancer de rayons efficace. Nous introduisons un mécanisme de cache pour le GPU offrant une pagination très efficace de données dans la mémoire vidéo et mis en œuvre comme un processus data-parallel très efficace. Ce cache est couplé avec un pipeline de production de données capable de charger dynamiquement des données à partir de la mémoire centrale, ou de produire des voxels directement sur le GPU. Un élément clé de notre méthode est de guider la production des données et la mise en cache en mémoire vidéo directement à partir de demandes de données et d’informations d’utilisation émises directement lors du rendu. Nous démontrons notre approche avec plusieurs applications. Nous montrons aussi comment notre modèle géométrique pré-filtré et notre lancer de cônes approché peuvent être utilisés pour calculer très efficacement divers effets de flou ainsi que d’éclairage indirect en temps réel.

Mots-clés : Voxels, rendu, matériel graphique, visibilité, scènes volumiques.

Adrien MAGNI

Directeur de thèse : Georges-Henri Cottet (Université Joseph Fourier).

Méthodes particulières avec remaillage : analyse numérique, nouveaux schémas et applications pour la simulation d'équations de transport

Soutenue le 12 juillet 2011

Laboratoire Jean Kuntzmann et Université de Grenoble

Les méthodes particulières sont des méthodes numériques adaptées à la résolution d'équations de conservation. Leur principe consiste à introduire des particules 'numériques' conservant localement l'inconnue sur un petit volume, puis à les transporter le long de leur trajectoire. Lorsqu'un terme source est présent dans les équations, l'évolution de la solution le long des caractéristiques est prise en compte par une interaction entre les particules. Ces méthodes possèdent de bonnes propriétés de conservation et ne sont pas soumises aux conditions habituelles de CFL qui peuvent être contraignantes pour les méthodes eulériennes. Cependant, une contrainte de recouvrement entre les particules doit être satisfaite pour vérifier des propriétés de convergence de la méthode. Pour satisfaire cette condition de recouvrement, un remaillage périodique des particules est souvent utilisé. Elle consiste à recréer régulièrement de nouvelles particules uniformément réparties, à partir de celles ayant été advectées à l'itération précédente. Quand cette étape de remaillage est effectuée à chaque pas de temps, l'analyse numérique de ces méthodes particulières remaillées nécessite d'être reconsidérée, ce qui représente l'objectif de ces travaux de thèse. Pour mener à bien cette analyse, nous nous basons sur une analogie entre méthodes particulières avec remaillage et schémas de grille. Nous montrons que pour des grands pas de temps les schémas numériques obtenus souffrent d'une perte de précision. Nous proposons des méthodes de correction, assurant la consistance des schémas en tout point de grille, le pas de temps étant contraint par une condition sur le gradient du champ de vitesse. Cette méthode est construite en dimension un. Des techniques de limitation sont aussi introduites de manière à remailler les particules sans créer d'oscillations en présence de fortes variations de la solution. Enfin, ces méthodes sont généralisées aux dimensions plus grandes que un en s'inspirant du principe de splitting d'opérateurs. Les applications numériques présentées dans cette thèse concernent la résolution de l'équation de transport sous forme conservative en dimension un à trois, dans des régimes linéaires ou non-linéaires. **Mots-clés** : Méthodes particulières, analyse numérique, équation de transport, remaillage, schémas de différences finies, TVD.

Loïc SIMON

Directeur de thèse : Nikos Paragios (MAS, Ecole Centrale Paris).

**Procedural Reconstruction of Buildings :
Towards Large Scale Automatic 3D Modeling of Urban Environments**

Soutenue le 25 juillet 2011

Ecole Centrale Paris

La présente thèse est consacrée à la modélisation 2D et 3D d’environnements urbains à l’aide de représentations structurées et de grammaires de formes. Notre approche consiste à introduire une représentation sémantique de bâtiments, qui encode les contraintes architecturales attendues, et qui soit capable de traiter des exemples complexes en utilisant des grammaires très simples. En outre, nous proposons deux nouveaux algorithmes d’inférence permettant l’analyse grammaticale d’images en utilisant ces grammaires. En premier lieu, un algorithme dit de hill climbing permet d’extraire les règles de grammaire et les paramètres correspondants à partir d’une vue unique d’une façade. Ce concept combine astucieusement les contraintes grammaticales et les propriétés visuelles attendues pour les différents éléments architecturaux. Cependant, afin de pouvoir traiter de cas plus complexes et également d’incorporer de l’information 3D, une deuxième stratégie d’inférence basée sur des algorithmes évolutionnaires a été adoptée pour optimiser une fonction à deux objectifs qui introduit notamment des notions de profondeur. Le système proposé a été évalué tant qualitativement que quantitativement sur un panel de façades de référence toutes munies d’annotations, démontrant ainsi sa robustesse face à des situations d’abords difficiles. Grâce à la force du contexte grammatical, des améliorations substantielles ont été démontrées par rapport aux performances des mêmes modèles couplés à des *a priori* uniquement locaux. Par conséquent, notre approche fournit des outils puissants permettant de faire face à la demande croissante en modélisation 3D d’environnements réels à large échelle, grâce à des représentations sémantiques compactes et structurées. Ce travail ouvre par ailleurs un vaste champ de perspectives pour le domaine de l’interprétation d’images.

Bernédy Nel KODIA BANZOUZI

Directeur de thèse : Bernard Garel (Institut de Mathématiques de Toulouse).

**Mesures de dépendance pour une modélisation alpha-stable.
Application aux séries chronologiques stables**

Soutenue le 25 août 2011

Institut de Mathématiques de Toulouse

ANNONCES DE THÈSES

Dans cette thèse, nous apportons une contribution à l'étude de la dépendance entre des variables aléatoires à queues lourdes, et en particulier symétriques α -stables, en introduisant un nouveau coefficient de dépendance : le coefficient de covariation symétrique signé. Nous utilisons ce coefficient ainsi que le paramètre d'association généralisé introduit par Paulauskas (1976), dans le contexte des séries chronologiques, à des fins d'identification des processus MA et AR stables. Dans le premier chapitre, nous donnons une vue d'ensemble des lois α -stables. Nous rappelons les concepts fondamentaux, quelques unes des représentations des variables aléatoires associées, tant dans le cas univarié que multivarié. La mesure spectrale porte toute l'information sur la structure de dépendance d'un vecteur aléatoire α -stable. Sa forme est donnée pour deux sous-familles de lois : les vecteurs aléatoires sous-gaussiens et les combinaisons linéaires de variables aléatoires indépendantes. La covariation et la codifférence sont présentées. Dans le cas des vecteurs sous-gaussiens, nous proposons des bornes plus précises de la codifférence.

Nous introduisons le coefficient de covariation symétrique signé dans le deuxième chapitre. Ce coefficient possède la plupart des propriétés du coefficient de corrélation de Pearson. Dans le cas des vecteurs aléatoires sous-gaussiens, il coïncide avec le coefficient d'association généralisé. La consistance des estimateurs proposés pour ces deux quantités est démontrée. Les résultats d'une étude sur les comportements asymptotiques des estimateurs sont présentés.

Dans le troisième chapitre, nous introduisons les notions d'autocovariation symétrique signée et d'auto-association généralisée pour des processus linéaires stationnaires. Nous utilisons ces coefficients pour l'identification de l'ordre d'un processus MA stable. Nous proposons une statistique jouant le rôle d'un coefficient d'autocorrélation partielle. Nous comparons cette statistique avec les statistiques quadratiques asymptotiquement invariantes fondées sur les rangs et utilisées par Garel et Hallin (1999) pour l'identification des AR stables. Une étude des résultats obtenus est réalisée à partir de simulations.

Damien ROHMER

Directeurs de thèse : Stefanie Hahmann et Marie-Paule Cani (Laboratoire Jean Kuntzmann).

Géométrie active pour l'animation et la modélisation

Soutenue le 20 septembre 2011

Laboratoire Jean Kuntzmann et Université de Grenoble

Engendrer en temps-réel des déformations visuellement réalistes d'objets 3D, comme par exemple le corps et les vêtements de personnages, est un point crucial en animation, que ce soit pour des applications au jeu vidéo ou à la produc-

ANNONCES DE THÈSES

tion cinématographique. Les méthodes de déformations géométriques actuelles rapides telles que le skinning ou l’animation physique à basse résolution ne capturent cependant pas certains comportements naturels essentiels. En particulier, les déformations à volume constant du corps, le gonflement des muscles pour un personnage, ou la génération de plis sur ses vêtements dus au fait que leurs surfaces doivent rester développable.

Cette thèse présente une série de méthodes rendant les modèles géométriques actifs, c’est-à-dire capables de maintenir un certain nombre de contraintes intrinsèques de la surface portant sur le volume englobé ou sur le caractère développable de celle-ci. Nous étudions trois exemples :

- l’ajout de contraintes locales de volumes lors de l’animation d’une créature virtuelle par skinning ;
- l’ajout de plis de vêtements modélisant une surface quasi-inextensible à partir d’une animation à basse résolution donnée en entrée ;
- la génération d’une surface de type papier froissé, basée sur la préservation de l’isométrie vis-à-vis d’un patron planaire.

Dans tous ces modèles, notre approche est procédurale. Elle se base sur la déformation progressive et, potentiellement, le raffinement dynamique de la géométrie juste avant l’étape de rendu.

Mots-clés : Géométrie, déformation, modélisation, animation.

Romain WATTEAUX

Directeurs de thèse : Jean-Michel Ghidaglia (CMLA, ENS Cachan) et Antoine Llor (CEA).

**Détection des grandes structures turbulentes
dans les couches de mélange de type Rayleigh-Taylor
en vue de la validation de modèles statistiques turbulents bi-structure**

Soutenue le 21 septembre 2011

CMLA, ENS Cachan

Cette thèse a pour objectif de détecter les structures turbulentes aux grandes échelles présentes dans une couche de mélange de type Rayleigh-Taylor incompressible à faible nombre d’Atwood. Diverses grandeurs statistiques conditionnées par la présence de ces structures ont été obtenues, et il est désormais possible de les comparer avec les résultats des modèles statistiques turbulents dits bi-structure, tel le modèle 2SFK développé au CEA. Afin de réaliser les simulations numériques directes du mélange turbulent, un code numérique tridimensionnel incompressible à densité variable a été développé. Ce code a été parallélisé dans les trois directions. Plusieurs méthodes de détection de structure ont été conçues et testées. Bien que toutes ces méthodes présentent différents intérêts, seule la

ANNONCES DE THÈSES

plus efficace vis-à-vis de nos critères de détection a été gardée pour faire des simulations à forte résolution (plus d'un milliard de mailles, 10243). Un filtrage temporel de la vitesse verticale est utilisé dans cette méthode de détection afin de :

1. corriger les distorsions dues aux points d'arrêt et zones de recirculation dans l'écoulement,
2. minimiser l'effet de la turbulence aux petites échelles et mieux mettre en évidence les grandes échelles,
3. introduire un effet mémoire permettant de prolonger la bimodalité du champ de détection depuis les zones laminaires extérieures jusqu'au centre de la zone de mélange turbulent.

Plusieurs simulations numériques directes 10243 ont été effectuées. Les résultats viennent conforter ceux obtenus avec le modèle bi-structure 2SFK et justifient une étude plus poussée des grandeurs statistiques en vue de sa validation.

Khaled DAHAMNA

Directeurs de thèse : Witold Respondek et Rachida El Assoudi (INSA Rouen).

**Classification des algèbres de Lie sous-riemanniennes
et intégrabilité des équations géodésiques associées**

Soutenu le 23 septembre 2011

INSA Rouen

Dans cette thèse, on s'intéresse en premier aux problèmes sous-riemanniens sur un groupe de Lie nilpotent d'ordre 2. Dans un premier temps, on réalise la classification complète des algèbres de Lie sous-riemanniennes (SR-algèbres de Lie) nilpotentes d'ordre 2 de dimension n comprise entre 3 et 7, et celles de dimension arbitraire n telle que l'algèbre dérivée est de dimension une. De plus, nous avons distingué les SR-algèbres de Lie de contact et de quasi-contact et nous avons calculé, en dimension 5, le groupe des SR-symétries infinitésimales.

Une fois cette classification réalisée, on étudie les géodésiques sous-riemanniennes associées aux SR-algèbres de Lie nilpotentes d'ordre 2 obtenues dans notre classification. Nous avons étudié l'intégrabilité des équations géodésiques adjointes et donné les contrôles optimaux ainsi que les trajectoires optimales dans chacun des cas.

Dans une seconde partie de la thèse, on étudie les géodésiques sous-riemanniennes pour un groupe de Lie sous-riemannien (G, D, B) où $G = SO(4)$ ou $G = SO(2, 2)$ et D est de codimension 2 (donnant des espaces SR-homogènes de contact). Nous avons donné un modèle canonique de ces espaces et ensuite montré que les systèmes adjoints de Lie-Poisson associés au modèle étaient toujours intégrables au sens de Liouville. De plus, nous montrons que le système de Lie-Poisson est soit

un système linéaire qui est super-intégrable en fonctions trigonométriques du temps ou constantes ; soit un système non linéaire intégrable au sens de Liouville et dont les solutions sont exprimables à l’aide de la fonction elliptique de Weierstrass.

Martin PARISOT

Directeur de thèse : Thierry Goudon (EPI SIMPAF, Inria Lille - Nord Europe).

**Modélisation intermédiaire entre équations cinétiques
et limites hydrodynamiques : dérivation, analyse et simulations**

Soutenue le 23 septembre 2011

Inria Lille - Nord Europe

Le travail de cette thèse est consacré à l’étude d’un problème issu de la physique des plasmas : le transfert thermique des électrons dans un plasma proche de l’équilibre Maxwellien.

Dans un premier temps, le régime asymptotique de Spitzer-Härm est étudié. Un modèle proposé par Schurtz et Nicolaï est situé dans le contexte des limites hydrodynamiques hors du cadre strictement asymptotique et analysé. Le lien avec les modèles non-locaux de Luciani et Mora est établi, ainsi que des propriétés mathématiques comme le principe du maximum et la dissipation d’entropie.

Ensuite, une dérivation formelle à partir des équations de Vlasov est proposée. Une hiérarchie de modèles intermédiaires entre les équations cinétiques et la limite hydrodynamique est décrite. Notamment, un nouveau système hydrodynamique, de nature intégró-différentielle, est proposé. Le système de Schurtz et Nicolaï apparaît comme une simplification du système issu de la dérivation. L’existence et l’unicité de la solution du système non stationnaire sont établies dans un cadre simplifié.

La dernière partie est consacrée à la mise en oeuvre d’un schéma numérique spécifique pour résoudre ces modèles. On propose une approche par volumes finis pouvant être efficace sur des maillages non-structurés. La précision de ce schéma permet de capturer des effets spécifiques de nature cinétique, qui ne peuvent être reproduits par le modèle asymptotique de Spitzer-Härm. La consistance de ce schéma avec celui de l’équation de Spitzer-Härm est mise en évidence, ouvrant la voie à des stratégies de couplage entre les deux modélisations.

Mots-clés : Physique des plasmas, équations cinétiques, limite hydrodynamique, régime de Spitzer-Härm, modèles non-locaux, schémas volumes finis, maillages non structurés.

Hedi HARZALLAH

Directeurs de thèse : Cordelia Schmid (INRIA Rhône-Alpes) et Frédéric Jurie (Université de Caen).

Contribution à la détection et à la reconnaissance d’objets dans les images

Soutenue le 27 septembre 2011

Laboratoire Jean Kuntzmann et Université de Grenoble

Cette thèse s’intéresse au problème de la reconnaissance d’objets dans les images vidéo et plus particulièrement à celui de leur localisation. Elle a été conduite dans le contexte d’une collaboration scientifique entre l’INRIA Rhône-Alpes et MBDA France. De ce fait, une attention particulière a été accordée à l’applicabilité des approches proposées aux images infra-rouges. La méthode de localisation proposée repose sur l’utilisation d’une fenêtre glissante incluant une cascade à deux étages qui, malgré sa simplicité, permet d’allier rapidité et précision. Le premier étage est un étage de filtrage rejetant la plupart des faux positifs au moyen d’un classifieur SVM linéaire. Le deuxième étage élimine les fausses détections laissées par le premier étage avec un classifieur SVM non-linéaire plus lent, mais plus performant. Les fenêtres sont représentées par des descripteurs HOG et Bag-of-words. La seconde contribution de la thèse réside dans une méthode permettant de combiner localisation d’objets et catégorisation d’images. Ceci permet, d’une part, de prendre en compte le contexte de l’image lors de la localisation des objets, et d’autre part de s’appuyer sur la structure géométrique des objets lors de la catégorisation des images. Cette méthode permet d’améliorer les performances pour les deux tâches et produit des détecteurs et classifieurs dont la performance dépasse celle de l’état de l’art. Finalement, nous nous penchons sur le problème de localisation de catégories d’objets similaires et proposons de décomposer la tâche de localisation d’objets en deux étapes. Une première étape de détection permet de trouver les objets sans déterminer leurs positions tandis qu’une seconde étape d’identification permet de prédire la catégorie de l’objet. Nous montrons que cela permet de limiter les confusions entre les classes, principal problème observé pour les catégories d’objets visuellement similaires. La thèse laisse une place importante à la validation expérimentale, conduites sur la base PASCAL VOC ainsi que sur des bases d’images spécifiquement réalisées pour la thèse.

Mots-clés : Localisation d’objet, classification d’images, reconnaissance, apprentissage machine, vision par ordinateur.

Hai-xiang ZHAO

Directeur de thèse : Frédéric Magoulès (MAS, Ecole Centrale Paris).

**Intelligence artificielle pour l'analyse énergétique à grande échelle
des bâtiments**

Soutenue le 28 septembre 2011

Ecole Centrale Paris

La performance énergétique des bâtiments est influencée par de nombreux facteurs, tels que les conditions météorologiques ambiantes, la structure de chaque bâtiment et ses caractéristiques, le comportement des occupants, le chauffage, la ventilation et la climatisation. Cette propriété rend complexe la prévision, l'analyse, ou la détection / diagnostic de mauvaise consommation énergétique des bâtiments. Cette thèse s'intéresse principalement au développement de modèles d'intelligence artificielle pour résoudre ces problèmes. La thèse passe en revue les modèles récemment développés pour résoudre ces problèmes, y compris des méthodes d'ingénierie détaillée et simplifiée, les méthodes statistiques et les méthodes d'intelligence artificielle. La thèse s'intéresse à la simulation des profils de consommation d'énergie pour les bâtiments simples et multiples. Les résultats numériques montrent une grande précision pour la prédiction de ces modèles ainsi que leur robustesse. Dans un deuxième temps, le modèle Déterministe Récurrent Perceptron de réseau de neurones est utilisé pour détecter et diagnostiquer la consommation défectueuse d'énergie des bâtiments. Les résultats numériques obtenus montrent que le modèle présente une grande capacité de détection des mauvaises consommations. Une nouvelle approche est alors proposée pour diagnostiquer des consommations défectueuses. La thèse examine ensuite comment sélectionner des sous-ensembles caractéristiques influençant la performance du modèle. Les résultats expérimentaux confirment la validité des ensembles sélectionnés et montrent que la méthode proposée garantit l'exactitude du modèle et réduit le temps de calcul. Un défi de l'étude de la consommation énergétique des bâtiments est d'accélérer le temps de simulation nécessaire à la prédiction du modèle lorsque les données sont très importantes. Cette thèse propose une mise en œuvre parallèle efficace des méthodes Support Vector Machines, basée sur une méthode de décomposition. Les problèmes intérieurs sont traités par un solveur d'optimisation séquentielle minimale. Le parallélisme sous-jacent est réalisé par la version de mémoire partagée de Map-Reduce, qui rend le système particulièrement adapté pour être appliqué à des systèmes multi-cores et multi-processeurs. Les résultats expérimentaux montrent que l'implémentation proposée dans la thèse offre une augmentation de la vitesse élevée par rapport à Libsvm, et est supérieur à Pism.

ANNONCES DE THÈSES

Rémi TACHET DES COMBES

Directeur de thèse : Frédéric Abergel (MAS, école Centrale Paris).

Calibration non paramétrique de modèles en finance

Soutenue le 6 octobre 2011

Ecole Centrale Paris

La calibration des vanilles est un problème majeur de la finance. On tente ici de le résoudre pour trois classes de modèles : les modèles à volatilité locale et stochastique, le modèle dit à ‘corrélation locale’ et un modèle hybride de volatilité locale avec taux stochastiques. D’un point de vue mathématique, l’équation de calibration est une équation non linéaire et intégral-différentielle particulièrement complexe. Dans une première partie, on prouve des résultats d’existence de solutions pour cette équation, ainsi que pour son adjoint (plus simple à résoudre). Ces résultats se fondent sur des méthodes de points fixes dans des espaces de Hölder et requièrent des théorèmes classiques relatifs aux équations aux dérivées partielles paraboliques, ainsi que quelques estimations *a priori* en temps court. La deuxième partie traite de l’application de ces résultats d’existence aux trois modèles financiers précédemment cités. On y expose également les résultats numériques obtenus en résolvant l’EDP. La calibration par cette méthode est tout à fait satisfaisante. Enfin, dans un dernier temps, on s’intéresse à l’algorithme utilisé pour la résolution numérique : un schéma ADI prédictor-correcteur, qu’on modifie pour prendre en compte le caractère non linéaire de l’équation. On décrit également un phénomène d’instabilité de la solution de l’EDP qu’on tente d’expliquer d’un point de vue théorique grâce à l’instabilité dite de ‘Hadamard’.

Damien FOURNIER

Directeurs de thèse : Raphaèle Herbin (LATP, Université de Provence) et Romain Le Tellier (CEA).

Analyse et développement de méthodes de raffinement hp en espace pour l’équation de transport des neutrons

Soutenue le 10 octobre 2011

Université de Provence

Pour la conception des cœurs de réacteurs de 4^{ème} génération, une précision accrue est requise pour les calculs des différents paramètres neutroniques. Les ressources mémoire et le temps de calcul étant limités, une solution consiste à utiliser des méthodes de raffinement de maillage afin de résoudre l’équation de transport des neutrons. Le flux neutronique, solution de cette équation, dépend de l’énergie, l’angle et l’espace. Les différentes variables sont discrétisées de manière

ANNONCES DE THÈSES

successive. L'énergie avec une approche multigroupe, considérant les différentes grandeurs constantes sur chaque groupe, l'angle par une méthode de collocation, dite approximation S_N . Après discrétisation énergétique et angulaire, un système d'équations hyperboliques couplées ne dépendant plus que de la variable d'espace doit être résolu. Des éléments finis discontinus sont alors utilisés afin de permettre la mise en place de méthodes de raffinement dite hp . La précision de la solution peut alors être améliorée *via* un raffinement en espace (h -raffinement), consistant à subdiviser une cellule en sous-cellules, ou en ordre (p -raffinement) en augmentant l'ordre de la base de polynômes utilisée.

Dans cette thèse, les propriétés de ces méthodes sont analysées et montrent l'importance de la régularité de la solution dans le choix du type de raffinement. Ainsi deux estimateurs d'erreurs permettant de mener le raffinement ont été utilisés. Le premier, suppose des hypothèses de régularité très fortes (solution analytique) alors que le second utilise seulement le fait que la solution est à variations bornées. La comparaison de ces deux estimateurs est faite sur des benchmarks dont on connaît la solution exacte grâce à des méthodes de solutions manufacturées. On peut ainsi analyser le comportement des estimateurs au regard de la régularité de la solution. Grâce à cette étude, une stratégie de raffinement hp utilisant ces deux estimateurs est proposée et comparée à d'autres méthodes rencontrées dans la littérature. L'ensemble des comparaisons est réalisé tant sur des cas simplifiés où l'on connaît la solution exacte que sur des cas réalistes issus de la physique des réacteurs.

Ces méthodes adaptatives permettent de réduire considérablement l'empreinte mémoire et le temps de calcul. Afin d'essayer d'améliorer encore ces deux aspects, on propose d'utiliser des maillages différents par groupe d'énergie. En effet, l'allure spatiale du flux étant très dépendante du domaine énergétique, il n'y a *a priori* aucune raison d'utiliser la même décomposition spatiale. Une telle approche nous oblige à modifier les estimateurs initiaux afin de prendre en compte le couplage entre les différentes énergies. L'étude de ce couplage est réalisée de manière théorique et des solutions numériques sont proposées puis testées.

Thèses en ligne!

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

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

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

Thierry Dumont.

Annonces de Colloques

par Thomas HABERKORN

Décembre 2011

JOURNÉES GEORGE PAPANICOLAOU 2011

du 1er au 2 Décembre 2011, à Paris

<http://www.ljll.math.upmc.fr/Journees-Papanicolaou/>

SEPTIÈMES JOURNÉES FRANCO-CHILIENNES D'OPTIMISATION

du 1 au 3 Décembre 2011, à Perpignan

http://jfco7.univ-perp.fr/JFCO7_Main.html

JOURNÉES LIONS-MAGENES

du 14 au 15 Décembre 2011, à Paris

<http://www.ljll.math.upmc.fr/Journees-Lions-Magenes/>

Janvier 2012

CALCULUS OF VARIATIONS IN PHYSICS AND MATERIALS SCIENCE

du 8 au 13 Janvier 2012, à Würzburg (Allemagne)

<http://www.mathematik.uni-wuerzburg.de/winterschool/>

MATHEMATICS AND IMAGE ANALYSIS (MIA'12)

du 16 au 18 Janvier 2012, à Paris

<http://www.ceremade.dauphine.fr/~peyre/mspc/mspc-mia-12/>

Février 2012

MATHEMATICS FOR INNOVATION : LARGE AND COMPLEX SYSTEMS

du 28 Février au 4 Mars 2012, à Tokyo (Japon)

<http://www.esf.org/activities/esf-conferences/details/2012/confdetail397/397-preliminary-programme.html>

Mars 2012

ECOLE DE PRINTEMPS "STOCHASTIC ANALYSIS IN FINANCE"

du 6 au 15 Mars 2012, à Roscoff

[http://www.math.univ-brest.fr/perso/rainer.buckdahn/March 2012/Spring School mars 2012.html](http://www.math.univ-brest.fr/perso/rainer.buckdahn/March%202012/Spring%20School%20mars%202012.html)

ANNONCES DE COLLOQUES

COLLOQUE "PRESENT CHALLENGES OF MATHEMATICS IN ONCOLOGY AND BIOLOGY OF CANCER : MODELING AND MATHEMATICAL ANALYSIS"

du 19 au 23 Mars 2012, à Marseille

<http://www.latp.univ-mrs.fr/mcc/>

JOURNÉES "EXPLORATION DE MODÈLES ET INCERTITUDES EN SIMULATION NUMÉRIQUE"

du 21 au 23 Mars 2012, à Bruyère-le-Châtel

<http://www.gdr-mascotnum.fr/2012/>

Avril 2012

PICOF'12 - 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INVERSE PROBLEMS, CONTROL AND SHAPE OPTIMIZATION

du 2 au 4 Avril 2012, à Palaiseau

<http://www.cmap.polytechnique.fr/picof/conferences.html>

Juin 2012

39ÈMES JOURNÉES EDP 2012

du 4 au 8 Juin 2012, à Biarritz

<http://gdredp.math.cnrs.fr/spip/spip.php?rubrique34>

21TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON DOMAIN DECOMPOSITION METHODS

du 25 au 29 Juin 2012, à Rennes

<http://dd21.inria.fr>

23RD INTERNATIONAL MEETING ON PROBABILISTIC, COMBINATORIAL AND ASYMPTOTIC METHODS FOR THE ANALYSIS OF ALGORITHMS

du 17 au 22 Juin 2012, à Montreal (Canada)

<http://cg.scs.carleton.ca/~luc/AofA2012.html>

Revue de presse

par Paul SABLONNIÈRE

WALTER TINSSON : *Plans d'expérience : constructions et analyses statistiques*,
Collection "Mathématiques et Applications", SMAI, Springer, 2010

Cet ouvrage est issu de cours faits au long des années par l'auteur et ses collaborateurs à l'Université de Pau. Il concentre et met en forme l'expérience permettant de "faire passer" auprès des étudiants un sujet vaste, complexe et important pour les applications ; ceci donne un "livre de texte" très complet. D'entrée l'auteur affirme son ambition : aller au delà des ouvrages d'application en justifiant rigoureusement les méthodes utilisées, tout en évitant de tomber dans un livre ardu destiné aux spécialistes du domaine. Pour atteindre cet objectif, il illustre les différentes méthodes qu'il décrit par d'innombrables exemples concrets ; ceux ci sont traités numériquement, et les résultats sont souvent agréablement présentés sur des graphiques. Dans ce même but, les démonstrations sont reportées en annexe de chaque chapitre, et sont donc disponibles sans encombrer le cours du texte. Notons qu'il ne s'agit pas d'un manuel de traitement informatique des plans d'expérience. Si les logiciels disponibles sont rapidement recensés, on ne trouve ici aucune aide à leur emploi ; l'auteur utilise SAS ou le logiciel spécialisé Nemrod ; en ce sens, le livre aurait sans doute été enrichi par une ouverture vers le logiciel R (qui est gratuit et des plus répandus chez les statisticiens). Notons aussi qu'il s'adresse à des lecteurs ayant déjà une certaine pratique des statistiques : il ne fait que rappeler très rapidement les notions élémentaires de probabilités et de statistique : estimation, biais, modèle linéaire et décomposition des sommes de carrés. Après avoir introduit les notions de base (facteurs, niveaux, modèle, plans d'expérience, plans complets), l'ouvrage rappelle les notions mathématiques nécessaires en algèbre linéaire et, donc en probabilités-statistiques. Les chapitres suivants traitent de plans pour facteurs quantitatifs (modèle linéaire avec ou sans interactions, plans factoriels complets ou fractionnaires, plans en blocs, recherche de surfaces de réponse), puis de plans pour facteurs qualitatifs (problème de codage, carrés latins et autres, ...). Se pose bien sûr de façon inévitable le problème de l'optimalité d'un plan. L'auteur explique clairement que, dès qu'il y a plus d'un paramètre, il y a plusieurs notions raisonnables d'efficacité :

en moyenne (B-efficacité), en "volume" (déterminant) de la matrice de covariance (D-efficacité), en "variance maximale" pour les combinaisons normées des paramètres (E-efficacité), etc. Les divers plans étudiés précédemment sont alors passés (souvent avec succès) aux cribles de ces efficacités. Enfin une annexe globale montre les liens profonds entre les plans factoriels et les groupes finis, puis résume les plans les plus classiques (souvent déjà vus dans l'ouvrage), en donnant pour chacun ses propriétés (en particulier d'optimalité) et un exemple simple.
Communiqué par Bernard Prum.

DIDIER NORDON : *À contre idées - Pour jouer avec les mots' et les idées,*
Editeur Belin pour la science, 225 pages ; ISBN 9 78842 451103, 2011

L'auteur est un mathématicien qui, depuis de nombreuses années, écrits des billets dans un bloc-notes de la revue " Pour la Science " ; cette revue accueille aussi les chroniques de Ivar Ekeland et des articles de Jean-Paul Delahaye qui sont aussi des mathématiciens très connus. De temps à autre Didier Nordon regroupe ses billets dans de petits livres, il les classe en fonction de critères qui peuvent surprendre, voici les titres des six parties de ce petit livre :

- 1- Le père au camélia et autres considérations langagières ;
- 2- Le niveau baisse, évidemment !
- 3- Conférences, articles et autres passe-temps de bon aloi ;
- 4- Mathématiques à rebrousse-poil ;
- 5- Que la nature reste à sa place ;
- 6- Solutions simples pour problèmes complexes.

Le titre du livre et les sous-titres des différentes parties reflètent bien l'état d'esprit frondeur de l'auteur qui procède souvent à contre-idées en jouant sur la polysémie des mots, sur la permutation des mots dans des phrases toutes faites. Faire un compte rendu global m'a semblé trop difficile, aussi je me bornerai à présenter brièvement quelques exemples. Dans le texte "Le confort du conformisme" l'auteur attaque les épreuves de culture générale des examens et des concours, épreuves dans lesquelles il est demandé aux candidats de traiter des sujets qui a priori ne les intéressent pas ! Voici la conclusion de ce billet : "Tout ignorer d'un sujet qui ne vous intéresse pas plutôt que n'en savoir que ce qu'il faut en savoir est un acte de liberté de pensée". Autre texte au titre curieux, "L'abstrait au secours du concret" commence ainsi : "D'un objet mathématique on peut acquérir une connaissance sans médiation". Pour trouver le rapport entre le titre et la phrase citée il faut lire le billet. Didier Nordon se moque de tous, de lui-même, de ses collègues mathématiciens, des physiciens, des historiens, des philosophes,

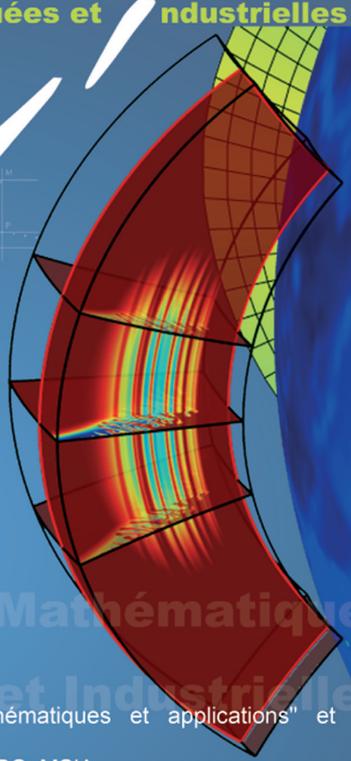
REVUE DE PRESSE

des moralistes, et de tout, des mathématiques, de la philosophie, de la morale. Il subvertit les mots, les idées acquises ou nouvelles. Pour convaincre le futur lecteur j'ajouterai quelques titres de billets : "L'essence de l'essence" (il ne serait pas étonnant de trouver prochainement un billet sur "Les sens de l'essence"), "Objectif : être objectif", "Le frisson de la découverte du connu", "Pour une recherche de la politique" et enfin le dernier billet "Du bon usage du non-ordinateur". Petit ouvrage à lire pour sourire et remettre en question des idées reçues, des expressions toutes faites qui, au fil des temps, ont perdu leur sens premier."

Communiqué par Gérard Tronel

Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles

SMAI

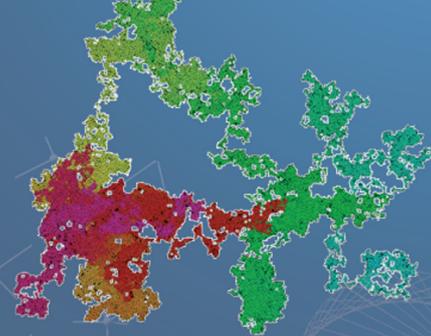


Nos objectifs :

- promouvoir la recherche en mathématiques appliquées
- contribuer à la réflexion sur l'enseignement des mathématiques à tous les niveaux
- améliorer les interfaces entre la recherche, l'université et l'entreprise
- intensifier les symbioses entre diverses branches des mathématiques appliquées et les interactions avec d'autres disciplines scientifiques ou technologiques

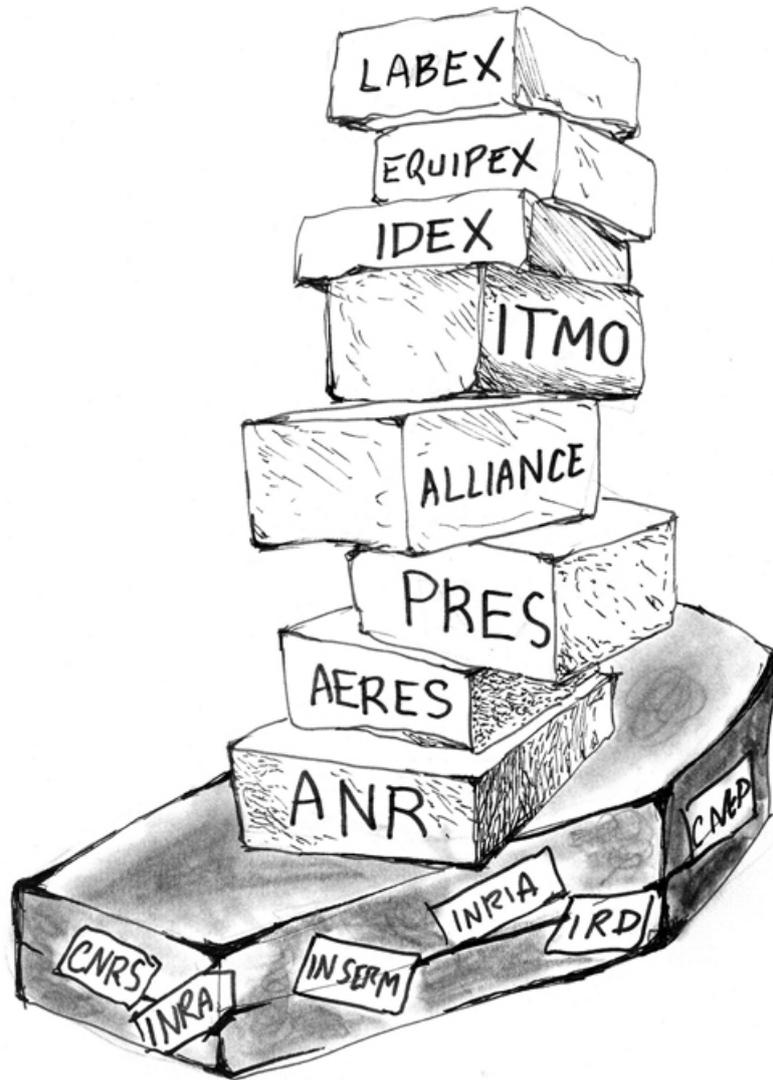
Nos activités principales :

- édition scientifique : collection de livres "Mathématiques et applications" et "Mathématiques appliquées pour le Master/SMAI"; revues ESAIM : COCV, P&S, Proc. et M2AN; RAIRO:RO; MSIA
- organisation de congrès et de journées industrielles
- en liaison avec le monde industriel, l'école d'été du CEMRACS
- bulletin de liaison Matapli pour nos adhérents
- participation à des actions vers la communauté mathématique et vers le grand public
- actions communes avec des sociétés étrangères de mathématiques appliquées



<http://smai.emath.fr>

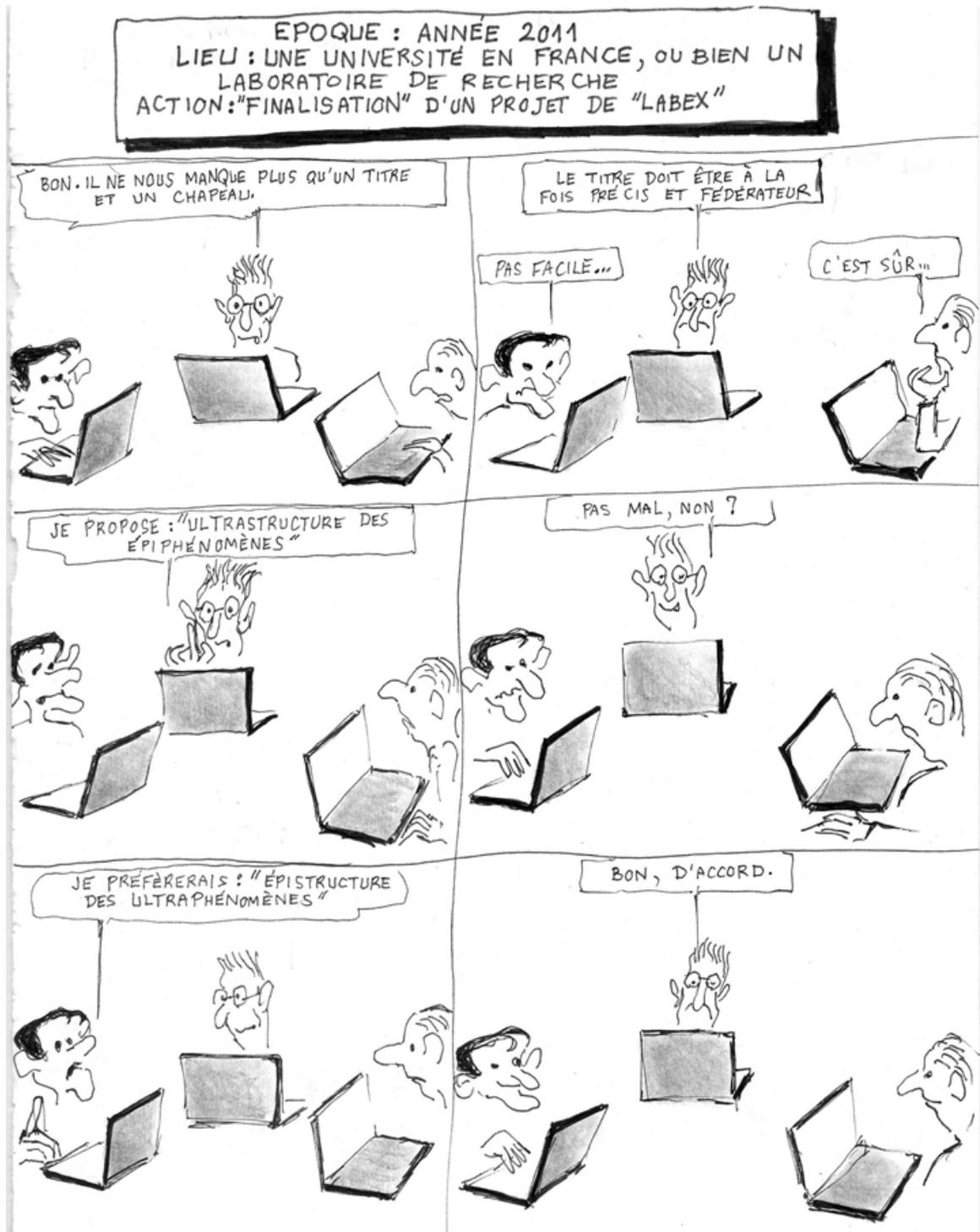
SMAI Institut Henri Poincaré
11 rue Pierre et Marie Curie
75231 Paris cedex 05
Tel : 01 44 27 66 61



Le cadavre exquis de la recherche française

⚠ ATTENTION: BD AVEC BEAUCOUP DE TEXTES
ET PAS BEAUCOUP DE DESSINS

par Francis Haraux, chercheur CNRS en biologie.

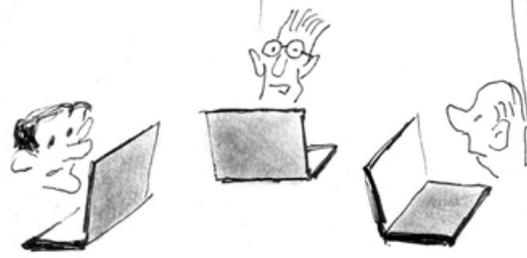


JE VAIS VOUS RELIRE LE
PROJET DE CHAPEAU QUE JE
VOUS AVAIS EN VOYÉ

ON L'A ÉCRIT À PLUSIEURS

CHACUN A ÉCRIT UN BOUT ET J'AI
FAIT LA SYNTHÈSE

POUR L'INSTANT ON L'A ÉCRIT
EN FRANÇAIS, ON LE SENTAIT TROP
EN ANGLAIS POUR UN
PREMIER JET



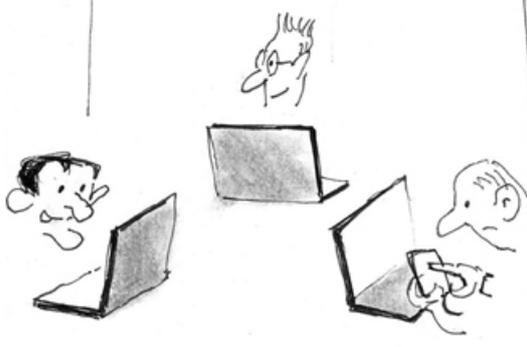
CE PROJET FÉDÉRATEUR ET TRANSVERSAL RASSEMBLERA LES MEILLEURS TALENTS AUTOUR DES PLATEFORMES LES PLUS PERFORMANTES AFIN D'ATTEINDRE DES OBJECTIFS BIEN CIBLÉS. CEUX-CI, PARTICULIÈREMENT AMBITUEUX ET NOVATEURS, DEVRAIENT ABOUTIR À UNE VÉRITABLE RUPTURE CONCEPTUELLE TRAVERSANT PLUSIEURS CHAMPS INTERDISCIPLINAIRES, AVEC DES RETOMBÉES SOCIÉTALES IMPORTANTES. IL REPRÉSENTE UNE VÉRITABLE PRISE DE RISQUE, MAIS SON SUCCÈS EST CEPENDANT GARANTI PAR L'EXCEPTIONNELLE VISIBILITÉ INTERNATIONALE DE SES PORTEURS. AU FINAL, IL DEVRAIT PERMETTRE DE STRUCTURER UN RÉSEAU D'EXCELLENCE À LA FOIS HORIZONTAL ET VERTICAL, BASÉ SUR LE BOTTOM-UP EN CE QUI CONCERNE LE SECOND AXE, ET QUI S'ARTICULERA AUTOUR D'UN CERTAIN NOMBRE DE PÔLES BIEN DÉFINIS MAIS CEPENDANT ÉVOLUTIFS. SON PÉRIMÈTRE, ESSENTIELLEMENT BASÉ SUR L'EXCELLENCE, POURRA AINSI DÉFINIR UN CERCLE VERTUEUX SUSCEPTIBLE DE S'ÉLARGIR À DE NOUVEAUX ACTEURS SELON UN PROCESSUS DE SÉLECTION TRÈS EXIGENT BASÉ SUR UNE AUTO-ÉVALUATION CONFIEE À DES EXPERTS INDÉPENDANTS. SES FORTES POTENTIALITÉS CONSTAMMENT VALIDÉES PAR LE RETOUR D'EXPÉRIENCE LUI PERMETTRONT D'INTÉGRER, VOIRE MÊME D'ANTICIPER LES CONCEPTS ÉMERGENTS ET LES TECHNOLOGIES DE DEMAIN.



C'EST PAS MAL

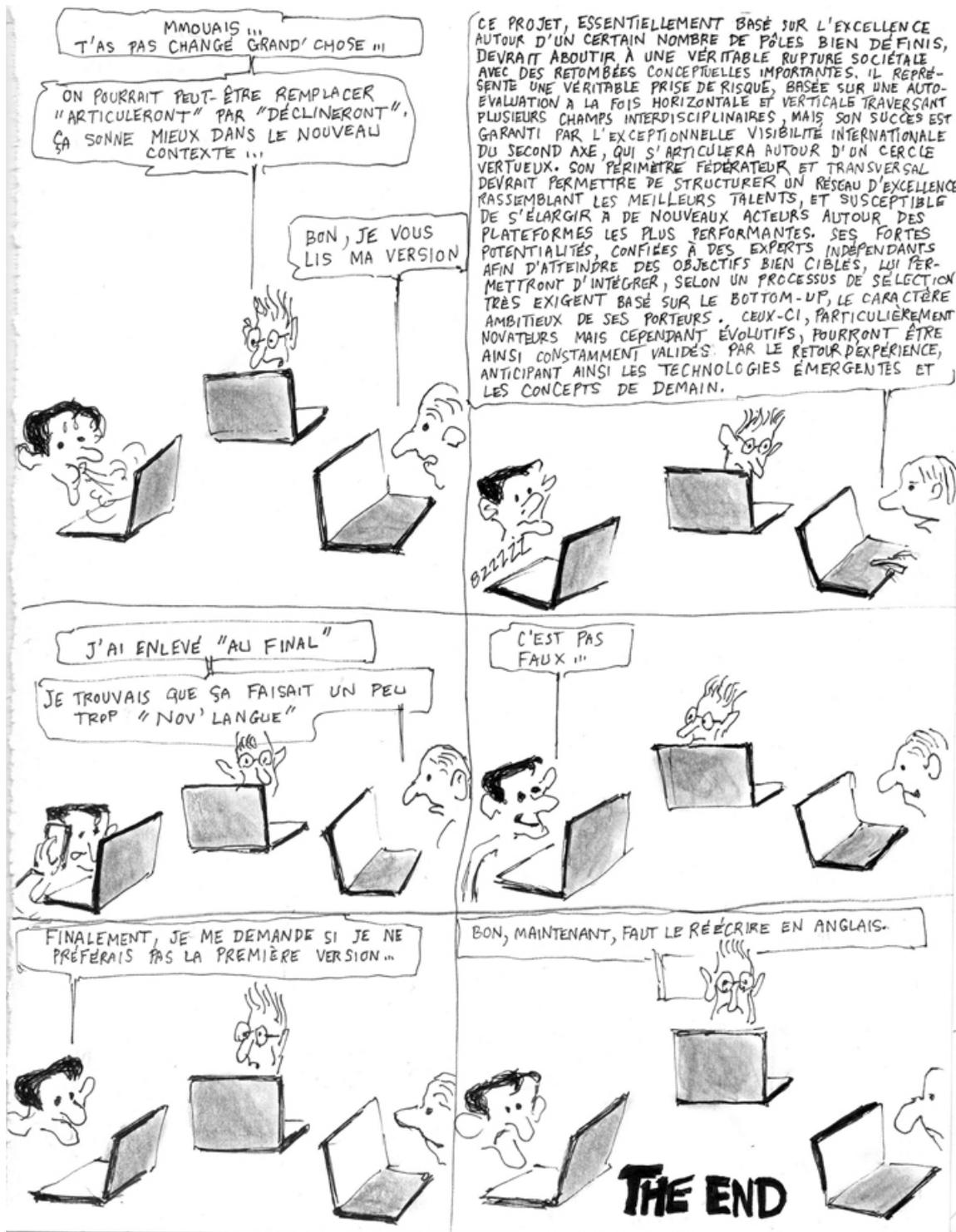
J'AI FAIT QUELQUES MODIFS

JE VOUS LES LIS



CE PROJET, ESSENTIELLEMENT NOVATEUR, RASSEMBLERA UN CERTAIN NOMBRE DE PÔLES TRAVERSANT PLUSIEURS CHAMPS INTERDISCIPLINAIRES D'EXCELLENCE BIEN CIBLÉS ET INDÉPENDANTS. LE PÉRIMÈTRE DE SES PLATEFORMES, À LA FOIS HORIZONTAL ET VERTICAL, REPRÉSENTE UNE VÉRITABLE PRISE DE RISQUES ET UNE RUPTURE CONCEPTUELLE EN CE QUI CONCERNE LE SECOND AXE, MAIS AVEC DES RETOMBÉES SOCIÉTALES ET INTERNATIONALES IMPORTANTES. SON SUCCÈS EST CEPENDANT GARANTI PAR L'EXCEPTIONNELLE VISIBILITÉ DE SES PORTEURS, BASÉE SUR UNE AUTO-ÉVALUATION CONFIEE À UN RÉSEAU STRUCTURÉ D'EXPERTS AMBITUEUX, FÉDÉRATEURS ET TRANSVERSAUX. CELLE-CI, CONSTAMMENT VALIDÉE PAR LE RETOUR D'EXPÉRIENCE BOTTOM-UP, POURRA AINSI DÉFINIR UN CERCLE VERTUEUX. LES FORTES POTENTIALITÉS DE CE PROJET, PARTICULIÈREMENT, BASÉ SUR L'EXCELLENCE SELON UN PROCESSUS DE SÉLECTION TRÈS EXIGENT, ARTICULERONT LES MEILLEURS TALENTS AVEC LES CONCEPTS ET LES TECHNOLOGIES DE DEMAIN. AU FINAL, ELLES PERMETTRONT D'ATTEINDRE DES OBJECTIFS PERFORMANTS, BIEN DÉFINIS ET CEPENDANT ÉVOLUTIFS, ET SUSCEPTIBLES DE S'ÉLARGIR TOUT EN PERMETTANT D'INTÉGRER, VOIRE MÊME D'ANTICIPER DE NOUVEAUX ACTEURS ÉMERGENTS.





CORRESPONDANTS RÉGIONAUX

CORRESPONDANTS RÉGIONAUX

Amiens *Serge Dumont*
LAMFA
Univ. de Picardie Jules Verne
33 rue Saint Leu
80039 Amiens CEDEX
☎ 03 22 82 75 16
Serge.Dumont@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 *Marc Lassonde*
Lab. de Mathématiques Informatique
et Applications
Univ. des Antilles et de la Guyane
97159 Pointe à Pitre
Marc.Lassonde@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 *Olivier Saut*
Institut de Mathématiques
Univ. Bordeaux I
351 cours de la Libération
33405 Talence CEDEX
☎ 05 40 00 61 47 – 📠 05 40 00 26 26
olivier.saut@math.u-bordeaux1.fr

Brest *Marc Quincampoix*
Dépt. de Mathématiques
Faculté des Sciences
Univ. de Bretagne Occidentale
BP 809
29285 Brest CEDEX
☎ 02 98 01 61 99 – 📠 02 98 01 67 90
Marc.Quincampoix@univ-brest.fr

Cachan ENS *Frédéric Pascal*
CMLA
ENS Cachan
61 av. du Président Wilson
94235 Cachan CEDEX
☎ 01 47 40 59 46 – 📠 01 47 40 59 01
frederic.pascal@cmla.ens-cachan.fr

Caen *Alain Campbell*
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
alain.campbell@unicaen.fr

Cergy *Mathieu Lewin*
Dép. de Mathématiques,
Univ. de Cergy-Pontoise / Saint-Martin
2 av. Adolphe Chauvin
95302 Cergy-Pontoise CEDEX
☎ 01 34 25 66 15 – 📠 01 34 25 66 45
mathieu.lewin@math.cnrs.fr

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

Compiègne *Véronique Hédou-Rouillier*
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 *Christian Michelot*
UFR Sciences et Techniques
Univ. de Bourgogne
BP 400
21004 Dijon CEDEX
☎ 03 80 39 58 73 – 📠 03 80 39 58 90
michelot@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

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

Évry la Génopole *Laurent Denis*
Dépt de Mathématiques
Univ. d'Évry Val d'Essonne
B^d des Coquibus
91025 Évry CEDEX
☎ 01 69 47 02 03 – 📠 01 69 47 02 18
laurent.denis@univ-evry.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 IREMA
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

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

Liban *Hyam Abboud*
Fac. des Sciences et de Génie Informa-
tique
Univ. Saint-Esprit de Kaslik
BP 446 Jounieh
Liban
☎ + 961 9 600 914
hyamabboud@usek.edu.lb

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 *Thierry Dumont*
Institut Camille Jordan,
Univ. Claude Bernard Lyon 1
43 b^d du 11 novembre 1918
69622 Villeurbanne CEDEX
tdumont@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

Mauritanie *Zeine Ould Mohamed*
Équipe de Recherche en Informatique
et Mathématiques Appliquées
Faculté des Sciences et Techniques
Univ. de Nouakchott
BP 5026
Nouakchott – Mauritanie
☎ + 222 25 04 31 – 📠 + 222 25 39 97
zeine@univ-nkc.mr

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
takahash@iecn.u-nancy.fr

Nantes *Francoise Foucher*
École Centrale de Nantes
BP 92101
44321 Nantes CEDEX 3
☎ 02 40 37 25 19
francoise.foucher@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

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 *Jean-Marc Bonnisseau*
 UFR 27 – Math. et Informatique
 Univ. de Paris I, CERMSEM
 90 rue de Tolbiac
 75634 Paris CEDEX 13
 ☎ 01 40 77 19 40 – 📠 01 40 77 19 80
 jean-marc.bonnisseau@univ-paris1.fr

Paris V *Ellen Saada*
 Lab. de statistique médicale
 Univ. Paris 5
 45 rue des Saints Pères
 75006 Paris
 ☎ 01 42 86 21 14 – 📠 01 42 86 41 44
 ellen.saada@mi.parisdescartes.fr

Paris VI *Nicolas Vauchelet*
 Lab. d’Analyse Numérique
 Boîte courrier 187
 Univ. Pierre et Marie Curie
 4 place Jussieu
 75252 Paris CEDEX 05
 ☎ 01 44 27 37 72 – 📠 01 44 27 72 00
 vauchelet@ann.jussieu.fr

Paris VI *Stéphane Menozzi*
 Lab. Probabilités et Modèles Aléatoires
 Univ. Pierre et Marie Curie
 4 place Jussieu
 75252 Paris CEDEX 05
 ☎ 01 44 27 70 45 – 📠 01 44 27 72 23
 menozzi@ccr.jussieu.fr

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 *Yuxin Ge*
 UFR de Sciences et Technologie
 Univ. Paris 12 - Val de Marne
 61 av. du Général de Gaulle
 94010 Créteil CEDEX
 ☎ 01 45 17 16 52
 ge@univ-paris12.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

Perpignan *Didier Aussel*
 Dépt de Mathématiques
 Univ. de Perpignan
 52 avenue de Villeneuve
 66860 Perpignan CEDEX
 ☎ 04 68 66 21 48 – 📠 04 68 06 22 31
 aussel@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
 UFR Sciences Exactes et Naturelles
 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 *Virginie Bonnaillie-Noël*
IRMAR et ENS Cachan Bretagne
Av. Robert Schumann
35170 Bruz
☎ 02 99 05 93 45 – 📠 02 99 05 93 28
Virginie.Bonnaillie
@Bretagne.ens-cachan.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 - 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 *Clément Marteau*
INSA, Département GMM
135 av. de Rangueil
31077 Toulouse CEDEX 4
☎ 05 61 55 93 04
Clement.Marteau@insa-toulouse.fr

Tours *Christine Georgelin*
Lab. Math. et Physique Théorique
Fac. Sciences et Technique de Tours
7 parc Grandmont
37200 Tours
☎ 02 47 36 72 61 – 📠 02 47 36 70 68
georgelin@univ-tours.fr

Tunisie *Fahmi Ben Hassen*
ENIT-LAMSIN
BP 37
1002 Tunis Belvédère
Tunisie
☎ +216 71 874 700 (poste 556) – 📠 +216 71
871 022
fahmi.benhassen@enit.rnu.tn

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