SMAI

MATAPLI

HAL archives-ouvertes.fr

BLACK LIVES MATTER

N° 124 — Mars 2021

Comité de rédaction

Rédacteur en chef — **Julien Salomon**
Équipe ANGE, INRIA Paris — salomon@inria.fr

Rédacteur en chef adjoint — **Maxime Chupin**
CEREMADE, CNRS, Université Paris-Dauphine — chupin@ceremade.dauphine.fr

Rédacteurs

Congrès et colloques — **Thomas Haberkorn**
Fédération Denis Poisson, Université d'Orléans — thomas.haberkorn@univ-orleans.fr

Du côté de l'INRIA — **Arthur Vidard**
INRIA Paris — Arthur.Vidard@inria.fr

Du côté des écoles d'ingénieurs — **Emmanuel Audusse et Olivier Laffite**
LAGA, Université Paris XIII — eaudusse@yahoo.fr, lafitte@math.univ-paris13.fr

Du côté du réseau MSO — **Véronique Maume-Deschamps**
AMIES, Université Lyon 1, Institut Camille Jordan — veronique.maume-deschamps@agence-maths-entreprises.fr

Du côté des industriels — **Christian Gout**
INSA Rouen — christian.gout@insa-rouen.fr

Nouvelles du CNRS — **Mikael de la Salle**
ENS de Lyon site Monod — mikael.de.la.salle@ens-lyon.fr

Résumés de livres — **Ana Matos**
Université de Lille 1 — ana.matos@univ-lille1.fr

Résumés de thèses et HDR — **Cécile Louchet**
Fédération Denis Poisson, Université d'Orléans — cecile.louchet@univ-orleans.fr

Vie de la communauté — **Claire Scheid**
Laboratoire J.A. Dieudonné, Université Côte d'Azur — claire.scheid@univ-cotedazur.fr

MATAPLI — Bulletin n° 124 — Mars 2021.
Édité par la Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles

Directeur de la publication Olivier Goubet, Président de la SMAI
Composition, mise en page Julien Salomon et Maxime Chupin
Impression Présence Graphique,
2 rue de la Pinsonnière, 37260 Monts

Couverture : Illustrations issues des articles avec autorisation des auteurs et autrices.

Sommaire

Édito — 3
Nouvelle rédaction — 5
Comptes rendus du CA de la SMAI — 9
Pourquoi avons-nous si peu de collègues noir(e)s ? — 23
Hommage à Andro MIKELIC (1956-2020) — 29
Prix Neveu : Modèles de spins et estimation statistique — 33
Les ingénieurs et la recherche II — 51
Du côté de la recherche partenariale — 57
Le cas de Laila Soueif — 61
Demain, faudra-t-il payer pour publier ? — 65
Couvrez ce quota que je ne saurais voir – Errata : les chiffres sur la SMF sont faux... — 71
Résumé de livre — 73
Résumés de thèses et HdR — 75
Annonces de Colloques — 101
Correspondantes et correspondants locaux — 107

Date limite de soumission des textes pour le Matapli 125 :
15 mai 2021

SMAI – Institut Henri Poincaré – 11 rue Pierre et Marie Curie – 75231 Paris Cedex 05
Tél : 01 44 27 66 62 – Télécopie : 01 44 07 03 64
MATAPLI - ISSN 0762-5707
smai@emath.fr — http://smai.emath.fr

Prix des publicités et encarts dans Matapli pour 2021

- 150 € pour une demi-page intérieure
- 250 € pour une page intérieure
- 400 € pour la 3e de couverture
- 450 € pour la 2e de couverture
- 500 € pour la 4e 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/

Édito

par :

Olivier Goubet[1] *— Président de la SMAI*

L'année 2021 est déjà bien entamée et porte son flot d'incertitudes liées à la situation sanitaire imprévisible. Néanmoins il faut aller de l'avant ; en accord avec l'équipe organisatrice de l'Institut de Mathématiques de Toulouse, nous visons à ce que la biennale des mathématiques appliquées 2021 se tienne bien à la Grande-Motte du 31 mai au 4 juin, avec un protocole sanitaire strict. Les inscriptions à cet évènement sont maintenant ouvertes.

Quels points de l'actualité de notre communauté à mettre en avant ? L'Assemblée constitutive du Collège des Sociétés Savantes Académiques (COSSAD) a eu lieu début février. La SMAI, la SFdS et la SMF en sont membres fondateurs. Le COSSAD ambitionne de porter un message commun aux décideurs sur les enjeux de la recherche scientifique ; force est néanmoins de constater que sur la loi de programmation de la recherche nous avons été écoutés, pas entendus. Une des missions du COSSAD est de donner une meilleure place aux docteurs dans la société. Par ailleurs la nouvelle édition de la brochure des métiers des mathématiques, des statistiques et de l'informatique va bientôt sortir. Une déclinaison sous forme de capsules vidéos de cette brochure est envisagée en partenariat notamment avec la SFdS et la SMF.

Parlons maintenant de la question des publications scientifiques. Afin de contribuer à l'effort national pour une science ouverte (face à des éditeurs internationaux de poids et à la logique mercantile) la SMAI et son partenaire EDP Sciences se sont investis dans un nouveau modèle, le « *Subscribe to Open* ». Cette initiative a reçu un soutien du Fonds National pour la Science Ouverte (FNSO) lors de son premier appel d'offre, dont le but est de faciliter la transition vers l'édition scientifique ouverte. Les initiatives de ce type sont une occasion de sortir par le haut du piège de l'augmentation perpétuelle des prix des revues pour nos bibliothèques et du mirage du golden open access où il faut payer pour

1. olivier.goubet@univ-lille.fr

publier (lire aussi l'article de Karim Ramdani dans ce numéro). Les revues scientifiques pilotées par la SMAI et EDP Sciences tentent de se frayer un chemin original entre ces deux écueils.

Enfin, je souhaiterai profiter de cet éditorial pour remercier chaleureusement le conseil scientifique de la SMAI et son président Denis Talay, dont le mandat est arrivé à échéance. Merci à Anne de Bouard d'avoir accepté de prendre le relais de Denis. Merci aussi à Victorita Dolean pour le travail réalisé à la tête de MATAPLI et bienvenue à Julien Salomon qui en reprend les rênes avec Maxime Chupin.

Bien cordialement,

Nouvelle rédaction

Le mot de la fin

par :
Victorita Dolean[1] *— ex-rédactrice en chef*

J'ai assuré pendant 3 ans la redaction de Matapli. Je voudrais remercier ceux et celles qui m'ont fait confiance, ainsi que toutes les personnes avec lesquelles j'ai pu interagir pendant tout ce temps. Vous m'avez toutes et tous beaucoup apporté.

Une mention particulière à l'adresse de Maxime Chupin, le rédacteur en chef adjoint, dont la contribution à ce qui se passe « *derrière la scène* » a été absolument cruciale, il sait s'impliquer d'une façon égale dans les aspects techniques comme dans ceux de prise de décision au niveau de la redaction. Merci Maxime, l'interaction avec toi fut très agréable et j'espère qu'on aura beaucoup d'autres occasions dans le futur.

Ceci a changé beaucoup ma vision de la communauté mathématique et j'ai pu prendre l'entière mesure d'un bon nombre de ses facettes qui m'étaient cachées. Matapli se veut une « vitrine » de la communauté et un peu plus qu'un moyen de communication et je suis ravie d'avoir pu apporter ma petite contribution.

En plus de transmettre et communiquer, Matapli a été aussi l'occasion de mettre en œuvre quelques idées qui m'étaient chères, liés à des causes collectives. En étant très sensible aux questions de parité et d'inclusion (pendant mon mandat j'ai eu l'occasion de participer à la co-organisation de la journée parité en mathématiques) une rubrique homonyme a vu la lumière du jour et on espère vraiment que cela va non seulement être un lieu d'échange mais aussi contribuer d'une façon active à un changement de mentalité. J'espère aussi que ma

1. Victorita.Dolean@univ-cotedazur.fr

collaboratrice principale sur les thèmes de parité, Indira Chatterji va continuer à partager ses pensées à travers Matapli.

Un deuxième point qui m'est cher est la culture générale scientifique et l'histoire des mathématiques. Matapli a eu quelques contributions de mathématiciens reconnus ayant beaucoup de recul sur ces aspects : on a tous besoin de modèles et d'idées qui nous inspirent et je suis heureuse d'avoir pu, avec Matapli, populariser leur savoir et leurs pensées.

Un corollaire à tout cela : donner la parole à plus de femmes, afin d'enrichir notre vision de la pensée et du succès (avec une définition à donner à ce terme qui va bien au delà du fait de franchir les différentes étapes de carrière et cocher les bonnes cases) « au féminin ». Peut-être le changement passe aussi par là ?

Le périmètre de travail d'une société savante est bien plus large que ce qu'on peut imaginer. Rien qu'au niveau de la communication, le chantier est vaste et j'ai maintenant beaucoup plus d'interrogations qu'avant. Cependant, je suis persuadée que mon successeur, Julien Salomon saura parfaitement bien (voir mieux) mener le jeu et faire en sorte que les membres de la communauté se retrouveront dans Matapli, liront ce petit journal avec plaisir et transmettront à leur tour les faits marquant et leurs idées à l'attention de leur pairs.

Bon vent et bon courage à la nouvelle équipe de rédaction... je suivrai vos aventures, dans l'ombre, mais avec beaucoup d'intérêt !

Victorita Dolean

Enseignante-chercheure (ou chercheuse) à l'université Côte d'Azur travaillant dans le domaine des sciences computationnelles notamment pour des problèmes de propagation d'onde, Prix Joseph Fourier 2015, ancienne rédactrice en chef de Matapli.
Email : Victorita.Dolean@univ-cotedazur.fr
Siteweb : http://www.victoritadolean.com/

Le mot du début

par :
Julien Salomon[2] *— nouveau rédacteur en chef*

Ceci est mon premier numéro en tant que rédacteur en chef de Matapli. Je dois d'abord remercier chaleureusement Victorita Dolean pour son soutien constant et sans faille durant la période de "tuilage" des derniers mois. Au delà de cela, son travail sur la revue a été très marquant. Même si la catégorie d'innovation est sans doute surinvestie en ce moment, elle vient rapidement à l'esprit losrqu'on regarde les contributions de Victorita sur la ligne éditoriale. Elle a su renouveller avec originalité cette revue en la portant au plus proche de la vie concrète de la communauté.

C'est dans cette logique que nous tâcherons avec Maxime Chupin de poursuivre l'effort d'ouverture sur les facettes diverses de nos activités et sur leurs à côtés. Il est encore un peu tôt pour annoncer tel ou tel projet de rubrique ou telle ou telle idée de thématiques à traiter dans la revue, nous avons des idées, des pistes, et beaucoup de travail en perpective. Toujours est-il que nous nous inscrivons dans la continuité de Victorita, notamment concernant la parité et les liens avec les communautés d'application par exemple. Notre but sera quoiqu'il en soit de perpétuer l'idée d'une revue de qualité, instructive et critique, telle que l'est notre communauté !

Julien Salomon

Julien Salomon a été maître de conférences à l'université Paris-Dauphine avant de rejoindre l'INRIA en 2017. Ses recherches portent sur l'optimisation, le contrôle ainsi que sur des techniques d'accélération telles que la décomposition de domaine et la réduction de modèle. Au sein de l'équipe ANGE, il s'intéresse du point de vue applicatif aux écoulements géophysiques en relation avec des questions environnementales.
Email : julien.salomon@inria.fr
Siteweb :
https://who.rocq.inria.fr/Julien.Salomon/

2. julien.salomon@inria.fr

Comptes rendus du conseil d'administration de la SMAI

par :
Anne-Laure Dalibard — Secrétaire générale de la SMAI

Compte rendu du CA de la SMAI du 9 octobre 2020

Présents : M. Aussal , J.-F. Babadjian , P. Calka , G. Chapuisat, A.-L. Dalibard, J. Delon , Y. Demichel, A. Ern, N. Forcadel, O. Goubet, L. Goudenège, J. Lacaille, R. Laraki , M. Lewin, P.-Y. Louis , S. Mancini, C. Rosier, V. Roussier-Michon, R. Tittarelli, L. Weynans.

Excusés : C. Choquet, A. Nouy, A. Véber, M. Zani.

Note : En raison de la situation sanitaire, ce conseil d'administration s'est déroulé en visio-conférence.

1 Principaux points à l'ordre du jour

1.1 Télétravail des secrétaires

En raison des travaux en cours à l'IHP et de la situation sanitaire, il a été proposé aux secrétaires de la SMAI de continuer à télétravailler, et de ne venir à l'IHP que lorsque cela est nécessaire. Cette situation est discutée et réévaluée à chaque bureau.

1.2 Renouvellement du bureau et de différentes instances de la SMAI

Plusieurs personnes exerçant des responsabilités au sein de la SMAI souhaitent passer la main :

- Simona Mancini (trésorière de la SMAI). Idéalement, il faudrait que la personne qui lui succède habite en région parisienne, pour des raisons pratiques (signature de chèques, etc.).
- Yohan Penel (lien avec les correspondants locaux).
- Victorita Dolean (rédactrice en chef de MATAPLI). NB : Maxime Chupin continue à exercer la responsabilité de rédacteur en chef adjoint ;
- Astrid Decoene (lettre électronique de la SMAI).

Le CA remercie ces collègues pour leur travail et lance un appel aux bonnes volontés pour les remplacer.

1.3 Réseaux sociaux et moyens de communication

Olivier Goubet rappelle les outils de communication dont dispose la SMAI : la lettre électronique de la SMAI, le journal MATAPLI (date limite d'envoi des contributions le 15 octobre 2020) adressé à ses adhérents, les réseaux sociaux (Facebook, Twitter, LinkedIn).

1.4 Actions Grand Public

Matthieu Aussal fait le point sur les actions Grand Public. La JAM Maths-Santé a été reportée à une date ultérieure en raison de la situation sanitaire, mais une web-conférence Maths et Santé a été organisée le 9 octobre à l'IHP et retransmise en direct. La Fondation Blaise Pascal lance un appel à projets autour d'actions de diffusion scientifique, qu'il faudra relayer. Le calendrier Mathématique 2021 va être publié dans MATAPLI. Le cycle de conférences au CNAM a repris, avec une conférence de Jacques Sainte-Marie le 6 octobre et une de Lisl Weynans le 8 octobre. Mathieu Aussal a rencontré récemment l'équipe de la Fondation Blaise Pascal pour discuter avec elle des futurs grands axes de la fondation. Roberta Titarelli et Matthieu Aussal présentent le projet de chaîne Youtube de la SMAI, mené conjointement avec Thierry Horsin. L'idée serait de faire des vidéos d'une quinzaine de minutes sur les mathématiques appliquées, en commençant par réaliser une vidéo par territoire. Les responsables de ce projet sont en cours de prospection (en particulier sur les sources de financements

publics et privés). Julie Delon souligne la pluralité des acteurs présents dans le domaine de la médiation scientifique, et la question de la perennité. Elle suggère de travailler en partenariat avec des acteurs déjà existants (comme Image des maths).

1.5 Covid19

- Une demande d'exonération de charges sociales a été faite. La SMAI n'a pas payé de charges sociales ce mois-ci.
- Impact sur les projets BOUM : certains porteurs de projets BOUM n'ont pas pu engager les fonds alloués en raison de la pandémie. Il a été proposé à ces porteurs de re-déposer une candidature à l'identique.

1.6 Point sur les publications

Olivier Goubet transmet les informations communiquées par Amandine Véber, secrétaire générale adjointe aux publications.

- Passage des revues en *Subscribe to Open* : comme la campagne publicitaire de réabonnements aux revues débute 6 mois en avance, EDP Sciences a fait l'annonce du passage en *Subscribe to Open* de toutes les revues SMAI-EDP Sciences dans un communiqué de presse en juillet dernier. Il n'y a pas de nouvelles de la demande de financement par le FOSO pour aider à cette transition.
- Le renouvellement des comités éditoriaux des revues de la SMAI est en cours.

1.7 Enseignement

Yann Demichel fait le point sur les questions liées à l'enseignement. Les journées de l'APMEP auront lieu virtuellement les 18, 19 et 20 octobre. Les organisateurs proposent à la SMAI d'y tenir un stand virtuel, mais compte tenu de la date très proche, il va être difficile de trouver une personne pour tenir le stand. Le CA lance un appel aux bonnes volontés. La réunion annuelle sur l'agrégation avec le jury de l'agrégation, les préparateurs, la SMF et la SMAI, s'est déroulée le 25 septembre intégralement en visio-conférence, en raison de la situation sanitaire. Elle a été en particulier l'occasion de faire le point sur la session passée, qui a été compliquée par la crise sanitaire. La plaquette « *Zoom sur les métiers des mathématiques et de l'informatique* », réalisée conjointement avec l'ONISEP, est en cours de finalisation. Une enquête est en cours sur les choix de spécialité au

lycée (spécialités choisies, biais géographiques). Anne-Laure Dalibard demande si les biais genrés seront également étudiés.

1.8 Nouvelles des groupes thématiques

- SMAI-MABIOME : la SMAI va abonder une nouvelle ligne de crédits pour ce jeune groupe thématique, à hauteur de 2k€.
- SMAI-MAS (par Céline Lacaux) : le groupe demande la création d'une liste de diffusion ouverte à toute la communauté des probabilistes et statisticiens sans obligation d'adhésion à la SMAI. Cette liste sera hébergée sur e-math a priori, et gérée par le responsable du groupe (au moins au début). Le CA donne son accord.

  Des élections auront lieu début novembre au plus tard, et une AG suivra 10 jours après.
- SMAI-MODE (par Rida Laraki) : proposition d'un jury pour le prix Jean-Jacques Moreau. Sous réserve de l'accord du CS, le CA donne son accord pour la poursuite du processus.

1.9 Congrès SMAI pour les jeunes

- Le CAN-J (congrès organisé par Nicolas Vauchelet, Nicolas Forcadel, Matthieu Aussal et Thierry Horsin, suivant une idée d'Yvon Maday). L'idée est d'organiser un congrès de rattrapage pour les jeunes qui auraient dû parler au CANUM (qui n'a pas pu se tenir en raison de la situation sanitaire). Les dates sont arrêtées et les organisateurs ont commencé à contacter des conférencier·e·s plénier·e·s.

  Les organisateurs demandent au CA la sanctuarisation d'un budget de 1000 € (quitte à ne pas les utiliser), en vue d'éventuelles difficultés techniques, nécessitant par exemple l'achat d'une licence zoom. Le CA donne son accord.
- Suivant le modèle du congrès jeune chez les acousticiens[1], Matthieu Aussal a proposé à des jeunes du CMAP d'organiser un congrès par les jeunes, pour les jeunes. Celui-ci devrait avoir lieu à l'automne 2021. Le CA donne son accord pour la création d'une pépinière "jeunes" au sein de la SMAI leur permettant d'avoir une structure pour organiser ce congrès. Violaine Roussier-Michon soulève la question de la participation financière de la

1. https://jjcaas2019.sciencesconf.org/

SMAI. Olivier Goubet et Matthieu Aussal soulignent qu'ils ont été transparents avec les jeunes organisateurs sur le caractère chronophage de cette activité.

1.10 Forum Emploi Math

Le FEM se tiendra à distance cette année le 22 octobre. AMIES a proposé à la SMAI d'y tenir un stand virtuel (discussion par chat ou en vidéo dans des community rooms). Jérôme Lacaille propose de tenir ce stand l'après-midi.

1.11 Projets BOUM

Cinq projets ont été soumis lors de l'appel à projets d'automne. Trois projets ont été acceptés. Les deux autres sont invités à modifier leur projet et à en soumettre un autre lors de l'appel à projets de janvier.

1.12 Congrès SMAI 2021

Violaine Roussier-Michon, qui est membre du comité d'organisation du congrès SMAI 2021, fait le point sur l'organisation du congrès. Pour l'instant, les organisateurs préparent un colloque normal, qui aura lieu du 31 mai au 4 juin 2021. Le lieu est réservé et les organisateurs sont à la recherche de financements. Une discussion s'engage sur les impacts de la crise sanitaire et il semble plus prudent de préparer également un plan B (soit hybride, soit entièrement à distance), en chiffrant chacune des options. Une communication aura lieu prochainement dans MATAPLI. Les tarifs du précédent congrès SMAI seront reconduits à l'identique.

1.13 Site web

Ludovic Goudenège fait un point d'avancement. Ludovic Goudenège et Alain Prignet travaillent en ce moment à un problème de fond (migration du serveur). Le site web est en cours de réécriture, mais cela prend du temps. Une présentation sera faite prochainement en bureau.

1.14 Adhésion de la SMAI à la SOCACAD

Afin de porter la parole du monde académique dans la société et de peser dans le débat public, un rassemblement de plus de 40 sociétés savantes, intitulé

SOCACAD (**Soc**iétés savantes **acad**émiques de France,[2]) a été créé en 2018. Le CA est favorable à ce que la SMAI adhère à la SOCACAD.

1.15 Facturation des participants au CEMRACS et comptabilité

Lorsque les participants au CEMRACS règlent leur facture auprès de la SMAI, la TVA est facturée. Le tarif dépasse alors le forfait journalier, et génère un budget global assez élevé. Simona Mancini rappelle que cette TVA est récupérée par la SMAI via une exonération d'impôts. Elle propose de demander à Noura Sahtout ce que la SMAI récupère exactement, puis éventuellement de contacter le CIRM pour voir quelles solutions pourraient être trouvées.

Les comptes de la SMAI sont gérés par la banque PARIBAS. Le conseiller financier a contacté le président et la trésorière pour leur proposer de passer en gestion déléguée, mais le CA n'est pas intéressé par cette proposition.

2 Prochains C.A. de la SMAI

Le prochain C.A. de la SMAI aura lieu le vendredi 8 janvier 2021.

2. https://societes-savantes.fr/

Compte rendu du CA de la SMAI du 8 janvier 2021

Présents : M. Aussal, J.-F. Babadjian, P. Calka, G. Chapuisat, A.-L. Dalibard, J. Delon, N. Forcadel, O. Goubet, L. Goudenège, J. Lacaille, M. Lewin, P.-Y. Louis, S. Mancini, A. Nouy, C. Rosier, V. Roussier-Michon, V. C. Tran, R. Tittarelli, A. Veber, M. Zani.

Excusés : C. Choquet, Y. Demichel (pouvoir O. Goubet), A. Ern (pouvoir L. Goudenège), R. Laraki, L. Weynans (pouvoir V. Roussier-Michon).

Note : En raison de la situation sanitaire, ce conseil d'administration s'est déroulé par visio-conférence.

1 Principaux points à l'ordre du jour

Brochure Zoom sur les métiers des mathématiques et de l'informatique

Chi Tran fait une présentation de la nouvelle brochure ONISEP « Les métiers des mathématiques et de l'informatique ». Il y a déjà eu deux brochures de cette collection sur les métiers des mathématiques , de l'informatique, et des statistiques; la plus récente date de mars 2015. Thierry Horsin et Chi Tran avaient proposé de réaliser une nouvelle version de cette brochure en incluant en particulier des métiers émergents. La brochure est terminée et devrait sortir fin janvier.

La facture totale est de 50k€. Plusieurs sponsors ont été démarchés (Fondations, organismes de recherche, Labex, Grandes Écoles, entreprises), qui financent à hauteur de 52 300€. La participation des sociétés savantes (SIF, SMF, SFdS, SMAI), qui avaient avancé 6k€ chacune pour la première facture, n'est donc plus indispensable.

Deux options se présentent : rembourser les sociétés savantes de leur contribution ou utiliser le surplus pour réaliser des vidéos de présentation des personnes interviewées dans la brochure, d'une durée de 5 minutes environ. Le coût de réalisation de chaque vidéo est de 2k€-3k€. Dans la seconde option, il faudrait refaire une convention. La question de l'hébergement des vidéos n'a pas encore été discutée.

Matthieu Aussal et Amandine Véber soulignent l'abondance des vidéos disponibles actuellement, et la nécessité de communiquer sur ces interviews pour leur donner de la visibilité.

Le CA est favorable à ce que de nouvelles vidéos soient réalisées.

Olivier Goubet propose de prendre contact avec les autres sociétés savantes pour savoir ce qu'elles souhaitent faire.

Congrès SMAI 2021

Violaine Roussier-Michon fait un point sur l'organisation du congrès SMAI 2021. Afin de réduire les risques financiers pour la SMAI au cas où le nombre de participants serait réduit cette année et de proposer de meilleures conditions d'accueil aux participants, Franck Boyer et les organisateurs du congrès SMAI 2021 ont proposé à Belambra un avenant au contrat. Cet avenant, qui a été accepté par Belambra, comporte deux modifications : le nombre de participants a été abaissé (220 au lieu de 280) et les proportions de chambres simples et de chambres doubles ont été inversées (1/3 de chambres doubles et 2/3 de chambres simples au lieu de 1/3 de chambres simples et 2/3 de chambres doubles). Par ailleurs, le forfait jeunes sera un remboursement de 50% du coût de l'hébergement, sans obligation de séjourner dans une chambre double.

Les organisateurs ont reçu des promesses de subvention à hauteur de 40k€, de sorte que le budget est à l'équilibre pour le scénario ci-dessus. Le CA est favorable à une augmentation de 5€ des droits d'inscription afin de limiter les risques financiers au cas où le nombre de participants serait nettement inférieur à celui prévu ci-dessus.

Actions Grand Public

Matthieu Aussal fait un point sur les Actions Grand Public de 2020 et de 2021, qui ont été réduites du fait de la pandémie.

- Cycle SMAI/Arts et Métiers : un exposé de R. Lewandowski aura lieu prochainement. Deux oratrices ont été contactées pour d'autres séances, en espérant que celles-ci puissent avoir lieu.
- JAM du Chaos : cette manifestation aurait dû avoir lieu lors de la Fête de la science en octobre 2020, a été reportée pour la semaine des mathématiques en mars 2021, et va probablement être reportée de nouveau. L'enveloppe de 2020 (2k€) n'a pas été dépensée. Le CA est favorable à ce que cette enveloppe soit reconduite.

- Appels à projets de la Fondation Blaise Pascal : ces appels à projets, qui ciblent des actions de médiation scientifique en mathématiques et informatique, sont maintenant clos. Il y a un effort de communication à faire par la SMAI pour toucher plus largement ses membres lors des futurs appels à projets (réseaux sociaux, relais via correspondants locaux, lettre de la SMAI).
- Salon Jeux et Culture Mathématiques 2021, en hybride : la SMAI n'était pas en faveur de l'organisation d'un salon hybride, qui semble compliqué à mettre en place et comporte des risques financiers importants, et plaidait plutôt pour un salon entièrement virtuel. C'est néanmoins l'option qui a été choisie par le comité d'organisation, et la SMAI fera son possible pour mobiliser sa communauté. Une demande d'avance de trésorerie a été faite auprès de la SMAI, qui a décliné car elle a déjà ses propres évèvements à financer, avec leurs lots d'incertitudes budgétaires.

Point sur les publications

Amandine Véber fait le point sur les publications. Le renouvellement des comités éditoriaux est presque terminé (il reste ceux des revues SMAI hébergées par le Centre Mersenne et des collections). La SMAI a obtenu un financement du Fond national pour la science ouverte, qui va permettre le passage des revues EDP sciences en *Subscribe to open*. Si fin mars le renouvellement des abonnements atteint 95% des abonnements de l'année précédente, les revues passeront en Open access complet.

Un comité de suivi du *Subscribe to open* va être constitué prochainement.

Point sur le secrétariat

Le CA est favorable au maintien en télétravail des secrétaires, ainsi qu'à l'attribution d'une prime annuelle identique à celle de l'année dernière.

Nouvelles des groupes thématiques

- Groupe MAS : Clément Marteau a pris la suite de Céline Lacaux pour la responsabilité du groupe MAS. Le CA donne son accord pour que les élections du groupe puissent avoir lieu par voie électronique. Les Journées MAS sont reportées en août 2021 à Orléans.
- Groupe SIGMA : Anthony Nouy donne des nouvelles du groupe SIGMA.Le congrès de 2020 a été annulé (sans report). Le prochain évènement est la

Conférence Curves and Surfaces en 2022 à Arcachon. En raison de l'annulation du congrès de 2020, il n'y a pas eu d'assemblée générale l'année passée. Il n'y a pas d'urgence à en tenir une rapidement car le règlement intérieur du groupe SIGMA exige une assemblée générale tous les deux ans et la dernière a eu lieu en novembre 2019.

- Groupe MABIOME : le CA donne son accord pour qu'un triumvirat (Florence Hubert, Gaël Raoul et Magali Ribot) prenne la responsabilité du groupe.

Situation de la mathématicienne égyptienne Laila Soueif

La SMAI a co-signé avec la SMF une lettre de soutien à la mathématicienne égyptienne Laila Soueif. Cette lettre sera publiée dans MATAPLI. Violaine Roussier-Michon fait le point sur la situation de deux autres mathématiciens qui vivent des situations difficiles dans leurs pays d'origine. Tuna Altinel a été acquitté, mais son passeport ne lui a pas été rendu. Le procès d'Azat Miftakhov a eu lieu et le verdict devrait tomber prochainement.

Point sur le FEM et le CAN-J

Le Forum Emploi Maths a été une belle réussite malgré les contraintes. Jérôme Lacaille, Pierre-Yves Louis et Olivier Goubet font un compte-rendu de leurs expériences respectives. Jérôme Lacaille déplore le manque de documentation (en particulier de documentation récente), et l'absence de système de visio-conférence commun à l'ensemble des intervenants, mais a eu des discussions sympathiques avec de nombreux participants autour des mathématiques en entreprise, des thèses CIFRE, etc. Pierre-Yves-Louis a vu peu de personnes, mais signale que les plénières étaient très suivies. Olivier Goubet mentionne que les stands des formations ont eu assez peu de passage, et peu de rencontres d'aubaine, à la différence des salons usuels.

Le CA remercie vivement les organisateurs du CAN-J, qui a pu se tenir avec succès malgré des délais très courts. Nicolas Forcadel et Matthieu Aussal font un compte-rendu de cet évènement, qui comptait un peu plus de 200 inscrits. Une soixantaine d'exposés par des jeunes dans des sessions parallèles ont eu lieu, ainsi que 4 sessions plénières par des chercheur ·e·s confirmé·e·s. Les petits salons ouverts lors des pauses ont permis des discussions informelles. La SMAI remercie tou·te·s les conférencier·e·s et participant·e·s qui ont fait de ce congrès virtuel un agréable moment d'échange scientifique.

Préparation des prochaines élections

La prochaine assemblée générale aura lieu lors de la biennale (31 mai-4 juin). Comme pour les élections précédentes, le vote aura lieu sur place ou par voie électronique via Bélénios. Une commission électorale est constituée. Claire Scheid, Jean-François Babadjian, Amandine Véber et Anne-Laure Dalibard donnent leur accord pour en faire partie.

Proposition pour présider le CS de la SMAI

Le CA émet un vote favorable à la nomination d'Anne de Bouard à la présidence du conseil scientifique de la SMAI.

Modification du règlement du prix JJ Moreau

Les modifications suivantes sont proposées :

- autorisation des candidatures en anglais ;
- modification de la phrase « *Le lauréat doit avoir des travaux publiés dans des revues de renommée internationale en mathématiques de l'optimisation et de la décision* » en « *Le lauréat (la lauréate) doit avoir des travaux publiés dans des revues de renommée internationale, et avoir contribué en mathématiques de l'optimisation et de la décision* ».

Le CA est favorable à ces modifications.

Olivier Goubet sollicite l'avis du CA concernant une modification des appels à candidature et le règlement intérieur des prix décernés par la SMAI. Amandine Véber fait une présentation de ces modifications. L'objectif est principalement de mieux apprécier le travail en équipe et moins l'excellence des solistes. On pourrait ainsi mentionner dans l'appel à candidatures

1. que des candidatures collectives, mettant en avant une collaboration active ayant donné lieu à une série de travaux ayant eu un fort impact dans le domaine, pourront être considérées ;
2. qu'outre la qualité et l'impact des publications d'un.e candidat.e, les éventuelles contributions substantielles à la structuration ou l'animation de la communauté scientifique seront également considérées parmi les critères d'excellence du dossier.

Le but de ces modifications est de faire apparaître explicitement que le caractère collectif de la recherche et les multiples formes sous lesquelles les très grandes qualités scientifiques d'un·e (ou plusieurs) collègue(s) peuvent se matérialiser

seront aussi pris en compte dans l'attribution du prix, afin que les collègues ayant une liste de publications moins fournie que d'autres à cause d'activités chronophages et pourtant d'un très grand intérêt scientifique, ou n'osant pas mettre en avant des travaux effectués en collaboration régulière avec quelqu'un d'autre, se sentent invité·e ·s à candidater quand même.

Olivier Goubet va contacter la SMF pour avoir leur avis.

Marguerite Zani rappelle que l'idée d'un search committee avait été soulevée lors d'un précédent CA, et pourrait aider à susciter des candidatures diverses.

École franco-espagnole

L'école franco-espagnole Jacques-Louis Lions, co-organisée par la SMAI et la SEMA, a lieu tous les 2 ans. La prochaine édition doit avoir lieu à Madrid en juin 2021, et sera pilotée par Carlos Castro.

Comme pour les éditions précédentes, le CA est favorable à ce qu'une enveloppe de 2k€ soit attribuée pour financer quelques bourses jeunes pour des français souhaitant se rendre à cette école.

Demande de report des crédits pour un projet BOUM

Plusieurs projets BOUM ont dû annuler ou reporter les manifestations prévues en 2020 et 2021, et demandent un report des crédits. Le CA est favorable à ce que ces reports dûs à la pandémie soient attribués automatiquement si la demande est faite, compte tenu des circonstances exceptionnelles.

Questions diverses

Julie Delon mentionne que la journée Sciences et Média va avoir lieu le 29 janvier. Le thème de cette année est « *Femmes scientifiques à la Une ! Comment améliorer la représentation des femmes scientifiques dans les médias ?* ». L'évènement sera diffusé en ligne depuis la BNF.

2 Points d'information

Demandes des organisateurs de la conférence Waves 2021

La SMAI a été contactée par les organisateurs de Waves 2021 pour savoir si la SMAI pouvait se substituer aux tutelles pour la gestion des inscriptions et la facturation. Mais la SMAI n'a légalement pas le droit de le faire : il s'agit

d'un service que des sociétés privées pourraient proposer et facturer et que la SMAI ne peut donc assurer gratuitement. Anthony Nouy souligne qu'au delà d'une centaine de participants, il est plus raisonnable de faire appel à une société extérieure afin d'éviter de surcharger les gestionnaires des laboratoires.

Prochains C.A. de la SMAI

Le prochain C.A. de la SMAI aura lieu le 9 avril 2021 à 14h.

Pourquoi avons-nous si peu de collègues noir(e)s?

par :

Ivar Ekeland[1] *— CEREMADE, Université Paris-Dauphine*

Je suis arrivé à Dauphine en 1970. L'Université était toute jeune, moi aussi, la stratification sociale était déjà bien établie, et correspondait curieusement aux six étages du bâtiment. Au rez-de-chaussée on rencontrait les appariteurs, tous de couleur, en général antillais, mais pas toujours. Au fur et à mesure qu'on montait dans les étages, l'air se raréfiait, et quand on atteignait les étages « nobles », il fallait arriver tôt le matin ou partir tard le soir pour rencontrer des personnes de couleur : c'étaient les « techniciens de surface », en général des femmes, sous contrat précaire avec des prestataires extérieurs pour nettoyer le bâtiment.

Nous sommes en 2021, cinquante ans après, l'Université est toujours là, moi aussi, beaucoup de choses ont changé, mais pas la stratification sociale. Les appariteurs sont noirs, il y a quelques noirs parmi les étudiants, et pas du tout parmi les enseignants-chercheurs. En 1970 il y avait bien un assistant noir au département de mathématiques, aujourd'hui il n'y en a plus, et je ne crois pas que, parmi les professeurs en poste à Dauphine, de quelque discipline que ce soit, il y ait un seul noir.

Cela fait cinquante ans que cela dure, et cela fait cinquante ans que cela me choque. Comment se fait-il que ce pays, en cinquante ans, ne soit pas arrivé à faire monter les étages à ses citoyens noirs ? Comment se fait-il qu'il y ait si peu de noirs parmi les professeurs d'université français ?

1. ekeland@math.ubc.ca

On sait que les statistiques ethniques sont interdites en France, ce qui interdit justement de mesurer le problème. Personnellement, mis à part les collègues de l'Université des Antilles et de la Guyane, je ne connais qu'un professeur de mathématiques noir en poste en France. Je ne dis pas qu'il n'y en a pas d'autres, mais j'ai quand même pas mal roulé ma bosse dans le milieu académique depuis cinquante ans, et s'il y en a davantage, il ne doit pas y en avoir des masses (les statistiques seraient bien utiles). Je connais bien des professeurs de mathématiques noirs d'expression française, fort éminents d'ailleurs, mais ils sont en poste à l'étranger, aux USA et au Canada.

Je vous rassure : le problème n'est pas propre aux matheux. Je me rappelle avoir demandé à un collègue économiste : « Est-ce que tu connais un professeur d'économie noir ? ». Il m'a répondu : « Mais qui tu verrais ? ». C'est bien le cercle vicieux qui emprisonne les victimes de toute discrimination, et qui permet de les écarter avec bonne conscience : il n'y a personne justement parce qu'il n'y a personne. Dans l'enseignement secondaire, combien d'élèves doués se sont détournés des filières d'excellence parce qu'ils ne voulaient pas être les seul(e)s noir(e)s de la classe ?

Pour les recrutement du supérieur, il n'y a personne parce qu'il n'y a pas de candidat, et il n'y a pas de candidat justement parce qu'il n'y a personne. Comme il n'y pas de professeur noir (ou professeure femme, ou professeur handicapé, par exemple), les jeunes noirs (ou jeunes femmes, ou jeunes personnes handicapées) comprennent bien que ce n'est pas une voie qui leur est ouverte, et si par aventure un individu particulièrement audacieux se présente malgré les obstacles, il n'aura pas les codes propres au milieu dans lequel il souhaite rentrer, et il n'y aura au jury pas de noir (ou de femme, ou de personne handicapée) capable de comprendre ce qu'il vit et de faire la traduction. Il est extraordinairement difficile de faire une lettre de motivation ou un exposé de présentation, il faut trouver un juste milieu entre la mise en valeur de ses propres travaux et les hommages rendus aux grands anciens et aux membres du département dans lequel on candidate, sans même parler des biais cognitifs qui font dire qu'un exposé est « clair » quand c'est un homme qui le fait, et « agréable » quand il s'agit d'une femme.

Bien entendu, le problème est plus complexe que la simple couleur de la peau, et a une dimension sociologique. Il n'y a pas des noirs, il y a des citoyens français qui viennent de milieux différents. Parmi les appariteurs de Dauphine, il y a des antillais, mais aussi des congolais, des camerounais ou des ivoiriens qui sont venus en France en des temps plus heureux et qui ont obtenu la nationalité. Les familles noires sont en général pauvres, leurs options en matière d'éducation sont très réduites, et les enfants, notamment les filles, font leurs choix sous

des contraintes sociales, familiales et financières très fortes. Qui va s'engager dans des études longues quand la famille a du mal à joindre les deux bouts ? Si on sort indemne de l'enseignement secondaire, on s'orientera plutôt vers un BTS ou un IUT. Pour surmonter ce problème, beaucoup d'université, dont PSL et Dauphine, ont des partenariats avec des lycées, pour repérer les jeunes talentueux et leur permettre de poursuivre des études longues grâce à des bourses. Ces programmes sont nécessaires, et l'on ne saurait trop les encourager et féliciter les collègues qui s'en occupent. Ils amènent au niveau bac+5 nombre de jeunes qui n'y seraient pas arrivés autrement, et qui servent de « *role model* » aux générations qui les suivent. Mais ceux qui ont réussi, en mathématiques par exemple, ne s'orienteront pas vers l'enseignement ou la recherche. Le niveau de salaire et le prestige social d'un professeur de mathématiques, fût-ce dans le supérieur, ne correspondent en rien à la difficulté des études et à ce qu'ils peuvent obtenir en allant dans le privé.

Ceci dit, la représentation des noirs dans les hautes sphères de l'administration ou de l'entreprise aussi évanescente que dans l'université. Combien y a-t-il de commissaires de police noirs, de procureurs, de préfets, de généraux, de directeurs d'administration centrale, de PDG du CAC 40, de rédacteurs en chef ? De nouveau, comme les statistiques ethniques sont interdites, on ne le sait pas. On m'objectera qu'il y a des députés de couleur et même des ministres. Certes, mais les règles de la politique sont différentes : le candidat qui se présente aux élections sera jugé par un panel beaucoup plus large qu'un jury d'experts ou un comité de pairs, et on peut espérer que parmi les électeurs il y en aura un certain nombre qui partageront son expérience de vie et le jugeront pour ce qu'il est.

Je voudrais souligner ici qu'il n'y a pas besoin que les individus soient racistes pour que le fonctionnement des institutions soit discriminatoire. Dans un livre très célèbre, *Micromotives and Macrobehaviour,* Thomas Schelling, prix Nobel d'économie en 2005, nous invite à faire l'expérience suivante, et à la faire physiquement, avec des jetons, non numériquement, sur un ordinateur. Prenons un réseau carré, par exemple un échiquier avec ses 64 cases, et posons-y 40 jetons de deux couleurs différentes, disons 20 rouges et 20 bleus, peu importe comment. Il y aura des cases vides, et chaque jeton a le droit de se déplacer vers une case libre voisine. Il voudra se déplacer si ses voisins ne lui conviennent pas, et là on imagine des règles. Disons que parmi ses huit voisins immédiats, chacun souhaite que la moitié au moins soit de la même couleur. Il faut adapter cette règle aux arrondis[2], décider dans quel ordre on déplace les mécontents, et on y va.

2. Schelling propose la règle suivante. S'il n'y a qu'un seul voisin, il doit être de la même couleur. S'il en a deux, l'un doit être de la même couleur. S'il en a trois, quatre, ou cinq, deux doivent être de la même couleur. Et s'il y en a plus, trois doivent être de la même couleur.

Le résultat final, au bout de quelques itérations, est une ségrégation, tous les rouges d'un côté et tous les bleus de l'autre.

L'intérêt de cette expérience est de montrer que des préférences très légères au niveau individuel, qui peuvent parfaitement être inconscientes, comme des biais cognitifs, aboutissent au niveau collectif à des séparations brutales en groupes distincts, c'est-à-dire des discriminations de fait, d'autant plus difficiles à combattre qu'elles ne résultent pas de convictions affichées, encore moins d'une politique délibérée. Non, la discrimination résulte de l'accumulation de petites choses sur le long terme, chacune d'elles fragile et vacillante, presque insignifiante, mais l'ensemble étant massif et inexorable, comme les gouttes d'eau, tombant une à une, usent les pierres les plus robustes. On n'empêche pas les filles de faire des études scientifiques, on pense juste que les filles ne sont pas faites pour les sciences, personne ne le dit ouvertement mais le message passe de manière subliminale, et les filles, constatant d'ailleurs qu'il n'y a pas beaucoup de femmes au premier plan dans les carrières scientifiques, s'en détournent, avec le résultat qu'il n'y aura pas davantage de femmes au premier plan dans ces carrières, ce qui conforte l'idée que les filles ne sont pas faites pour les sciences.

Que faire pour lutter contre cela ? La première chose, la plus importante et la plus difficile, est de prendre conscience du problème. Qu'il existe, il suffit d'ouvrir les yeux pour s'en apercevoir ; quand on va au restaurant, par exemple, les noirs sont à la cuisine bien plus souvent qu'en salle. Qu'on veuille le reconnaître, c'est une autre histoire. Au plus haut sommet de l'état, c'est le déni total, conforté par l'interdiction des statistiques ethniques : le ministre de l'Éducation Nationale a porté plainte en diffamation contre un syndicat enseignant qui avait soulevé ces problèmes en parlant de « racisme d'état ». La communauté mathématique française, si elle ne manifeste pas au problème la même hostilité active et bornée que notre ministre, se cantonne dans une indifférence que l'on peut mesurer si on la compare à d'autres, aux scientifiques américains par exemple.

Le 2 Juin, la présidente de l'AMS écrivait à tous les membres de la Société pour marquer le soutien de celle-ci au mouvement Black Lives Matter contre le racisme anti-noir et les violences policières. À cette occasion, elle écrivait « *we must accept the shared responsibility of changing our world for the better, and examining our own biases as part of that* ». Le 3 Juin, la présidente de la SIAM faisait de même et écrivait : « *we recognize that we are all accountable for making change happen, and we offer our solidarity to those who are deeply impacted, especially our Black colleagues, students, and staff in the SIAM community* ». Le 4, le directeur de l'Institute of Advanced Studies de Princeton parlait au nom de l'institution : « *at IAS, we all must stand together against racism—in the U.S. and in all parts of the world—and, in our work, strive to be leaders in understanding and dismantling*

the ways that discrimination and injustice are perpetuated. »

Ils ont raison ! Mais ces prises de position, et le mouvement BLM en général, n'ont eu aucun écho dans le milieu scientifique français. Aucune de nos prestigieuses institutions, ni l'Académie des Sciences, ni le Collège de France, ni l'IHES n'ont suivi, il n'y a eu aucun débat dans la communauté mathématique française. Notre pays prend du retard, pas seulement en recherche scientifique, comme en témoigne le fiasco des vaccins, mais aussi dans l'intelligence de notre société et dans les nouvelles normes qui s'imposent de part le monde.

Il est grand temps de réagir et de sortir du déni, comme on a tenté de le faire pour d'autres, comme les femmes ou les personnes handicapés. Les syndicats, les départements et même, à l'instar de ce qui se passe à l'étranger, les sociétés savantes devraient ouvrir le débat et rassembler les informations. Le premier objectif est de sortir du déni et de sensibiliser les collègues ; la lecture du livre récent de Lilian Thuram, « *La pensée blanche* », constitue une excellente entrée en matière. À partir de là on peut envisager des mesures concrètes : pourquoi les comités de parité, qui existent dans nombre de départements, n'ajouteraient-ils pas à leur agenda la question de la sous-représentation des personnes de couleur aux niveaux élevés ? En l'absence de « *role model* » français, on pourrait aussi en faire venir de l'étranger, par des invitations ciblées qui pourraient susciter des vocations. Il y a aussi une politique de bourses à mener pour attirer ces étudiant(e)s vers les mathématiques et leur ouvrir des perspectives de carrière.

Bref, il y en a des choses à faire ! Le chemin à parcourir est long, c'est pour cela qu'il faut commencer tout de suite. En attendant, je vais retourner à Dauphine, où je serai, comme d'habitude depuis cinquante ans, accueilli par les appariteurs noirs du rez-de-chaussée, avec lesquels je ferai un brin de causette avant de monter dans les étages faire des mathématiques avec mes collègues blanc(he)s.

Ivar Ekeland

Ivar Ekeland est professeur émérite à Dauphine et membre du CEREMADE. Il a présidé l'Université de 1989 à 1994 et a dirigé le Pacific Institute of Mathematical Sciences (Vancouver) de 2003 à 2008. Il est membre de la Société Royale du Canada et de l'Academia Europea. Ses centres d'intérêt sont l'optimisation, la topologie symplectique, l'économie et la finance, et plus récemment le réchauffement climatique et la perte de biodiversité.

Email : ekeland@math.ubc.ca

Siteweb : www.ceremade.dauphine.fr/~ekeland

Hommage à Andro MIKELIC (1956-2020)

par :

Grégoire Allaire[1] *— CMAP, École Polytechnique*

Brahim Amaziane[2] *— LMAP, Université de Pau et des Pays de l'Adour*

Alain Bourgeat *— retraité, Université Claude Bernard Lyon 1*

Simon Masnou[3] *— ICJ, Université Claude Bernard Lyon 1*

Andro Mikelic nous a quittés le 28 novembre 2020 à l'âge de 64 ans des suites d'une courte et brutale maladie. Il était professeur à l'université Claude Bernard Lyon 1 et membre de l'Institut Camille Jordan.

Andro Mikelic est né le 2 octobre 1956 à Split en Croatie, pays qu'il chérissait et qu'il racontait avec passion. Il a fait ses études à l'université de Zagreb où il

1. gregoire.allaire@polytechnique.fr
2. brahim.amaziane@univ-pau.fr
3. masnou@math.univ-lyon1.fr

obtint son doctorat de mathématiques en 1983. Après quelques années comme chercheur à l'Institut Ruđer Bošković de Zagreb, il fut professeur invité à l'université de Saint-Étienne pendant l'année 1990-91, puis recruté en 1992 comme professeur à l'université Claude Bernard Lyon 1.

Andro était un spécialiste de la théorie de l'homogénéisation et de l'analyse des équations de la mécanique des fluides mais aussi un expert dans la modélisation des écoulements en milieu poreux. Ses travaux ont été reconnus autant dans la communauté mathématique que dans celles des mécaniciens du sous-sol ou de l'ingénierie pétrolière. Il a ainsi reçu en 2012 le prestigieux prix Procter et Gamble de la société savante InterPore, qui regroupe au niveau international les scientifiques travaillant sur les milieux poreux. Il a également été lauréat en 2011 du W. Romberg Guest Professorship de l'université d'Heidelberg et il a été élu en 2014 membre correspondant de l'Académie Croate des Sciences et des Arts.

Un trait caractéristique de sa recherche et de sa personnalité scientifique était son aptitude à dialoguer aussi bien avec des mathématiciens – théoriciens ou numériciens – qu'avec des ingénieurs, des mécaniciens, des physiciens ou des chimistes. Il était vraiment dans son élément dans des projets de recherche pluri-disciplinaires, comme par exemple ceux qu'il animait en collaboration avec des physico-chimistes au sein du GDR Momas (modélisation mathématique du stockage des déchets nucléaires). Il a eu de très nombreux collaborateurs, en France et dans beaucoup d'autres pays.

Parmi les très nombreux travaux d'Andro, nous en retenons deux qui sont exemplaires de son expertise mathématique et de l'importance qu'il attachait à la pertinence applicative de ses travaux. Tout d'abord, dans une série de travaux avec Willi Jäger (Heidelberg), il a justifié et généralisé la condition aux limites, dite de Beavers, Joseph et Saffman, qui permet de raccorder un écoulement incompressible dans un milieu libre avec un écoulement dans un milieu poreux. Comme le premier est régi par les équations de Navier-Stokes, qui sont du second ordre en dérivées pour la vitesse et du premier ordre pour la pression, et que le second suit la loi de Darcy, qui est du premier ordre en vitesse et du second ordre en pression, on comprend vite que la condition de raccord à l'interface entre le milieu poreux et le milieu libre n'est pas simple. Grâce à des résultats très fins d'analyse des couches limites du procédé d'homogénéisation dans le milieu poreux qui conduit à la loi de Darcy, Andro a pu retrouver et justifier, dans un cas isotrope, la condition de Beavers, Joseph et Saffman, mais il a aussi montré comment la corriger lorsque le milieu poreux n'est pas isotrope. Il a ainsi réglé 40 ans d'âpres controverses sur la pertinence de cette condition de raccord !

Un deuxième exemple frappant est sa contribution à la modélisation des mi-

lieux poro-élastiques, c'est-à-dire des milieux poreux dont la déformation élastique est couplée avec un écoulement de Darcy en leur sein. Les mécaniciens qui s'intéressent à ces milieux utilisent depuis les années 50 un modèle effectif appelé modèle de Biot. Andro ne s'est pas contenté d'apporter une preuve rigoureuse à l'homogénéisation du système microscopique fluide-structure qui conduit à la loi de Biot. Grâce à l'homogénéisation, il a compris la structure variationnelle profonde du modèle de Biot et a pu ainsi apporter son précieux concours à l'équipe de Mary Wheeler (Austin, Texas) qui travaillait sur des méthodes numériques pour résoudre ce modèle de Biot couplé à un modèle de champ de phase décrivant la propagation de fissures (pour des applications importantes aux Etats-Unis visant à comprendre les effets de la fracturation hydraulique). Ils ont ainsi pu construire des schémas numériques stables et convergents qui ont eu un impact indéniable en ingénierie pétrolière.

Chercheur exceptionnel et excellent enseignant, Andro Mikelic avait aussi une personnalité riche, chaleureuse et réjouissante qui faisait le bonheur de ses collègues et de ses amis. C'était un bon vivant à l'humour communicatif. Déjeuner ou dîner avec lui était une expérience unique, autant pour le plaisir de sa conversation que pour son amour et son goût très sûr pour le très bon vin, rouge bien sûr. Il adorait les vins tanniques et profonds, en particulier les Châteauneuf-du-Pape.

Andro pouvait parler avec passion et talent de mathématiques, de vins mais aussi d'histoire. Il avait une excellente connaissance de l'histoire antique, il était notamment imbattable sur l'empereur Dioclétien, son voisin d'enfance à Split !

Andro Mikelic nous a marqués par ses contributions profondes aux mathématiques et son intérêt constant pour les applications, notamment celles relatives aux milieux poreux. Il nous a aussi beaucoup marqués par ses qualités humaines fantastiques.

Il nous manquera énormément.

Nos pensées accompagnent sa famille et ses amis.

Prix Neveu : Modèles de spins et estimation statistique

par :

Léo Miolane[1] *— Center for Data Science & Courant Institute, New York University*

TABLE DES MATIÈRES

1 Deux modèles de spins de champ moyen 34
1.1 Le modèle de Curie-Weiss . 34
1.2 Le modèle de Sherrington-Kirkpatrick 36
2 Un problème d'estimation statistique 37
2.1 Modèle Bayésien 37
2.2 La transition de phase spectrale 38
2.3 Lien avec la physique statistique 39
2.4 Calcul de l'énergie libre . . 41
2.5 Exemple d'application : détection de communautés dans des graphes aléatoires 44
Références 47

Nous présentons quelques liens entre des modèles de physique statistique et des problèmes d'estimation statistique. Nous allons notamment rencontrer des phénomènes de transitions de phase, bien connus pour les modèles physique, dans des problèmes d'inférence statistique. Nous commençons par introduire deux modèles de spins classiques : les modèles de Curie-Weiss et de Sherrington-Kirkpatrick. Ensuite nous nous intéresserons au problème d'estimation de matrices de faibles rangs et expliquerons les liens entre ce problème statistique et les deux modèles cités précédemment. Enfin, nous présenterons une application à la détection de communautés dans un graphe.

1. leo.miolane@gmail.com

1 Deux modèles de spins de champ moyen

1.1 Le modèle de Curie-Weiss

Le modèle de Curie-Weiss a été introduit en physique dans le but de comprendre les propriétés d'aimantation de certains matériaux et notamment le phénomène de transition de phase suivant. Lorsque l'on chauffe un aimant au delà d'une température critique (appelée température de Curie, dépendante du matériaux considéré), celui-ci perd subitement son aimantation.

La modélisation de Curie-Weiss consiste à associer à chacun des N atomes de l'aimant un « spin » valant $+1$ ou -1. Chaque atome est ici vu comme un « mini-aimant » pointant dans un sens ou dans l'autre selon son spin. Une configuration du système est la donnée de la valeur des N spins, soit $\boldsymbol{x} = (x_1, \dots, x_N) \in \{-1, 1\}^N$. L'énergie d'une telle configuration est définie par le Hamiltonien :

$$H_N(\boldsymbol{x}) = -\frac{1}{N} \sum_{i<j}^{N} x_i x_j.$$

Ainsi, on observe que plus les spins sont « alignés », plus l'énergie globale diminue. Étant donnée une « température inverse » $\beta > 0$, on défini une mesure de probabilité G sur l'ensemble des états possibles du système par

$$G(\{\boldsymbol{x}\}) = \frac{1}{\mathcal{Z}_N(\beta)} e^{-\beta H_N(\boldsymbol{x})},$$

où le facteur de normalisation $\mathcal{Z}_N(\beta) = \sum_{\boldsymbol{x} \in \{-1,1\}^N} e^{-\beta H_N(\boldsymbol{x})}$ est appelé « fonction de partition ». La mesure de probabilité G est appelée « mesure de Gibbs ». On voit que plus la température est faible (β grand) plus G va avoir tendance à favoriser des configurations $\boldsymbol{x}$ de faibles énergies, c'est-à-dire des configurations pour lesquelles de nombreux spins sont alignés. Nous allons utiliser les crochets $\langle \cdot \rangle$ pour designer les moyennes par rapport à G et noter

$$\langle f(\boldsymbol{x}) \rangle = \sum_{\boldsymbol{x} \in \{-1,1\}^N} f(\boldsymbol{x}) G(\{\boldsymbol{x}\}),$$

pour toute fonction test f. Nous aimerions savoir si une configuration $\boldsymbol{x}$ tirée selon la mesure de Gibbs G présente un « aimantation ». Nous allons nous intéresser à l'aimantation du matériaux définie par :

$$m_N(\boldsymbol{x}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} x_i.$$

Par symétrie entre les aimantations $+1$ et -1 nous avons $\langle m_N(\boldsymbol{x})\rangle = 0$. Nous allons donc étudier le carré de l'aimantation $\langle m_N(\boldsymbol{x})^2\rangle = \langle x_1 x_2\rangle + o_N(1)$, qui représente aussi la corrélation entre deux spins.

Pour calculer cette moyenne, une approche classique en physique statistique consiste à d'abord calculer l'« énergie libre » $\log \mathcal{Z}_N(\beta)$ et ensuite utiliser le fait que

$$\frac{1}{N}\frac{\partial}{\partial\beta}\log \mathcal{Z}_N(\beta) = -\big\langle H_N(\boldsymbol{x})\big\rangle = \frac{1}{2}\langle m_N(\boldsymbol{x})^2\rangle + o_N(1). \tag{1}$$

Pour le modèle de Curie-Weiss, le calcul de l'énergie libre peut se faire par des arguments de dénombrement et donne le résultat suivant :

Propriété 1. *Pour $m \in [0,1]$, on définit $I(m) = \frac{1}{2}\big((1+m)\log(1+m) + (1-m)\log(1-m)\big)$. Pour tout $\beta > 0$ on a alors*

$$\frac{1}{N}\log \mathcal{Z}_N(\beta) \xrightarrow[N\to\infty]{} f(\beta) \overset{\text{def}}{=} \max_{m\in[0,1]}\left\{\frac{\beta m^2}{2} - I(m)\right\} + \log(2). \tag{2}$$

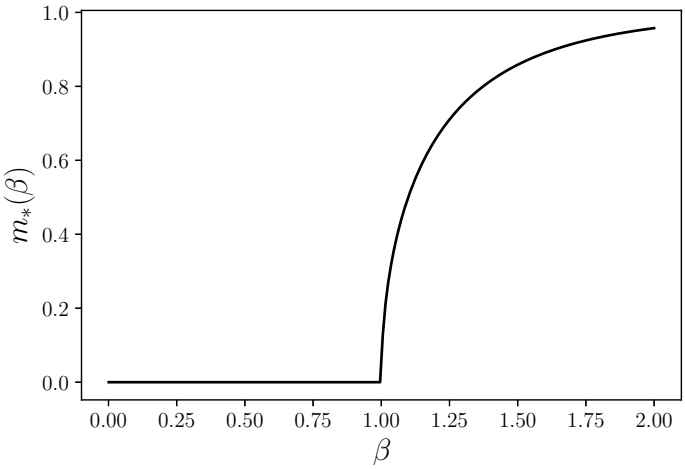


Figure 1 — *Courbe de l'unique maximiseur $m_*(\beta)$ de (2) en fonction de β.*

Le maximum (2) est atteint en un unique $m_*(\beta)$. Par l'inégalité de Hölder, on voit que $\log \mathcal{Z}_N(\beta)$ est une fonction convexe de β. Ceci qui permet de justifier la permutation dérivée-limite suivante :

$$-\big\langle H_N(\boldsymbol{x})\big\rangle = \frac{1}{N}\frac{\partial}{\partial\beta}\log \mathcal{Z}_N(\beta) \xrightarrow[N\to\infty]{} f'(\beta) = \frac{1}{2}m_*(\beta)^2.$$

On conclut que $\langle m(\boldsymbol{x})^2\rangle \xrightarrow[N\to\infty]{} m_*(\beta)^2$. L'étude de f montre que $m_*(\beta) = 0$ pour $\beta \leq 1$: à haute température la magnétisation moyenne du système est nulle.

Pour $\beta > 1$, on a $m_*(\beta) > 0$: le système se magnétise à basse température. Ceci permet d'expliquer la transition de phase à la température de Curie.

1.2 Le modèle de Sherrington-Kirkpatrick

Le modèle de Sherrington-Kirkpatrick (SK) [22] cherche à modéliser un matériau contenant des impuretés comme il peut y avoir dans certains alliages. Ces impuretés perturbent les interactions entre les spins qui peuvent être désormais attractives ou répulsives. Mathématiquement, l'énergie d'une configuration $\boldsymbol{x} \in \{-1, 1\}^N$ est maintenant donnée par

$$H_N(\boldsymbol{x}) = -\frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i<j}^{N} Z_{i,j} x_i x_j,$$

où $(Z_{i,j})_{i<j}$ sont des variables aléatoire Gaussiennes standard indépendantes. Comme pour le modèle de Curie-Weiss, on peut alors définir une mesure de Gibbs G qui est maintenant une mesure aléatoire étant donné qu'elle dépend des variables $Z_{i,j}$.

Les interactions entre les spins du modèle SK sont plus complexes : deux spins x_i et x_j ont tendance à avoir le même signe si $Z_{i,j} > 0$ et des signes opposés si $Z_{i,j} < 0$. Les spins n'ont plus nécessairement intérêt à s'aligner, on peut d'ailleurs montrer qu'à toute température, $m_N(\boldsymbol{x})$ converge vers 0. Contrairement au modèle de Curie-Weiss dont le Hamiltonien est simple avec deux minimums globaux en $\pm(1, \dots, 1)$, le « paysage d'énergie » du modèle SK est extrêmement complexe avec de nombreux minimums locaux. On s'attend donc à ce que la mesure de Gibbs soit essentiellement supportée par plusieurs groupes de configurations correspondants à des états physiques. La quantité d'intérêt centrale du modèle SK est l'« overlap » qui est défini comme le produit scalaire normalisé entre deux configurations $\boldsymbol{x}^{(1)}, \boldsymbol{x}^{(2)}$ tirées indépendamment selon la mesure de Gibbs G :

$$Q_{1,2} = \frac{1}{N} \boldsymbol{x}^{(1)} \cdot \boldsymbol{x}^{(2)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} x_i^{(1)} x_i^{(2)}.$$

L'intérêt de cette quantité vient du fait qu'elle encode la géométrie de la mesure de Gibbs puisqu'elle donne accès à la distance entre deux configurations indépendantes. On peut ainsi voir si les configurations sont plus ou moins proches les unes des autres, ou encore si elles se séparent par exemple en plusieurs groupes (lorsque la loi de $Q_{1,2}$ converge vers une somme finie de Diracs).

Comme pour le modèle de Curie-Weiss on observe deux régimes distincts :

- le régime haute-température pour $\beta \leq 1$ où l'overlap converge en vers $Q_{1,2} \to 0$. On peut ceci comme un résultat de type « loi des grands nombres » qui traduit une décorrélation entre les spins.
- le régime basse-température pour $\beta > 1$ où $Q_{1,2}$ converge en loi vers un mesure $\mu_*(\beta)$ différente d'une mesure de Dirac.

L'étude du modèle SK nécessite de calculer la limite de l'énergie libre

$$\frac{1}{N}\log\left(\sum_{\boldsymbol{x}\in\{-1,1\}^N}\exp\left(\frac{\beta}{\sqrt{N}}\sum_{i<j}^{N} Z_{i,j}x_i x_j\right)\right).$$

Cette limite est donnée par la formule de Parisi, conjecturée par Parisi [19] puis prouvée par Guerra [11] et Talagrand [24]. Si cette formule est relativement simple à haute température (cela vient du fait que $Q_{1,2} \to 0$ traduit une décorrélation des spins qui simplifie l'analyse), elle est nettement plus compliquée à écrire, démontrer et étudier à basse température ; nous ne la formulerons donc pas ici et renvoyons vers [18] pour un traitement approfondi.

2 Un problème d'estimation statistique

L'estimation d'une matrice de faible rang est un problème statistique classique. Il intervient dans de nombreuses situations où l'on cherche à estimer un tableau de données à partir d'observations bruitées ou partielles. Faire l'hypothèse que la matrice recherchée est de faible rang est souvent approprié (les lignes/colonnes sont corrélées entre elles) et permet de débruiter les entrées du tableau.

2.1 Modèle Bayésien

Nous nous intéressons au modèle probablement le plus simple pour étudier ce type de problème. Nous considérons l'estimation d'une matrice symétrique de rang 1 bruitée par un bruit additif Gaussien. Nous adoptons un modèle Bayésien où $\boldsymbol{X} = (X_1, \dots, X_N)$ est un vecteur aléatoire dont les coordonnées sont tirées indépendamment selon une distribution P_0, de second moment égal à 1 ($\mathbb{E}[X_1^2] = 1$). On cherche alors a estimer la matrice $\boldsymbol{X}\boldsymbol{X}^\mathsf{T}$ à partir de l'observation

$$\boldsymbol{Y} = \sqrt{\frac{\beta}{N}}\boldsymbol{X}\boldsymbol{X}^\mathsf{T} + \boldsymbol{Z}, \tag{3}$$

où $\boldsymbol{Z}$ est une matrice symétrique telle que $(Z_{i,j})_{i\leq j} \overset{\text{i.i.d.}}{\sim} \mathcal{N}(0,1)$, représentant un bruit. $\beta > 0$ est le rapport « signal-sur-bruit » : plus β est grand, plus le terme de

« signal » domine dans l'observation $\boldsymbol{Y}$. On suppose que le statisticien connaît β, P_0 et souhaite estimer $\boldsymbol{X}\boldsymbol{X}^\mathsf{T}$ à partir de $\boldsymbol{Y}$.

Le modèle (3) est un modèle extrêmement simple pour l'étude de l'estimation de matrices de faible rang. On peut le généraliser de plusieurs manières :

- Bruit non Gaussien : on pourrait par example avoir $Y_{i,j} \sim P(\cdot|X_iX_j)$, où P est un noyau de transition. Sous certaines hypothèses de régularité sur P il est possible de montrer qu'un tel modèle se ramène à un modèle de bruit Gaussien (3). Le problème de détection de communautés dans un graphe dense que nous allons discuter en est un exemple.
- Matrices non-symétriques et/ou de rang $r \geq 2$. Cela revient à remplacer la matrice $\boldsymbol{X}\boldsymbol{X}^\mathsf{T}$ par $\boldsymbol{U}\boldsymbol{V}^\mathsf{T}$ avec $\boldsymbol{U} \in \mathbb{R}^{N\times r}$ et $\boldsymbol{V} \in \mathbb{R}^{M\times r}$. Ce modèle est intéressant d'un point de vue statistique car il permet de notamment de modéliser des modèles de « mélanges Gaussiens ».
- Tenseurs d'ordres $k \geq 3$. Dans ce cas on observe un tenseur $\boldsymbol{Y} \in (\mathbb{R}^N)^{\otimes k}$ donné par $Y_{i_1,\dots,i_k} = \beta X_{i_1} \dots X_{i_k} + Z_{i_1,\dots,i_k}$.

Les généralisations ci-dessus présentent des phénomènes similaires à ceux que nous allons décrire (avec bien sûr quelques spécificités). Nous nous concentrons ici sur le modèle (3) par souci de simplicité.

2.2 La transition de phase spectrale

Un des estimateurs les plus naturels pour $\boldsymbol{X}$ est le vecteur propre $\hat{v}(\boldsymbol{Y})$ de $\boldsymbol{Y}$ associé à la plus grande valeur propre $\lambda_{\max}(\boldsymbol{Y})$. Il a notamment été conjecturé par Edwards et Jones [9] puis établi dans un cadres beaucoup plus général [2, 21, 10, 6] que $\lambda_{\max}(\boldsymbol{Y})/\sqrt{N} \to 2$ pour $\beta \leq 1$ et $\lambda_{\max}(\boldsymbol{Y})/\sqrt{N} \to \sqrt{\beta} + 1/\sqrt{\beta} > 2$ pour $\beta > 1$. Cette transition de phase affecte également la correlation du vecteur propre associé avec le signal $\boldsymbol{X}$ [13, 20, 17, 4] :

$$\frac{|\hat{v}(\boldsymbol{Y}) \cdot \boldsymbol{X}|}{\|\hat{v}(\boldsymbol{Y})\|\|\boldsymbol{X}\|} \xrightarrow[N\to\infty]{} \begin{cases} 0 & \text{si } \beta \leq 1, \\ \sqrt{1 - 1/\beta} & \text{si } \beta > 1. \end{cases} \tag{4}$$

Ce résultat est intéressant pour plusieurs raisons :

- Il montre qu'il existe une valeur critique du rapport signa-sur-bruit β en dessous duquel l'estimateur spectral est incapable de faire mieux qu'un estimateur « trivial » n'utilisant pas les données.
- Le fait que la transition ait lieu pour $\beta = 1$ peut également surprendre. La matrice $\boldsymbol{Y}/\sqrt{N}$ est la somme de la matrice $\frac{\sqrt{\beta}}{N}\boldsymbol{X}\boldsymbol{X}^\mathsf{T}$ dont l'unique valeur propre non-nulle converge vers $\sqrt{\beta}$, et de la matrice de Wigner $\boldsymbol{Z}/\sqrt{N}$, dont

la plus grande valeur propre converge vers 2. On pourrait donc s'attendre à ce que $\hat{v}(\boldsymbol{Y})$ soit corrélé avec le signal uniquement pour $\beta > \sqrt{2}$.

On peut maintenant se demander si il est possible de « faire mieux » que $\hat{v}(\boldsymbol{Y})$. On aimerait par exemple calculer l'erreur minimale en moyenne quadratique (Minimal Mean Squared Error - MMSE) pour estimer $\boldsymbol{X}\boldsymbol{X}^{\mathsf{T}}$:

$$\mathrm{MMSE}_N(\beta) = \min_{\hat{\theta}} \frac{1}{N^2}\mathbb{E}\Big[\|\boldsymbol{X}\boldsymbol{X}^{\mathsf{T}} - \hat{\theta}(\boldsymbol{Y})\|^2\Big],$$

où le minimum est pris sur l'ensemble des fonctions mesurables $\hat{\theta} : \mathbb{R}^{N\times N} \to \mathbb{R}^{N\times N}$. L'estimateur optimal est l'espérance de $\boldsymbol{X}$ conditionnée par $\boldsymbol{Y}$: $\hat{\theta}_{i,j} = \mathbb{E}[X_i X_j|\boldsymbol{Y}]$. Afin de calculer l'erreur minimale $\mathrm{MMSE}_N(\beta)$, il nous faut donc étudier la distribution de $\boldsymbol{X}$ étant donné $\boldsymbol{Y}$.

2.3 Lien avec la physique statistique

Le formule de Bayes donne :

$$dP(\boldsymbol{X} = \boldsymbol{x}|\boldsymbol{Y}) = \frac{1}{\widetilde{\mathcal{Z}}_N(\beta, \boldsymbol{Y})} \exp\Big(-\frac{1}{2}\sum_{i\leq j}\big(\sqrt{\beta/N}x_i x_j - Y_{i,j}\big)^2\Big) dP_0^{\otimes N}(\boldsymbol{x}).$$

On reconnaît ici une distribution similaire à celles étudiée en première partie. En effet, en développant les carrés $\big(\sqrt{\beta/N}x_i x_j - Y_{i,j}\big)^2$ et en éliminant les termes qui ne font pas intervenir $\boldsymbol{x}$, on obtient

$$dP(\boldsymbol{X} = \boldsymbol{x}|\boldsymbol{Y}) = \frac{1}{\mathcal{Z}_N(\beta, \boldsymbol{Y})} e^{-H_N(\boldsymbol{x})} dP_0^{\otimes N}(\boldsymbol{x}), \tag{5}$$

où $\mathcal{Z}_N(\beta, \boldsymbol{Y})$ est la normalisation appropriée et

$$H_N(\boldsymbol{x}) = -\sum_{i\leq j}\sqrt{\frac{\beta}{N}}Z_{i,j}x_i x_j + \frac{\beta}{N}x_i x_j X_i X_j - \frac{\beta}{2N}x_i^2 x_j^2.$$

En ignorant le dernier terme en $x_i^2 x_j^2$ dont le rôle est secondaire, le Hamiltonien ci-dessus est composé de deux termes :

- *un terme de « signal »* $\sum_{i\leq j}\frac{\beta}{N}x_i x_j X_i X_j \simeq \frac{\beta}{2N}(\boldsymbol{x}\cdot\boldsymbol{X})^2$. Ce terme peut être vu comme une généralisation du Hamiltonien du modèle de Curie-Weiss (qui correspond au cas $\boldsymbol{X} = (1, \dots, 1)$). Il tend à favoriser les configurations $\boldsymbol{x}$ qui sont corrélées avec le signal $\boldsymbol{X}$.
- *un terme de « bruit »* $\sum_{i\leq j}\sqrt{\frac{\beta}{N}}Z_{i,j}x_i x_j$. C'est le Hamiltonien du modèle de Sherrington-Kirkpatrick, il tend à créer du désordre.

Les spins x_i ne sont plus nécessairement ± 1 et prennent leur valeurs dans le support de P_0. Let rapport signal-sur-bruit β joue l'analogue du paramètre de température inverse : plus la température est faible (grand β), plus les spins ont tendance à s'aligner avec ceux du signal $\boldsymbol{X}$.

Comme précédemment, nous utilisons les crochets $\langle \cdot \rangle$ pour désigner l'espérance par rapport à la mesure de Gibbs définie maintenant par

$$\langle f(\boldsymbol{x}) \rangle = \frac{1}{\mathcal{Z}_N(\beta, \boldsymbol{Y})} \int f(\boldsymbol{x}) e^{-H_N(\boldsymbol{x})} dP_0^{\otimes N}(\boldsymbol{x}),$$

pour toute fonction continue bornée f. Munis de cette notation, nous avons $\mathbb{E}[\boldsymbol{X}\boldsymbol{X}^\mathsf{T} | \boldsymbol{Y}] = \langle \boldsymbol{x}\boldsymbol{x}^\mathsf{T} \rangle$, ce qui nous donne :

$$\mathrm{MMSE}_N(\beta) = 1 - \frac{2}{N^2} \sum_{i,j=1}^{N} \mathbb{E}\big[\langle x_i x_j X_i X_j \rangle\big] + \frac{1}{N^2} \sum_{i,j=1}^{N} \mathbb{E}\big[\langle x_i x_j \rangle^2\big] + o_N(1). \tag{6}$$

On voit ainsi que l'erreur $\mathrm{MMSE}_N(\beta)$ dépend de la magnétisation carrée $(\boldsymbol{x} \cdot \boldsymbol{X}/N)^2$ ainsi que de l'overlap entre deux répliques $\boldsymbol{x}^{(1)}$ et $\boldsymbol{x}^{(2)}$ tirées indépendamment selon la mesure de Gibbs puisque

$$\sum_{i,j=1}^{N} \langle x_i x_j \rangle^2 = \sum_{i,j=1}^{N} \langle x_i^{(1)} x_j^{(1)} x_i^{(2)} x_j^{(2)} \rangle\big] = \big\langle (\boldsymbol{x}^{(1)} \cdot \boldsymbol{x}^{(2)})^2 \big\rangle.$$

À ce niveau là, tout semble indiquer que l'étude de notre distribution postérieure (5) va être plus compliquée que celle du modèle SK et de Curie-Weiss, et que nous allons avoir besoin d'étudier séparément la magnétisation et l'overlap pour pouvoir calculer MMSE_N.

Cela ne va pas être le cas. Comme nous allons le voir, notre modèle de spins (5) possède des propriétés qui vont en simplifier l'étude. Celles-ci viennent principalement du fait que la mesure de Gibbs (5) est issue d'un modèle d'estimation statistique. La première simplification découle de la loi de Bayes qui donne

$$(\boldsymbol{Y}, \boldsymbol{X}, \boldsymbol{x}^{(1)}) \overset{(\mathrm{d})}{=} (\boldsymbol{Y}, \boldsymbol{x}^{(1)}, \boldsymbol{x}^{(2)})$$

en loi. En effet, il est possible de générer le couple $(\boldsymbol{X}, \boldsymbol{Y})$ de deux façons équivalentes :

- on génère d'abord $\boldsymbol{X}$ puis $\boldsymbol{Y}$ grace à (3).
- on génère d'abord $\boldsymbol{Y}$ puis $\boldsymbol{X}$ selon la probabilité conditionnelle (5). Ainsi, conditionnellement à $\boldsymbol{Y}$, $\boldsymbol{X}$ suit la même loi qu'une réplique.

On obtient que la magnétisation $\boldsymbol{x} \cdot \boldsymbol{X}$ est égale en loi à l'overlap $\boldsymbol{x}^{(1)} \cdot \boldsymbol{x}^{(2)}$. Ainsi, (6) se simplifie pour donner :

$$\mathrm{MMSE}_N(\beta) = 1 - \frac{1}{N^2} \mathbb{E}\big[\big\langle (\boldsymbol{x} \cdot \boldsymbol{X})^2 \big\rangle\big] = 1 - \frac{1}{N^2} \mathbb{E}\big[\big\langle (\boldsymbol{x}^{(1)} \cdot \boldsymbol{x}^{(2)})^2 \big\rangle\big]. \tag{7}$$

2.4 Calcul de l'énergie libre

Comme pour le modèle de Curie-Weiss, nous allons commencer par le calcul de l'énergie libre

$$F_N(\beta) = \frac{1}{N}\mathbb{E}\Big[\log \int e^{-H_N(\boldsymbol{x})} dP_0^{\otimes N}(\boldsymbol{x})\Big], \tag{8}$$

pour ensuite en déduire $\mathrm{MMSE}_N(\beta)$. Ceci est permis par la relation suivante.

Propriété 2 (Identité de de Brujin, [23] équation 2.12)**.** *Pour tout $\beta > 0$ on a*

$$F_N'(\beta) = \frac{1}{4N^2}\mathbb{E}\big[\big\langle(\boldsymbol{x}^{(1)} \cdot \boldsymbol{x}^{(2)})^2\big\rangle\big] + o_N(1) = \frac{1}{4}\big(1 - \mathrm{MMSE}_N(\beta)\big) + o_N(1).$$

Cette relation est parfois dénommée I-MMSE [12] du fait que pour notre modèle, $F_N(\beta) = \frac{\beta}{4} - \frac{1}{N}I(\boldsymbol{X};\boldsymbol{Y})$ ce qui donne $\frac{1}{N}\frac{\partial}{\partial\beta}I(\boldsymbol{X};\boldsymbol{Y}) = \frac{1}{4}\mathrm{MMSE}_N(\beta)$.

Un principe de découplage

Nous présentons ici le principal ingrédient du calcul de la limite de l'énergie libre (8). Il consiste à montrer que pour tout $\beta > 0$ le système est dans un régime « haute température » où les spins deviennent asymptotiquement décorrélés.Ceci est très spécifique au fait que notre modèle de spins (5) provient d'un problème d'inférence statistique. Ce comportement « haute température » n'est par exemple valide pour le modèle SK qu'à haute température ($\beta \leq 1$).

Supposons pour simplifier que le support de P_0 est fini (le cas général peut ensuite s'en déduire par discrétisation) et considérons le lemme suivant.

Lemme 1 ([16], Lemme 3.1)**.** *Soit Ω un ensemble fini et $\boldsymbol{X}$ un vecteur aléatoire à valeurs dans Ω^N. Pour $\varepsilon \in [0,1]$ on génère indépendamment*

$$S_i^{(\varepsilon)} = \begin{cases} X_i & \textit{avec probabilité } \varepsilon \\ * & \textit{avec probabilité } 1-\varepsilon, \end{cases}$$

où $*$ désigne un élément n'appartenant pas à Ω. Alors

$$\frac{1}{N^2}\int_0^1 \sum_{i,j=1}^N I\big(X_i; X_j | \boldsymbol{S}^{(\varepsilon)}\big) d\varepsilon \leq \frac{2\log(\#\Omega)}{N},$$

où $I\big(X_i; X_j|\boldsymbol{S}^{(\varepsilon)}\big)$ est l'information mutuelle entre X_i et X_j, conditionnellement à $\boldsymbol{S}^{(\varepsilon)}$.

Le Lemme 1 donne que conditionnellement à révéler une faible fraction ε de coordonnées de $\boldsymbol{X}$, deux entrées X_i et X_j choisies au hasard sont approximativement indépendantes.

En appliquant ce résultat conditionnellement à $\boldsymbol{Y}$ on obtient que les spins sont approximativement deux à deux asymptotiquement indépendants, sous la distribution a posteriori de $\boldsymbol{X}$ étant donnés $\boldsymbol{Y}$ et $\boldsymbol{S}^{(\varepsilon)}$. En d'autres termes, révéler une fraction ε des entrées de $\boldsymbol{X}$ au statisticien (en plus de $\boldsymbol{Y}$) permet de briser les correlations entre les spins de la distribution a posteriori et d'avoir ainsi un comportement « haute température ».

Le modèle « avec information additionnelle » $\boldsymbol{S}^{(\varepsilon)}$ sera donc plus simple à étudier que le modèle original : son énergie libre $F_N^{(\varepsilon)}(\beta)$ se calcule plus facilement. Peut-on maintenant utiliser ce modèle plus simple pour calculer l'énergie libre $F_N(\beta)$ du modèle d'origine ? La réponse est oui et provient du fait que l'énergie libre de ces modèles peut s'écrire en termes d'information mutuelle :

$$F_N(\beta) = \frac{\beta}{4} - \frac{1}{N} I(\boldsymbol{X};\boldsymbol{Y}) \qquad \text{et} \qquad F_N^{(\varepsilon)}(\beta) = \frac{\beta}{4} - \frac{1}{N} I(\boldsymbol{X};\boldsymbol{Y},\boldsymbol{S}^{(\varepsilon)}).$$

Révéler εN coordonnées de $\boldsymbol{X}$ ne donne pas plus de $\varepsilon N \log(\#\Omega)$ bits d'information supplémentaires. On a donc $|I(\boldsymbol{X};\boldsymbol{Y}) - I(\boldsymbol{X};\boldsymbol{Y},\boldsymbol{S}^{(\varepsilon)})| \leq \varepsilon N \log(\#\Omega)$ d'où $F_N(\beta) = F_N^{(\varepsilon)}(\beta) + O(\varepsilon)$. Ainsi, le calcul de $F_N^{(\varepsilon)}(\beta)$ pour $\varepsilon > 0$ arbitrairement petit permet de déduire l'énergie libre du modèle initial.

Résultat principal

Afin de pouvoir écrire la formule limite de l'énergie libre $F_N(\beta)$ nous avons besoin de considérer le modèle d'observation « scalaire » suivant

$$Y_0 = \sqrt{\lambda} X_0 + Z_0, \tag{9}$$

où $(X_0, Z_0) \sim P_0 \otimes \mathcal{N}(0,1)$. De même que précédemment, on peut associer une distribution a posteriori $P(X_0|Y_0)$ ainsi qu'une énergie libre à ce modèle. Cette dernière s'écrit :

$$\psi_{P_0}(\lambda) = \mathbb{E}\Big[\log \int \exp\big(\sqrt{\lambda} Z_0 x + \lambda x X_0 - \frac{\lambda}{2} x^2\big) dP_0(x)\Big].$$

Nous avons vu que quitte à considérer un petit peu d'information supplémentaire, on obtenait que les spins se découplaient. Ceci permet alors d'exprimer l'énergie libre $F_N(\beta)$ en fonction de l'énergie libre du modèle scalaire (9).

Théorème 1 : Limite de l'énergie libre [15, 3]

Pour tout $\beta > 0$

$$F_N(\beta) \xrightarrow[N\to\infty]{} \max_{q\in[0,1]} \left\{\psi_{P_0}(\beta q) - \frac{\beta q^2}{4}\right\}.$$

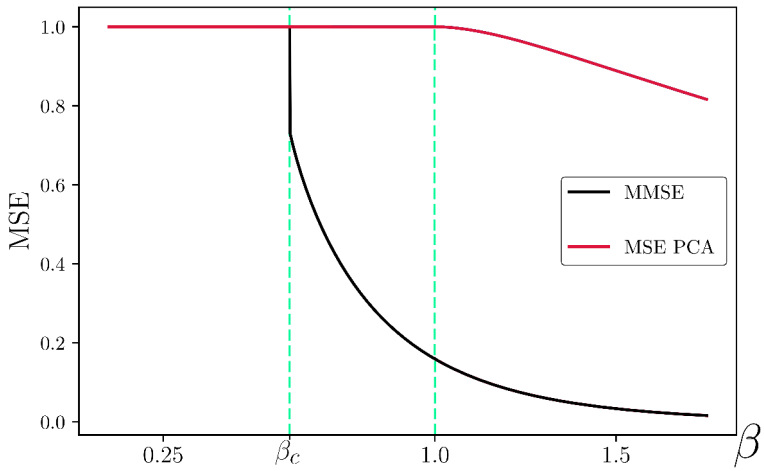


Figure 2 — *Courbe de l'erreur minimale* $\lim_{N\to\infty} \mathrm{MMSE}_N(\beta)$ *ainsi que celle de l'estimateur spectral 'MSE PCA'.*

Pour presque tout $\beta > 0$, le maximum dans le Théorème 1 est atteint en un unique $q_*(\beta)$. La Propriété 2 permet alors de déduire :

Corollaire 1. *Pour tout presque tout* $\beta > 0$

$$\lim_{N\to\infty} \mathrm{MMSE}_N(\beta) = 1 - q_*(\beta)^2.$$

Pour $p = 0.05$ et $P_0 = p\delta_{\sqrt{(1-p)/p}} + (1-p)\delta_{-\sqrt{p/(1-p)}}$ (l'intérêt de cette distribution est expliquée dans la section suivante) on représente sur la Figure 2 différentes erreurs pour estimer $\boldsymbol{X}\boldsymbol{X}^\mathsf{T}$ à partir de $\boldsymbol{Y}$. La courbe 'MSE PCA' représente la performance de l'estimateur spectral. On voit que cet estimateur permet une estimation 'non-triviale' uniquement pour $\beta > 1$. Cependant on observe que la courbe 'MMSE' est en dessous de 1 pour $\beta > \beta_c$. On voit donc que l'estimateur spectral est ici sous-optimal. Il ne permet pas d'estimer le signal mieux qu'un estimateur trivial pour $\beta \in (\beta_c, 1)$ alors que ceci est théoriquement possible, et pour $\beta > 1$ il n'atteint pas l'erreur optimale donnée par la MMSE.

2.5 Exemple d'application : détection de communautés dans des graphes aléatoires

Nous présentons dans cette section une application des résultats de la section précédente à la détection de communautés dans un graphe. Nous considérons ici un modèle particulier de graphes aléatoires présentant une structure de communautés appelé « modèle de partition plantée ».

Définition 1 : Modèle de partition plantée à deux communautés

Soit M une matrice symétrique 2×2 dont les coefficients sont dans $[0, 1]$. Soit $N \in \mathbb{N}^*$ et $p \in [0, 1]$. Le modèle de partition plantée de paramètres (M, N, p) est le graphe aléatoire $\boldsymbol{G}$ défini de la façon suivante :

1. Les sommets de $\boldsymbol{G}$ sont indexés par les entiers $\{1, \dots, N\}$.
2. Pour chaque sommet $i \in \{1, \dots, N\}$ on tire indépendamment $L_i \in \{1, 2\}$ selon $\mathbb{P}(X_i = 1) = p$. L_i est le numéro de la communauté à laquelle appartient le sommet i.
3. Pour chaque paire de sommets $\{i, j\}$ l'arrête non-orientée $G_{i,j}$ est tirée conditionnellement à X_i et X_j selon une distribution de Bernoulli de paramètre M_{X_i, X_j}, indépendamment des autres arrêtes. Deux sommets i et j sont reliés si et seulement si $G_{i,j} = 1$.

Le graphe $\boldsymbol{G}$ est donc généré suivant la partition cachée encodée par $(L_1, \dots, L_N)$. Nous nous intéressons au problème de retrouver la communauté des sommets à partir de l'observation du graphe $\boldsymbol{G}$. Nous dirons que le problème de détection de communautés est *solvable* si il existe un estimateur capable d'obtenir une corrélation non-trivial avec la partition plantée $\boldsymbol{L}$ dans la limite $N \to \infty$.

Nous considérons une matrice M de « connexion » de la forme suivante :

$$M = \frac{d}{N} \begin{pmatrix} a & b \\ b & c \end{pmatrix}. \tag{10}$$

où $pa + (1-p)b = pb + (1-p)c$, ce qui assure que le degré moyen d'un sommet ne dépend pas de sa communauté. Nous étudions le problème de détection de communauté dans un graphe dense, c'est-à-dire où le degré moyen d des sommets tend vers $+\infty$ lorsque $N \to \infty$.

Nous allons reformuler le problème de détection de communauté comme un problème d'estimation d'une matrice symétrique de rang 1. Pour cela nous posons

$$\beta = (1 - b)^2 d$$

qui va jouer le rôle du rapport signal-sur-bruit. Nous supposons que β est fixé lorsque $N, d \to \infty$. Nous définissons ensuite le vecteur $\boldsymbol{X}$ par $X_i = \sqrt{\frac{1-p}{p}}$ si $L_i = 1$ et $X_i = -\sqrt{\frac{p}{1-p}}$ sinon. La partition plantée est ainsi encodée dans $\boldsymbol{X}$. Ce changement de variables de L à X permet de réécrire l'arrête $G_{i,j}$ comme une observation bruitée du produit $X_i X_j$. On peut en effet verifier que conditionnellement à $X_i X_j$, $G_{i,j}$ suit une loi de Bernoulli :

$$G_{i,j} = \mathrm{Ber}\left(\frac{d}{N} + \frac{\sqrt{\beta d}}{N} X_i X_j\right). \tag{11}$$

Lorsque $N, d \to \infty$ la variance (conditionnellement à (X_i, X_j)) de $G_{i,j}$ est égale au premier ordre à $\frac{d}{N}$. Ainsi, conditionnellement à (X_i, X_j) les deux premiers moments de $G_{i,j}$ sont les mêmes (au premier ordre) que $\tilde{Y}_{i,j} = \frac{d}{N} + \frac{\sqrt{\beta d}}{N} X_i X_j + \sqrt{\frac{d}{N}} Z_{i,j}$. Il est alors possible de montrer (voir [8, 14, 15]) que l'erreur moyenne quadratique minimale pour estimer $\boldsymbol{X}$ à partir de G est asymptotiquement la même que celle pour estimer $\boldsymbol{X}$ à partir de

$$\boldsymbol{Y} = \sqrt{\frac{N}{d}}\left(\tilde{\boldsymbol{Y}} - \frac{d}{N}\right) = \sqrt{\frac{\beta}{N}} \boldsymbol{X}\boldsymbol{X}^{\mathsf{T}} + \boldsymbol{Z}. \tag{12}$$

Le problème de détection de communauté est donc solvable si est seulement si il est possible d'estimer $\boldsymbol{X}\boldsymbol{X}^{\mathsf{T}}$ à partir de $\boldsymbol{Y}$ mieux qu'un estimateur trivial.

Nous commençons par définir

$$\beta_c(p) = \inf\{\beta > 0 \,|\, q_*(\beta) > 0\},$$

où $q_*(\beta)$ est l'unique maximiseur dans le Théorème 1, pour $P_0 = p\delta_{\sqrt{(1-p)/p}} + (1-p)\delta_{-\sqrt{p/(1-p)}}$. Le Corollaire 1 nous donne que pour $\beta > \beta_c(p)$ le problème de détection de communauté est solvable, alors que pour $\beta < \beta_c(p)$ il ne l'est pas.

La fonction $p \mapsto \beta_c(p)$ est représentée sur la Figure 3. On peut voir qu'il existe une valeur critique $p^* = \frac{1}{2} - \frac{1}{2\sqrt{3}}$ telle que pour $p \in [p^*, 1/2]$ $\beta_c(p) = 1$ alors que pour $p < p^*$, $\beta_c(p) < 1$ Ainsi il est théoriquement possible d'estimer les communautés de façon non-triviale pour $\beta < 1$ lorsque $p < p^*$ et $\beta > \beta_c(p)$. Cependant, on ne connait aucun algorithme efficace (calculable en temps polynomial) y parvenant. Motivé par des considérations de physique statistique, il a été conjecturé [7] qu'aucun algorithme polynomial ne peut obtenir une correlation non-triviale avec le signal dans ce régime. Ce régime est ainsi qualifié de 'HARD' sur le diagramme de phase de la Figure 3.

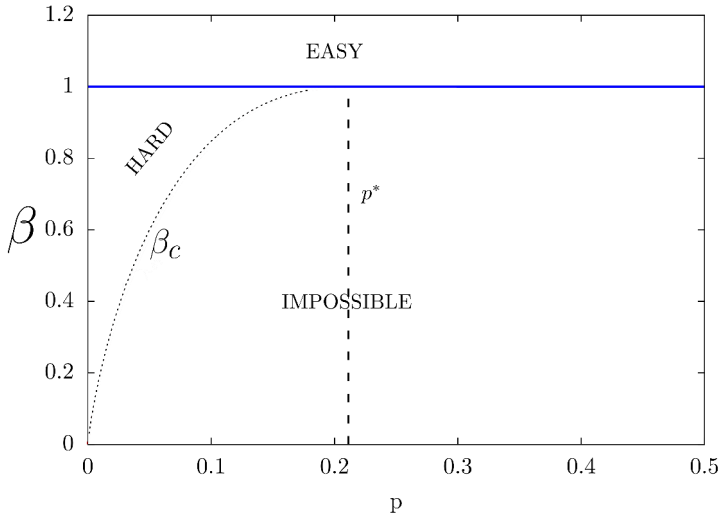


Figure 3 — *Diagramme de phase pour le problème de détection de communautés.*

La région $\beta > 1$ est qualifiée de 'EASY' puisqu'il a été montré [5, 1] que des algorithmes spectraux permettaient de retrouver partiellement les communautés dans ce régime (ce qui est comme nous l'avons vu le cas dans le modèle matriciel). Comprendre la transition entre les régimes 'EASY' et 'HARD' est un formidable défi pour la recherche actuelle.

Références

[1] Emmanuel Abbe et Colin Sandon. "Detection in the stochastic block model with multiple clusters : proof of the achievability conjectures, acyclic BP, and the information-computation gap". In : *arXiv preprint arXiv:1512.09080* (2015).

[2] Jinho Baik, Gérard Ben Arous et Sandrine Péché. "Phase transition of the largest eigenvalue for nonnull complex sample covariance matrices". In : *Annals of Probability* (2005), p. 1643-1697.

[3] Jean Barbier et al. "Mutual information for symmetric rank-one matrix estimation : A proof of the replica formula". In : *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2016, p. 424-432.

[4] Florent Benaych-Georges et Raj Rao Nadakuditi. "The eigenvalues and eigenvectors of finite, low rank perturbations of large random matrices". In : *Advances in Mathematics* 227.1 (2011), p. 494-521.

[5] Charles Bordenave, Marc Lelarge et Laurent Massoulié. "Non-backtracking spectrum of random graphs : community detection and non-regular Ramanujan graphs". In : *Foundations of Computer Science (FOCS), 2015 IEEE 56th Annual Symposium on*. IEEE. 2015, p. 1347-1357.

[6] Mireille Capitaine, Catherine Donati-Martin et Delphine Féral. "The largest eigenvalues of finite rank deformation of large Wigner matrices : convergence and nonuniversality of the fluctuations". In : *The Annals of Probability* (2009), p. 1-47.

[7] Aurelien Decelle et al. "Asymptotic analysis of the stochastic block model for modular networks and its algorithmic applications". In : *Physical Review E* 84.6 (2011), p. 066106.

[8] Yash Deshpande, Emmanuel Abbe et Andrea Montanari. "Asymptotic mutual information for the balanced binary stochastic block model". In : *Information and Inference : A Journal of the IMA* 6.2 (2016), p. 125-170.

[9] SF Edwards et Raymund C Jones. "The eigenvalue spectrum of a large symmetric random matrix". In : *Journal of Physics A : Mathematical and General* 9.10 (1976), p. 1595.

[10] Delphine Féral et Sandrine Péché. "The largest eigenvalue of rank one deformation of large Wigner matrices". In : *Communications in mathematical physics* 272.1 (2007), p. 185-228.

[11] Francesco Guerra. “Broken replica symmetry bounds in the mean field spin glass model”. In : *Communications in mathematical physics* 233.1 (2003), p. 1-12.

[12] Dongning Guo, Shlomo Shamai et Sergio Verdú. “Mutual information and minimum mean-square error in Gaussian channels”. In : *IEEE Transactions on Information Theory* 51.4 (2005), p. 1261-1282.

[13] David C Hoyle et Magnus Rattray. “Statistical mechanics of learning multiple orthogonal signals : asymptotic theory and fluctuation effects”. In : *Physical review E* 75.1 (2007), p. 016101.

[14] Florent Krzakala, Jiaming Xu et Lenka Zdeborová. “Mutual information in rank-one matrix estimation”. In : *Information Theory Workshop (ITW), 2016 IEEE*. IEEE. 2016, p. 71-75.

[15] Marc Lelarge et Léo Miolane. “Fundamental limits of symmetric low-rank matrix estimation”. In : *Probability Theory and Related Fields* (2016), p. 1-71.

[16] Andrea Montanari. “Estimating random variables from random sparse observations”. In : *European Transactions on Telecommunications* 19.4 (2008), p. 385-403.

[17] Boaz Nadler. “Finite sample approximation results for principal component analysis : A matrix perturbation approach”. In : *The Annals of Statistics* (2008), p. 2791-2817.

[18] Dmitry Panchenko. *The Sherrington-Kirkpatrick model*. Springer Science & Business Media, 2013.

[19] Giorgio Parisi. “Infinite number of order parameters for spin-glasses”. In : *Physical Review Letters* 43.23 (1979), p. 1754.

[20] Debashis Paul. “Asymptotics of sample eigenstructure for a large dimensional spiked covariance model”. In : *Statistica Sinica* (2007), p. 1617-1642.

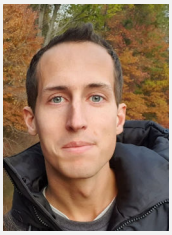
[21] Sandrine Péché. “The largest eigenvalue of small rank perturbations of Hermitian random matrices”. In : *Probability Theory and Related Fields* 134.1 (2006), p. 127-173.

[22] David Sherrington et Scott Kirkpatrick. “Solvable model of a spin-glass”. In : *Physical review letters* 35.26 (1975), p. 1792.

[23] Aart J Stam. “Some inequalities satisfied by the quantities of information of Fisher and Shannon”. In : *Information and Control* 2.2 (1959), p. 101-112.

[24] Michel Talagrand. “The parisi formula”. In : *Annals of mathematics* (2006), p. 221-263.

Léo Miolane



Léo Miolane a effectué sa thèse sous la direction de Marc Lelarge au centre Inria Paris et au Département d'Informatique de l'École Normale Supérieure. Il est maintenant post-doctorant à New York University. Ses travaux portent sur les liens entre l'estimation statistique et la physique statistique.
Email : leo.miolane@gmail.com
Siteweb : leomiolane.github.io

Les ingénieurs et la recherche II : la vision historique et institutionnelle.

par :

Olivier Lafitte[1] *— Professeur, USPN, Institut Galilée et IRL CRM, Université de Montréal*

1 Introduction

Dans le Matapli 123, Alain Bamberger m'a communiqué une note de la DEGESIP sur les ingénieurs et la recherche [**1**], que nous avons commentée. Je me propose de compléter très sommairement ce tableau, en donnant quelques renseignements (certainement connus de beaucoup d'entre vous) sur la notion de docteur-ingénieur, sur la position institutionnelle de l'organisme d'accréditation (la CTI) dans une première partie, et dans une deuxième partie, décrire de manière assez détaillée la situation pour une école qui est un cas particulier : l'École Polytechnique.

2 Les ingénieurs et le doctorat : histoire et état des lieux

Le titre d'ingénieur-docteur (qui s'est transformé en 1966 en titre de docteur ingénieur) existe en France depuis 1923. Les dispositions de 1966 prévoient que certains titres d'« ingénieur diplômé » permettent dobtenir ce titre, après un diplôme d'études approfondies (D.E.A) puis de deux thèses, l'une portant sur des travaux techniques, l'autre sur un sujet donné par le jury en un an, durée passant à deux ans en 1974 (ce qui donnait un diplôme de docteur ingénieur en DEA+1 an jusqu'en 1974, puis DEA+2 ans ensuite). Seuls les ingénieurs élèves d'une école d'une liste limitative dressée par la CTI pouvaient prétendre à obtenir le titre

1. lafitte@math.univ-paris13.fr

de docteur ingénieur. L'inscription pour une première fois dans ce diplôme a été supprimée de fait par la loi de 84 (loi Savary). Les lauréats qui ont à la fois l'un et l'autre sont maintenant docteurs et ingénieurs. (Notons cependant qu'une réponse ministérielle de 1985 permet à une personne, inscrite à un diplôme de docteur-ingénieur avant la promulgation de la loi Savary, de ne plus avoir de limitation de durée pour obtenir ce diplôme de docteur-ingénieur, mais je suppose que l'ensemble des ingénieurs dans ce cas est l'ensemble vide...[2]). Rappelons que, dans le Matapli 123, il a été constaté que, en moyenne, 6,2% des ingénieurs en 2019 étaient titulaires d'un doctorat. La CGE (Conférence des Grandes Ecoles) publie une enquête annuelle sur l'insertion des élèves ingénieurs, incluant le pourcentage de poursuite d'études, notamment en thèse [**4**]. Ce taux est relativement stable depuis dix ans, quoique en légère érosion (8% en 2010, 7% en 2015). Cela correspond cependant à une assez nette augmentation en nombre absolu : environ 1400 poursuites en thèse déclarées en 2015 contre 2200 mentionnés aujourd'hui.

La CTI affirme une position assez forte sur la formation par la recherche (ou pour la recherche) pour les ingénieurs en général. Confirmant les chiffres donnés ci-dessus, le guide Références et Orientations de la CTI 2020, mentionne qu'environ 7% des ingénieurs font « un doctorat en France ou à l'étranger, immédiatement ou ultérieurement, selon des proportions variables suivant le domaine et le contexte de l'établissement porteur de la formation » (ce chiffre de 7% était aussi mentionné dans le guide de 2015, et il est cohérent avec les statistiques mentionnées dans Les Ingénieurs et la Recherche I (Matapli 123)[**1**]). Plus loin dans ce guide, dans les critères d'accréditation par la CTI, on trouve « un nombre suffisant d'enseignants-chercheurs doit enseigner dans l'école », et l'école « place les élèves au plus près de ces activités de recherche et d'innovation ». Reprenant l'article 642-1 du code de l'éducation, ce guide rappelle que « la formation des ingénieurs comporte une activité de recherche fondamentale ou appliquée » (paragraphe C.4.2, parlant en particulier de la rigueur scientifique, vertus du doute, et capacité à se remettre en question). La CTI rappelle d'ailleurs que, le diplôme d'ingénieur accrédité délivrant un grade de master, l'inscription en thèse est possible (même si il y a parfois des réticences et des contraintes supplémentaires dans certaines écoles doctorales).

2. Cependant, ce titre fait encore partie, en 2020, des titres permettant de passer le concours des ingénieurs de recherche du ministère chargé de l'agriculture.

3 Un cas particulier qui ne représente pas forcément la réalité : l'École Polytechnique

L'École Polytechnique a, elle aussi, très tôt, pris à coeur la formation par la recherche et la carrière de chercheur pour les polytechniciens :

Dans la Jaune et la Rouge de Janvier 1968 [**2**], on trouve un article très complet sur « *les polytechniciens dans la recherche scientifique et technique* » où il est rappelé que quatre modifications réglementaires ont ouvert quatre voies pour que les polytechniciens puissent s'adonner à une activité de recherche :

- le décret du 24 aout 1939, dit décret Suquet, qui décrète que dans chaque corps un certain nombre d'ingénieurs ou d'officiers seront affectés à des travaux de recherche. Ce décret prévoit que ceux qui sont affectés peuvent l'être pour 4 ans sans perdre leur solde ou leurs droits.
- Le décret du 4 juillet 1959, dit décret Guillaumat, qui s'applique à partir de la promotion 1957 et instaure la « botte recherche », qui dispense un élève faisant de la recherche à la sortie de l'École de rembourser les frais de scolarité, sous réserve d'obtenir dans un délai raisonnable une thèse de doctorat d'État.
- Des décisions ministérielles permettant la recherche dans les laboratoires des corps civils (1959) puis des corps militaires (1964, où le nom lui est donné d' « option recherche ».
- Et enfin, il est possible de faire de la recherche dans les entreprises et les centres techniques professionnels.

Détailler tous les résultats de cette enquête dépasse largement le cadre de cette note, tout lecteur intéressé peut consulter l'article de la Jaune et la Rouge cité. Notons deux remarques de cette enquête : l'obtention d'une thèse de doctorat d'État « est négligée », sauf pour ceux qui sont dans la « botte recherche ».

Contrairement au titre d'ingénieur-docteur (ou de docteur-ingénieur) qui met l'accent sur des travaux techniques, l'enquête sur l'École Polytechnique mentionne que la plupart des polytechniciens utilisant les dispositions des décrets Suquet et Guillaumat sont dans les sciences fondamentales, mathématiques, physique théorique,...(sauf ceux ayant fait de la recherche dans un des corps de l'État).

Parallèlement, pour le domaine qui nous intéresse le plus (et qui est en filigrane dans la remarque qui précède), lors de la réforme de l'X en 1971, le directeur de l'enseignement scientifique notait qu'il fallait « *rendre les résultats de l'enseignement — celui des mathématiques notamment, que l'on a dit devoir être applicables et effectivement appliquées — le plus opérationnel possible, c'est-à-dire*

après une formation complémentaire spécialisée dans les écoles d'application, susceptible de permettre l'appréhension des problèmes scientifiques posés par l'évolution des techniques de pointe » (toujours extrait de la Jaune et la Rouge, cette fois en 1971 [**3**]).

Actuellement, les anciens élèves de l'École Polytechnique faisant une thèse de doctorat après l'école dans le cadre des bourses de type AMX proposées par l'X portent l'acronyme d'AMX (par symétrie avec l'acronyme d'AMN pour les normaliens) et se retrouvent très souvent dans les laboratoires universitaires. Selon le site de l'École Polytechnique, 40 allocations doctorales spécifiques sont actuellement financées par an, pour tous les laboratoires du territoire national, y compris dans le cadre d'une cotutelle. Si on examine les statistiques de sortie 2009, sur presque 500 élèves, 40 élèves sont AMX, 20 élèves effectuent une thèse de doctorat dans un corps de l'État, et 80 anciens élèves font une formation doctorale après l'école sous un autre statut, (28% du total des élèves diplômés en 2009). On peut remarquer que 140 des 2200 doctorants mentionnés dans [**1**] sont issus de l'Ecole Polytechnique, soit 6% des docteurs alors que l'X ne représente que 1,35% des ingénieurs diplômés en France.

En conclusion, l'étude de la DEGESIP qui a été aimablement communiquée à Matapli (numéro précédent) par A. Bamberger permet une vision beaucoup plus globale d'une situation qui est extrêmement variable. On peut souligner que, semble-t-il, les volontés affichées sont claires, que l'exemple que nous avons abondamment cité dans notre deuxième point n'est pas représentatif ni caractéristique, mais montre cependant un investissement de l'État, et que les disciplines mathématiques, y compris fondamentales, bénéficient dans cet exemple particulier d'un soutien.

Je réitère la remarque de la note de lecture du précédent Matapli, appelant tous les collègues ayant encadré (ou connu) un docteur ayant un diplôme d'ingénieur dans les 10 dernières années, à me le signaler. Savoir qui, parmi ceux-ci, ont un diplôme de master (et non pas uniquement le grade de master que le diplôme d'ingénieur confère) serait également intéressant. N'hésitez pas à faire circuler le message !

Bibliographie

[1] Les docteurs ingénieurs : le choix d'une insertion professionnelle dans le secteur privé : Note d'information numéro 13 - Septembre 2020 *www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid154163/les-docteurs-ingenieurs-le-choix-d-une-insertion-professionnelle-dans-le-secteur-prive.html*

[2] *www.lajauneetlarouge.com/wp-content/uploads/2015/08/jr-222-vtd.pdf*

[3] *www.lajauneetlarouge.com/wp-content/uploads/2015/09/jr-266-gbp.pdf*

[4] *https://www.cge.asso.fr/publications/*

Olivier Lafitte

Olivier Lafitte est polytechnicien, ingénieur en chef des mines (h.), professeur des universités à l'université Sorbonne Paris Nord. Il a été ingénieur de recherche au CEA (1990-2001), membre du bureau de l'Institut d'histoire de l'Industrie (1990-2000) Lecturer au MIT (1993-1994), directeur de la formation ingénieurs MACS (Paris XIII) (2003-2019). Il est aussi Directeur de l'International Research Lab Centre de recherches Mathématiques, Université de Montréal depuis 2019. Il est spécialiste de modélisation, d'équations aux dérivées partielles, d'équations différentielles ordinaires.
Email : lafitte@math.univ-paris13.fr

par :
Christian Gout[1] *— INSA Rouen*

Plan de relance
Préservation de l'emploi de R& D

https://www.economie.gouv.fr/plan-de-relance/profils/entreprises/preservation-emploi-recherche-developpement

En décembre 2020, l'état a publié un plan de relance visant à **maintenir en emploi le personnel de R&D des entreprises et à mettre à disposition des entreprises de jeunes diplômés et docteurs**. Cette mesure est opérationnelle du 1er janvier 2021 jusqu'au 31 décembre 2022 (31 décembre 2024 pour les doctorats industriels).

Cette mesure de préservation de l'emploi de R&D dans les entreprises se décline en quatre volets tous sous condition d'un contrat de recherche collaborative avec une structure à but non-lucratif ayant une activité de recherche (organismes nationaux de recherche, Universités, Ecoles, IRT, CRT).Ce plan peut

1. cgout@berkeley.edu

permettre à des laboratoires académiques de consolider leurs liens avec leurs partenaires privés.

Dans le cadre d'un contrat de recherche collaborative entre une entreprise et une structure à but nonlucratif ayant une activité de recherche, l'état prend en charge la rémunération des personnels de R&D engagés dans cette collaboration, à hauteur de :

- 80 % pour les salariés de l'entreprise partiellement affectés dans le cadre de la collaboration au sein de la structure de recherche (action 1);
- 50 % pour les salariés de l'entreprise s'engageant dans une formation doctorale (action 2);
- 80 % pour les jeunes diplômés de niveau master embauchés par la structure de recherche et partiellement affectés dans l'entreprise (action 3);
- 80 % pour les jeunes docteurs embauchés par la structure de recherche et partiellement affectés dans l'entreprise (action 4).

Les entreprises peuvent bénéficier de ce plan pevent provenir de tous les secteurs d'activité, être de toutes taille (à noter cependant une limite à 60% de grandes entreprises partenaires au cours des 6 premiers mois de la mesure afin de favoriser les collaborations de recherche avec des PME/TPE1), entreprises créées avant le 01/01/2019, disposant des capacités internes à mener des activités de R &D. Les actions 3 et 4 sont réservées prioritairement aux start-ups et aux PME.

Liste des actions éligibles :

Action 1 : personnels de R&D bénéficiant d'un CDI présents dans les effectifs de l'entreprise au 31 décembre 2019 (sauf dérogation justifiée pour une ancienneté inférieure à un an au 1er janvier 2021), avec période d'essai validée à l'exclusion :

- des personnels désireux de bénéficier de l'action 2 (doctorats industriels);
- des doctorants salariés de l'entreprise et bénéficiant d'une convention CIFRE;

Action 2 : ingénieurs et diplômés de master bénéficiant d'un CDI présents dans les effectifs de l'entreprise au 31 décembre 2019, (sauf dérogation justifiée pour une ancienneté inférieure à un an au 1er janvier 2021) avec période d'essai validée;

Action 3 : diplômés de grade master durant les années universitaires 2019-2020 et 2020-2021 embauchés par une structure publique de recherche ou assimilée pour l'opération de recherche visée;

Action 4 : docteurs diplômés durant les années universitaires 2019-2020 et 2020-2021 embauchés par une structure publique de recherche ou assimilée pour l'opération de recherche visée.

À noter que le contrat de collaboration doit obligatoirement mentionner :

- une description du projet de recherche mené en collaboration ; ce projet doit être cohérent avec le plan territorial de transition juste2 et le plan énergie-Climat3 ou neutre vis-à-vis de ceux-ci ;
- la durée de la collaboration qui doit être au moins égale à la période ouvrant droit au bénéfice des mesures de soutien à la R&D : 36 mois pour l'action 2 ; 24 mois maximum pour les autres actions ;
- la nature des activités exercées par le salarié respectivement au sein de l'entreprise et de la structure de recherche ;
- la quotité de temps de travail dans la structure d'accueil du salarié4 qui, sur la durée du contrat, doit être de l'ordre de 50 % pour l'action 2 et de 80% pour les autres actions sauf exception justifiée par les besoins d'organisation du programme de recherche, comme par exemple l'accès à des équipements spécifiques pour mener les activités de recherche ;
- les modalités juridiques et financières d'accueil des salariés concernés ;
- les modalités de retour du salarié sur un emploi à temps plein dans son entreprise (actions 1 et 2), qui devront permettre de valoriser les compétences et/ou qualifications acquises durant la collaboration ; les conditions d'embauche envisagées, le cas échéant, par l'entreprise des jeunes diplômés pour les actions 3 et 4 à l'issue du projet de recherche ;
- les conditions d'attribution des résultats et de dévolution des droits de propriété intellectuelle associés selon les principes ci-après ;
- une annexe financière avec le détail des coûts complets du projet.

Vous devrez indiquer le montant et l'origine de l'aide publique reçue dans les montants déclarés au titre du CIR pour l'opération et les déduire. Les aspects de propriété intellectuelle doivent bien sûr être intégrés dans le contrat de collaboration.

Il est important d'insister que dans le cadre de collaborations que les collègues peuvent avoir avec des entreprises, ce plan peut permettre de favoriser les contrats de collaborations, avec des personnels mis à disposition des entreprises et employés par un établissement/organisme tutelle du laboratoire concerné, avec une prise en charge partielle (mais importante) de l'Etat. Cette mesure permet aussi de soutenir l'emploi de nos jeunes diplômés. Le budget alloué par l'Etat est bien sûr limité, et il n'y a donc pas de certitudes d'être retenu, cependant, si

vous voyez des perspectives liées à cette mesure, ne pas hésiter à se rapprocher (via votre Direction de Laboratoire) de la **Direction de la Recherche et de la Valorisation** tutelle de votre laboratoire qui pourra vous **conseiller et vous accompagner si vous déposez une demande dans le cadre de ce plan de relance**.

Christian Gout

Christian GOUT est professeur à l'INSA Rouen Normandie. Il est Directeur de la Recherche et de la Formation Doctorale de l'INSA Rouen depuis 2014, vice-président du DataLab Normandie et impliqué dans le Labex AMIES. Ses centres d'intérêts sont la modélisation mathématique et la simulation numérique incluant l'analyse numérique, l'approximation, les EDP et l'optimisation, avec des applications vers l'énergie, le traitement d'images (médicales et géophysiques), et l'optimisation de forme.

Email : cgout@berkeley.edu
Siteweb :
http://lmi.insa-rouen.fr/15-gout-christian.html

Le cas de Laila Soueif

par :

Ahmed Abbes

La mathématicienne et militante égyptienne Laila Soueif ne connaît aucun répit. Elle est professeure de mathématiques à l'université du Caire et une fondatrice du Mouvement des professeurs du 9 mars pour l'indépendance des universités en Egypte ; elle et sa famille ne connaissent que trop bien la répression politique égyptienne. Dans les années 1980, au moment de la naissance de leur fille Mona, son mari Ahmed Seif El-Islam, éminent avocat et défenseur des droits humains, était en prison pour son engagement politique ancré à gauche. En novembre 2013, après le coup d'état du maréchal Abdel Fattah el-Sisi, le fils de Soueif, Alaa, icône de la révolution égyptienne de 2011, est à nouveau emprisonné. Quelques mois plus tard, en juin 2014, sa fille Sanaa est à son tour arrêtée lors d'une manifestation appelant à la libération de prisonniers politiques, dont Alaa. A peine deux mois plus tard, le mari de Soueif décède, des complications d'une intervention cardiochirurgicale. Laila et ses trois enfants, dont deux en prison, entament une grève de la faim de plus de deux mois pour protester contre l'emprisonnement d'Alaa et de Sanaa. En septembre 2019, Alaa, à peine libéré de prison, est arrêté à nouveau et Laila reprend le combat pour sa libération, parallèlement à son enseignement à l'université. Après avoir organisé une petite manifestation demandant que les prisonniers soient libérés pendant l'épidémie de coronavirus, elle est à son tour arrêtée, puis relâchée le jour suivant. Les visites en prison étant suspendues et les communications avec les familles bloquées, Laila Soueif entame un sit- in devant la prison, en demandant à être autorisée à recevoir une lettre d'Alaa. Elle y est attaquée physiquement, ainsi que ses filles venues la rejoindre. Lorsqu'elles se présentent devant les autorités pour signaler cette agression, Laila voit Sanaa emmenée par des policiers en civil et emprisonnée. Laila et Mona sont constamment dénigrées dans des journaux d'état, qui publient régulièrement des articles affirmant qu'elles sont des agents étrangers, des sympathisantes du terrorisme, etc. Quand la presse est sévèrement muselée, les défenseurs des droits humains et de la démocratie ont un

besoin impérieux du soutien international. Laila Soueif continue de lutter pour la libération de ses deux enfants. Nous appelons nos collègues et les sociétés mathématiques à la soutenir, ainsi que ses enfants, en écrivant, dans vos pays respectifs, à

- votre ministre des Affaires étrangères ;
- l'ambassade d'Egypte.

Nous vous demandons aussi d'envoyer des messages aux autorités égyptiennes, en particulier :

- au bureau du Procureur général ;
- au ministre de la Justice ;
- au ministre de l'Enseignement supérieur ;
- à la présidence.

Signataires

- Ahmed Abbes, mathématicien, directeur de recherche au CNRS, Paris.
- Sir John Ball, FRS, professeur de mathématiques à l'université Heriot-Watt, ancien président de l'Union mathématique internationale.
- Michel Broué, professeur émérite de mathématiques à l'université de Paris.
- Chandler Davis, professeur émérite de mathématiques à l'université de Toronto.
- Adrien Deloro, maître de conférences en mathématiques à Sorbonne Université.
- Ivar Ekeland, FRSC, professeur émérite de mathématiques et ancien président, Université Paris-Dauphine.
- Maria J. Esteban, mathématicienne, Directrice de recherche au CNRS, Université Paris-Dauphine et Université de recherche Paris sciences et lettres.
- Catherine Goldstein, directrice de recherche au CNRS, Institut de mathématiques de Jussieu-Paris Gauche.
- Mary W. Gray, professeure de mathématiques et de statistiques, American University.
- Michael Harris, professeur de mathématiques à l'université Columbia.
- Helmut Hofer, professeur de mathématiques à l'Institute for Advanced Study, Princeton.

- Ilya Kapovich, professeur de mathématiques et de statistiques, Hunter College à CUNY, président du Comité des mathématiciens pour les droits humains, American Mathematical Society.
- Jair Koiller, professeur de mathématiques, Université fédérale de Rio de Janeiro.
- Dusa McDuff, professeure Kimmel de mathématiques à Barnard College, université de Columbia.
- John W. Milnor, lauréat du prix Abel (2011), Distinguished Professor of Mathematics à l'université Stony Brook.
- David Mumford, professeur émérite de mathématiques aux universités Brown et Harvard, lauréat de la médaille Fields (1974), ancien président de l'Union mathématique internationale.
- Bâo Châu Ngô, professeur de mathématiques à l'université de Chicago, lauréat de la médaille Fields (2010).
- Joseph Oesterlé, professeur émérite de mathématiques à Sorbonne Université, Paris.
- Arthur Ogus, professeur émérite de mathématiques à l'université de Californie, Berkeley.
- Roshdi Rashed, historien des mathématiques, directeur de recherche émérite au CNRS à Paris, professeur émérite à l'université de Mansoura en Egypte et professeur émérite à l'université de Tokyo.
- Raphaël Rouquier, professeur de mathématiques à l'université de Californie, Los Angeles.
- Graeme Segal, FRS, professeur émérite de mathématiques, All Souls College, Oxford, ancien président de la London Mathematical Society.
- Stephen Smale, professeur émérite de mathématiques à l'université de Californie, Berkeley, lauréat de la médaille Fields (1966).
- Cédric Villani, membre de l'Assemblée nationale, lauréat de la médaille Fields (2010).
- Claude Viterbo, professeur de mathématiques à l'université de Paris- Saclay et à l'École normale supérieure de Paris.
- Masha Vlasenko, professeure de mathématiques à l'institut de mathématiques de l'Académie des sciences de Pologne.

Une liste des adresses des autorités égyptiennes est disponible ici :

https://lailasoueif.org/take-action/

Demain, faudra-t-il payer pour publier ?

par :
Karim Ramdani[1] *— Inria et Université de Lorraine*

Ces dernières années, l'édition scientifique a connu des évolutions importantes avec l'émergence de la science ouverte et l'apparition de nouveaux modèles de financement. Le but de cet article est d'examiner tout particulièrement les difficultés posées par le modèle auteur-payeur.

1 Les modèles économiques

En simplifiant à l'extrême, on distingue habituellement trois grands modèles de financement pour les revues scientifiques :

- le modèle **lecteur-payeur**, dans lequel l'accès aux publications d'une revue repose sur la souscription d'un abonnement (c'est le modèle dominant que nous utilisons quotidiennement lorsque nous accédons à un article par le portail de notre université, par exemple) ;
- le modèle **auteur-payeur**, dans lequel les articles sont librement accessibles sans frais ni identification préalable pour le lecteur, mais où l'auteur (généralement l'auteur correspondant) paye des frais de publication (en anglais APC, pour *Article Processing Charges*) ;
- le modèle **sponsor-payeur**, sans frais ni pour le lecteur ni pour l'auteur, dans lequel les coûts de publication sont pris en charge par un sponsor (institution, société savante, fondation...).

Actuellement, la plupart des revues éditées par les grands éditeurs commerciaux (Elsevier, Springer, Wiley, Taylor & Francis...) fonctionnent selon un modèle d'abonnement, tout en permettant à l'auteur, de manière optionnelle, de payer des frais de publication pour rendre son propre article (et uniquement

1. karim.ramdani@inria.fr

celui-là) librement accessible sur le site de la revue. On parle alors de modèle hybride, puisqu'à l'exception des articles pour lesquels l'auteur a payé des APC, les articles d'une telle revue ne sont accessibles qu'aux abonnés. Rappelons que le Conseil scientifique de l'INSMI a formulé en 2016 une recommandation déconseillant le paiement de frais de publication[2].

Toutefois, avec le développement de la science ouverte (illustré au niveau national par la création du Comité pour la science ouverte et au niveau européen par le lancement du Plan S), le modèle auteur-payeur connaît un essor important[3] et...inquiétant.

2 Auteur-payeur : un modèle dangereux à plus d'un titre

Le principal argument généralement invoqué pour défendre le modèle auteur-payeur est celui du libre accès à la connaissance. C'est exact, mais ce n'est certainement pas la seule voie pour y parvenir. Depuis le vote de la loi pour une République numérique en 2016 (Article L533-4), les chercheurs et les chercheuses des institutions françaises peuvent déposer leurs articles en version auteur[4] dans une archive ouverte (Hal, arXiv...) au plus tard 6 mois après leur publication (12 mois en sciences humaines et sociales). Ce dépôt permet donc un accès gratuit et rapide (à défaut d'être immédiat) aux publications, sans présenter les nombreux risques du modèle auteur-payeur que nous allons maintenant détailler, en distinguant deux implémentations possibles :

- paiement des APC au niveau individuel ;
- paiement des APC au niveau national dans le cadre d'un accord avec un éditeur.

2.1 Implémentation sans accord national

Dans cette approche, chaque chercheur devra payer des APC pour publier un article. Avant de décrire les problèmes que cela soulève, il important de rappeler quelques ordres de grandeur. En 2017, le montant moyen des APC payées en France (toutes disciplines confondues) était de 1779€ par article[5]. Pire, pour pu-

2. http://www.cnrs.fr/comitenational/doc/recommandations/2016/Recommandation-csi-INSMI-au-sujet-des-frais-de-publication-(APC).pdf

3. Voir par exemple la page Open Access de Wikipedia ou cert article sur l'exemple de l'Université de Lorraine : https://hal.univ-lorraine.fr/hal-02318485

4. Version acceptée mais sans la mise en page éditeur.

5. Voir le site Open APC : https://treemaps.intact-project.org/apcdata/openapc/

blier en libre accès dans la revue *Nature*, l'auteur doit désormais débourser...9500€ (soit 11390$)[6].

Ce modèle, que l'on pourrait qualifier de « chacun pour soi », pose deux problèmes principaux : un problème de répartition et un problème d'inégalité.

- **La répartition des moyens pour publier** s'avère extrêmement délicate dans ce modèle, que ce soit au niveau des chercheurs d'une même équipe de recherche, des équipes de recherche d'un même laboratoire ou des laboratoires d'une même université. Cela sera sans doute une source de tensions importantes dans les laboratoires et accentuera une concurrence malsaine.
- Ce modèle conduit à une **inégalité devant l'accès à la publication** entre chercheurs d'un même laboratoire, entre chercheurs de différents laboratoires en France et entre chercheurs de différents pays : obtenir un beau résultat scientifique ne suffira pas à obtenir sa publication dans une revue prestigieuse, il faudra aussi avoir de quoi payer les APC. Par ailleurs, comme un tel modèle suppose le développement du financement par projets, il conduira à un accroissement des inégalités dans le temps : les « riches » pourront publier dans les revues les plus chères, ce qui conduira à accroître la visibilité de leurs travaux, et donc leur chance d'obtenir de nouveaux financements.

2.2 Implémentation dans le cadre d'un accord national

Pour éviter ces difficultés, il est envisagé de signer des accords avec les principaux éditeurs commerciaux pour payer les APC au niveau national. Chaque chercheur d'un établissement français pourrait publier en libre accès « gratuitement », c'est-à-dire sans payer individuellement des APC. Bien qu'il séduise un certain nombre de « décideurs » à travers le monde, ce modèle est tout aussi problématique que le précédent.

- Ce modèle n'a **aucune chance de résoudre le problème des coûts exorbitants** que payent actuellement les contribuables pour financer la publication scientifique (à travers l'abonnement aux revues). Selon une étude[7] du CNRS, dans l'hypothèse théorique d'un basculement total du modèle lecteur-payeur vers le modèle auteur-payeur, la facture de publication scientifique du CNRS passerait de 15M€ (montant lié au nombre de

6. https://openscience.pasteur.fr/2020/12/11/9500e-pour-un-article-en-open-access-dans-une-revue-nature-les-nouveaux-tarifs-devoiles-par-springer-nature/

7. « Financer la publication scientifique : le "Lecteur" et/ou "Auteur"? Évolutions, Alternatives. », DIST étude numéro 3, juin 2015

« lecteurs » CNRS) à 31,5M€ (montant lié aux nombre d'auteurs CNRS, sous l'hypothèse d'un tarif moyen d'APC de 2200€ par article, moyenne constatée chez Springer). Une étude[8] similaire effectuée à l'INRA (aujourd'hui INRAE) conduit à des résultats tout aussi inquiétants : 2,3M€ en auteur-payeur contre de 2,4M€ en lecteur-payeur, mais cette fois avec un hypothèse basse d'APC de 1500€. Par ailleurs, ce refus de toute baisse des coûts est clairement annoncé par Elsevier : *« We believe that the primary reason to transition to gold open access*[9] *should not be to save money (it won't, and there will be winners and losers as costs are redistributed) ».*[10] Aussi scandaleuse soit-elle, cette affirmation doit être prise très au sérieux.

- La question de la **répartition nationale des coûts entre les différents établissements** s'avère délicate, puisqu'elle dépendra de l'intensité de publication de chaque établissement (plus vos chercheurs publient, plus ils vous coûtent...).
- Enfin, et c'est sans doute là le point le plus inquiétant, ce modèle rend les **les établissements et les chercheurs encore plus captifs des gros éditeurs commerciaux**. Aujourd'hui, une offre d'abonnement que l'on considère comme trop coûteuse peut toujours être refusée : les chercheurs n'auront plus accès aux articles de cet éditeur, mais pourront y accéder par d'autres moyens légaux (archives ouvertes, page personnelle de l'auteur...) ou moins légaux (comme le site pirate au nom commençant par Sci et se terminant par Hub). Le passage au modèle auteur-payeur privera les établissements de ce levier aussi important qu'inavouable dans les négociations avec les éditeurs commerciaux : si tout est librement accessible, les sites pirates ne présentent plus aucun intérêt. Refuser un accord avec un éditeur impliquera de ne pas publier chez cet éditeur, ce que peu de chercheurs seront prêts à accepter. Ainsi, le paiement des APC deviendra directement couplé à la question de l'évaluation individuelle des chercheurs et à leur évolution de carrière, rendant toute remise en cause du système de publication quasi-impossible.

Aux risques décrits ci-dessus, il faudrait ajouter le risque sur la qualité de la production scientifique, avec l'émergence des éditeurs dits « prédateurs » : si une revue encaisse quelques centaines d'euros pour chaque article accepté, elle

8. Estimation des dépenses de publication de l'Inra dans un modèle théorique « Gold Open Access »

9. On désigne par *Gold Open Access* la publication d'articles dans des revues en libre accès (quel que soit leur mode de financement), par opposition au *Green Open Access* qui concerne le dépôt dans des archives ouvertes

10. Working towards a transition to open access, Elsevier, Septembre 2017

peut être tentée de publier tout et n'importe quoi...

3 Conclusion

Nous avons brièvement décrit les risques inhérents à un système de publication qui serait dominé par le modèle auteur-payeur. Il est évident que cette situation n'adviendra pas du jour au lendemain et qu'une coexistence des deux modèles (lecteur-payeur et auteur-payeur) aura lieu durant la transition. Les « accords transformants » ont pour objet de définir les modalités de cette transition. Malheureusement, comme le montre remarquablement Frédéric Hélein dans une note de blog[11], ces accords constituent déjà un piège en soi...

Pour aller plus loin, n'hésitez pas à consulter ma page dédiée à l'édition scientifique; vous y trouverez quelques recommandations pour "mieux" publier et une liste de revues "mathematicians-friendly" : https://karim-ramdani-site.apps.math.cnrs.fr/edition/

Karim Ramdani

Karim Ramdani est Directeur de Recherche Inria à l'Institut Elie Cartan de Lorraine. Ses travaux de recherche portent sur l'étude mathématique et la simulation numérique des problèmes directs ou inverses pour les ondes, ainsi que sur le contrôle et la stabilisation des EDP. Depuis quelques années, il s'intéresse aux problématiques liées à l'édition scientifique. Avec Benoît Kloeckner, il a été chargé de mission « Publications Ouvertes » au sein du Bureau du Réseau National des Bibliothèques de Mathématiques de 2016 à 2020. Depuis 2018, il est membre du Collège « Publications » du Comité pour la science ouverte.
Email : karim.ramdani@inria.fr
Siteweb :
https://karim-ramdani-site.apps.math.cnrs.fr/

11. Le piège des accords transformants

Couvrez ce quota que je ne saurais voir - Errata : les chiffres sur la SMF sont faux...

par :
Indira Chatterji[1] *— Laboratoire J.A. Dieudonné de l'Université de Nice*

Suite à l'appendice de mon article[2] dans le dernier numéro de votre journal préféré, Fabien Durand, qui a vérifié les chiffres qui le concernaient en tant que président de la SMF, me fait remarquer qu'ils sont tous faux. Annales de l'ENS : j'ai annoncé 8,3% or il est de 15,5% (2/13), Bull. et Mem. SMF : j'ai annoncé 10% or il était de 18% (2/11) et vient de passer à 38% (5/13), Astérisque : j'ai annoncé 16,6% or il est de 25% (3/12). J'ai aussi eu les chiffres de Christian Kassel, qui m'a fait remarquer que j'avais raté quelques bons élèves comme les Annales math. Blaise Pascal qui affiche un taux actuel de 30%, et les Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse avec 32% (7/ 22).

Sachant que Maryam Mirzakhani était restée dans le comité éditorial d'IMRN plus d'un an après son décès en 2017, et que j'ai travaillé pendant près d'un an pour Geometria Dedicata avant de remarquer que j'étais inscrite dans le comité éditorial de Journal of Number Theory à la place, j'en avais déduit que les sites des comités éditoriaux sont mal entretenus et peu indicatifs de qui dans les faits, travaille. J'ai donc bâclé cet exercice de comptage fastidieux, futile et ingrat et je présente mes excuses aux personnes qui ont pu être froissées.

Suite au partage de l'article « A. Celetti et S. Kanas *Underrepresentation of Women in Editorial Boards of Scientific and EMS Journals*, EMS Newsletter December 2020. » fin janvier, qui trouve 10,5% de femmes dans les comités de rédaction des journaux européens, Barbara Schapira complète l'exercice, confirmant les chiffres de Fabien Durand et rajoute Le Journal de l'Ecole Polytechnique avec 22% (7/32), Le Journal de l'IMJ avec 0% (0/25), la Revue d'histoire des mathématiques avec 31% (5/16). J'ai donc fait l'effort de compléter avec le Journal de Théorie Nombres de Bordeaux que Barbara Schapira avait laissé tomber faute de prénoms visibles et trouve 8% (2/25).

1. indira.chatterji@math.cnrs.fr
2. *Couvrez ce quota que je ne saurais voir*, MATAPLI numéro 123, 2020.

On notera qu'à vue de nez, la moyenne des proportions de femmes dans les comités est supérieure à la proportion de 10,5% de femmes au niveau européen, et on évitera de déduire hâtivement que la France est moins sexiste que le reste des Européens, il se pourrait que c'est juste la même poignée de femmes qui fait tous les journaux.

J'aimerais terminer cet errata en rappelant que l'absence de femmes sur la place publique est un phénomène omniprésent : en commençant par la place qu'on laisse aux petites filles dans la cour des écoles[3] en passant par celle des personnages féminins dans les Disneys[4], jusqu'à l'avis des « experts » en R_0 durant la crise sanitaire qui étaient selon une enquête de Le Monde, à 80% des hommes[5]. Remarquons enfin que ce phénomène est responsable en partie de la mort de nos masters de maths pures : on pourrait, en les rendant paritaires, doubler leurs effectifs.

Remerciements

Je remercie les collègues qui ont lu et commenté, iels se reconnaitront.

Indira Chatterji

Indira Chatterji a débuté sa carrière avec une thèse en Suisse et a été professeur aux États-Unis. Elle étudie la géométrie des groupes et est actuellement professeur à l'Université de Nice.
Email : indira.chatterji@math.cnrs.fr
Siteweb : https://math.unice.fr/~indira/

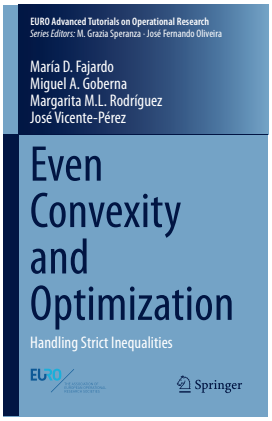
3. Cécile Bouanchaud *Dans les cours de récréation, les filles sont invisibilisées*, Le Monde septembre 2018, https://www.lemonde.fr/societe/article/2018/09/16/dans-les-cours-de-recreation-les-filles-sont-invisibilisees_5355861_3224.html.

4. https://www.washingtonpost.com/news/wonk/wp/2016/01/25/researchers-have-discovered-a-major-problem-with-the-little\--mermaid-and-other-disney-movies/.

5. Anne Chemin *« Beaucoup conservent un sentiment d'illégitimité » : pendant la crise sanitaire, les femmes expertes sous-représentées* https://www.lemonde.fr/idees/article/2020/07/10/l-effacement-des-femmes-de-savoir-pendant-la-crise-sanitaire_6045764_3232.html.

par :
Michel Théra — Université de Limoges

Even Convexity and Optimization



EURO Advanced Tutorials on Operational Research Springer (2020) by María D. Fajardo, Miguel A. Goberna, Margarita M.L. Rodríguez, José Vicente-Pérez.

The monograph "*Even Convexity and Optimization* " is a source book on linear and convex systems containing strict inequalities, their solution sets, called evenly convex by Werner Fenchel in 1952. It includes also the study of evenly quasi convex and evenly convex, functions, that is those functions whose lower level sets or epigraphs are evenly convex sets, respectively.

The book provides

- proofs of new results, and either second proofs or sketches of proofs for many known results which deserve either a comment or a revision (as it happens with some works previous to Rockafellar's Convex Analysis 1970);
- an overview of applications of the mentioned sets and functions to optimization, economics, computer sciences, and other fields;
- illustrative examples, diagrams, and figures for the main concepts and key results.

The book is organized in 4 chapters. Chapter 1 deals with linear systems with an arbitrary (possibly infinite) number of weak and /or strict inequalities

and their solution sets called in parallel linear systems and evenly convex sets. It provides characterizations, operation rules, separation theorems for evenly convex sets and Farkas-type results. Chapter 2 specializes on finite linear systems and evenly convex polyhedra. Chapters 3 and 4 are devoted to evenly quasi convex functions and evenly convex functions. Characterizations properties, conjugacy and duality theorems for optimization problems involving such functions are considered.

This textbook certainly provides a sound approach of the theory of evenly convexity and is useful for the optimization community. The authors deserve our appreciation for their nice exposition and I enthusiastically recommend its reading.

Résumés de thèses et HdR

par :
Cécile Louchet[1] *— Université d'Orléans*

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 400 mots ou 3000 caractères. 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

▸ *Habilitation soutenue par :* **Marc BRIANT**

Hypocoercivity for perturbation theory and perturbation of hypocoercivity for confined collisional kinetic equations

Soutenue le 10 novembre 2020
Université de Paris

Résumé :
Ce rapport présente de manière cohérente un grand nombre des travaux de recherche que j'ai effectués après la défense de mon doctorat en 2014 et qui s'articulent autour du concept d'hypocoercivité. Ce dernier représente les mécanismes par lesquels un opérateur conservatif (tel que celui du transport libre) peut interagir avec un autre négatif à noyau (tel que celui de collision) pour générer une coercivité globale. De telles propriétés

1. cecile.louchet@univ-orleans.fr

hypocoercives jouent un rôle important pour obtenir des théories de Cauchy proches de l'équilibre ainsi que pour construire explicitement des taux de retour exponentiels vers cet état.
Cette habilitation tente de décrire les stratégies les plus récentes permettant d'extraire l'hypocoercivité dans les équations cinétiques collisionnelles avec potentiel dur et troncature angulaire : Boltzmann mono-espèce, avec et sans force extérieure, ou système de Boltzmann pour les mélanges multi-espèces et leurs limites hydrodynamiques respectives en régime diffusif. Plus précisément le rapport a pour objectif de : présenter succinctement des différents modèles collisionnels en théorie cinétique évoqués ci-dessus ; établir une bibliographie des théories de Cauchy existantes dans le cas d'opérateurs de collisions à potentiel dur et troncature angulaire pour situer les apports des méthodes hypocoercives ; donner un aperçu général des utilisations des propriétés hypocoercives pour les équations de type Boltzmann linéaire et leurs applications au cas non-linéaire en régime perturbatif ; décrire les techniques les plus récentes développées pour faire apparaître cette hypocoercivité des opérateurs cinétiques linéaires ; montrer l'uniformité de ces méthodes dans des phénomènes de coefficients evanescents permettant ainsi l'obtention de limites hydrodynamiques ; étendre les points précédents à ce que nous pourrions appeler une théorie perturbative de l'hypocoercivité : sa robustesse à traiter des problèmes perturbatifs hors équilibre.

▸ *Habilitation soutenue par* : **Manon DEFOSSEUX**

Mouvement brownien et algèbres de Kac–Moody affines

Soutenue le 6 novembre 2020
MAP5, Université de Paris

Résumé :
Il existe au moins trois manières très classiques de construire un processus de Bessel de dimension 3, qu'on obtient indifféremment en considérant la norme euclidienne d'un mouvement brownien tridimensionnel, l'image par la transformation de Pitman d'un mouvement brownien réel, ou enfin une transformation de Doob de ce même mouvement brownien tué en 0. Par ailleurs, les orbites pour l'action du groupe orthogonal sur $\mathbb{R}^3$ sont les sphères de $\mathbb{R}^3$ et la norme d'un vecteur détermine l'orbite à laquelle il appartient. Si l'on remplace l'action du groupe orthogonal sur $\mathbb{R}^3$ par celle du

groupe spécial unitaire SU(2) sur son algèbre de Lie $\mathfrak{su}(2)$, on peut alors décrire le processus de Bessel 3 à la fois comme la partie radiale d'un mouvement brownien sur $\mathfrak{su}(2)$, l'image par une transformation de Pitman de la projection de ce mouvement brownien sur une sous-algèbre de Cartan de $\mathfrak{su}(2)$, ou encore une transformation de Doob de ce dernier processus sur la sous-algèbre de Cartan tué en 0. Ainsi analysé, le processus de Bessel de dimension 3 devient l'exemple le plus simple d'une classe de processus obtenus en remplaçant le groupe SU(2) par un groupe de Lie compact connexe semi-simple et $\mathfrak{su}(2)$ par l'algèbre de Lie de ce groupe. Il existe pour ces processus, qui sont à valeurs dans une chambre de Weyl associée au système de racines du groupe, un théorème de type Pitman établi par Philippe Biane, Philippe Bougerol et Neil O'Connell. Dans ce mémoire, le groupe compact est remplacé par un groupe de lacets et l'algèbre de Lie par une algèbre de Lie affine. Nous y développons une étude approfondie des processus apparaissant naturellement dans ce cadre et présentons en particulier un théorème de type Pitman pour un brownien espace-temps conditionné à vivre dans une chambre de Weyl de type A_1^1.

▸ *Habilitation soutenue par* : **Jean-Baptiste DURAND**

Contributions to hidden Markov models and applications to plant structure analysis

Soutenue le 19 octobre 2020
Laboratoire Jean Kuntzmann et Université de Grenoble

Résumé :
This presentation will focus on diverse contributions to hidden Markov modelling on graphs, with a particular emphasis being placed on tree graphs. I will introduce various families of hidden Markov tree models, motivated by the analysis and prediction of plant growth and architecture. Connections with the theory of probabilistic graphical models and multivariate counts will be exposed, as well as dedicated methods to quantify hidden state uncertainty. Lastly, an overview of current research projects on spatial statistics will be provided, together with concluding remarks and general perspectives.

▸ *Habilitation soutenue par* : **Céline DUVAL**

Comment le schéma d'échantillonnage affecte l'estimation des processus à sauts et des champs aléatoires

Soutenue le 5 novembre 2020
MAP5, Université de Paris

Résumé :
De nombreux phénomènes évoluent brutalement à des instants aléatoires et peuvent être modélisés par des processus stochastiques à sauts, de complexité variable. Mesurer continûment de tels processus suppose un système de surveillance suffisamment intrinsèque au phénomène pour être capable de réagir à ses sauts. On se contente donc le plus souvent d'une mesure partielle. Imposer la manière dont les trajectoires sont observées (le schéma d'échantillonnage) détruit une partie de l'information contenue dans la trajectoire et affecte les procédures statistiques classiques. L'importance de cette altération dépendra de la complexité du processus, du schéma d'échantillonnage, ainsi que de la robustesse de la procédure choisie. Je me suis intéressée aux processus de Lévy et de renouvellement, lorsque l'on dispose de l'observation discrète d'une trajectoire. Mais aussi à des champs aléatoires en dimension 2 observés via leurs ensembles d'excursions.
Concernant l'étude de processus réels observés de façon discrète au pas d'échantillonnage $\Delta \in (0, \infty)$, on s'intéresse à l'estimation complète du processus : du mécanisme des sauts et de leur amplitude. Les procédures d'estimation conçues pour le problème direct (observation continue $\Delta = 0$) sont peu robustes lorsque Δ augmente. Il est cependant possible de construire des procédures d'estimation adaptées au pas $\Delta > 0$ qui conservent les vitesses d'estimation optimales du modèle direct. Lorsque le pas d'échantillonnage Δ devient trop grand et/ou le processus sous-jacent trop complexe, on peut montrer que s'il demeure possible de l'estimer complètement, il n'est pas possible de construire des procédures qui atteignent les vitesses optimales du problème direct. Enfin, lorsque l'intensité du processes tend vers l'infini, les vitesses d'estimation introduites dans le cadre précédent ne tendent plus vers 0. On s'attend à ce que des approximations par des diffusions deviennent valides. Ce phénomène est étudié du point de vue de la distance en variation totale.
Concernant l'étude des ensembles d'excursion de champs aléatoires en dimension 2, l'utilisation d'outils géométriques (les *Lipschitz-Killing curvatures*) est présentée. La seule information disponible est une image en noir

et blanc qui indique si la réalisation du champs est au dessus ou en dessous d'un certain niveau. Cette information est trop partielle pour retrouver la loi complète du champs sous-jacent, mais suffisante pour estimer certains de ses paramètres ou pour effectuer des tests sur sa loi. Par exemple, ces Lipschitz-Killing curvatures permettent de construire un test pour déterminer si deux images d'excursions peuvent ou non être comparées. Ce test aborde le problème de la calibration d'appareils : deux mesures faites par deux appareils distincts ne sont comparables que si l'étalonnage de ces appareils est identique. Ce test est illustré sur des mammographies.

▸ *Habilitation soutenue par* : **Thibaut MASTROLIA**

Analyses de modèles et de mécanismes incitatifs pour la régulation financière et le suivi des populations

Soutenue le 8 janvier 2021
École Polytechnique

Résumé :
Mes travaux ces dernières années ont eu pour fil conducteur la théorie Principal-Agent en temps continu, modèle mathématique de la théorie des incitations en économie, ainsi que son application en régulation de la consommation d'énergie, mécanismes des plateformes d'échanges financiers, gestion des ressources naturelles et contrôle des diffusions d'épidémies. La première partie du rapport de synthèse traite de résultats généraux en théorie des contrats et jeux différentiels stochastiques. Partant d'un modèle avec N-Agents employés par un Principal pour gérer un projet risqué, l'étude est étendue à un champ moyen d'Agents employés par un Principal, appliquée à la tarification de l'électricité. Puis, le cas de N-Principaux employant un Agent commun est analysé. La seconde partie du mémoire porte sur la microstructure des marchés et la régulation financière. Utilisant des outils développés dans la première partie, une politique optimale de commissions d'exécutions sur les transactions financières est proposée par une place boursière, étendue ensuite à un oligopole de places boursières en compétition. Puis, l'étude porte sur un marché de type enchères séquentielles dans lequel nous cherchons la durée optimale de ce genre de mécanisme assurant un grand nombre de transactions sur ce marché. Ce travail

est ensuite étendu à des enchères ad hoc, dans lesquels les investisseurs déclenchent une enchère lorsque le prix proposé par un fournisseur de liquidités n'est plus satisfaisant. La pertinence de tous ces mécanismes est quantitativement et qualitativement analysée. Enfin, le troisième partie du rapport se focalise sur le suivi des population et la gestion des ressources. Nous considérons tout d'abord une ressource naturelle renouvelable gérée par un exploitant lui-même supervisé par une institution publique pour assurer la durabilité de la ressource. Puis nous regardons une politique optimale d'isolement, de détection et de taxation d'une population en période de pandémie afin de réduire la propagation de celle-ci.

▸ *Habilitation soutenue par* : **Anna ROZANOVA-PIERRAT**

Propagation d'onde et problèmes aux bords fractals : analyse mathématique et applications

Soutenue le 2 novembre 2020
CentraleSupélec, Université Paris-Saclay

Résumé :
En étudiant les phénomènes de la propagation d'ondes acoustiques linéaires et non linéaires venant de différents problèmes applicatifs physiques, on s'intéresse en particulier aux bords irréguliers et fractales. On développe les bases mathématiques d'analyse fonctionnelle qui permettent de résoudre des problèmes aux dérivées partielles sur des domaines aux bords irréguliers. Les notions principales requises sont la compacité de l'opérateur de trace sur le bord et la continuité des opérateurs d'extension. On étudie dans ce cadre la régularité maximale des solutions faibles et on définit la notion des domaines Sobolev-admissible, pour représenter la plus large classe des bords et des domaines sur lesquels on pourrait avoir la compacité de l'opérateur de trace et la continuité des opérateurs d'extension, permettant d'avoir les résultats d'existence des solutions faibles ; par exemple, un problème de Poisson avec des conditions mixtes sur le bord. Dans ce cadre générale des bords, en particulier sur d-ensembles, on définit l'opérateur Dirichlet-à-Neumann et on précise l'hypothèse de P.-G. de Gennes sur le comportement asymptotique aux temps cours de la vitesse de la propagation de la chaleur entre deux milieux aux coefficients de la diffusion et à

la température initiale différente. Ayant considéré différents problèmes de Cauchy pour des modèles d'acoustique non-linéaire (les équations de Kuznetsov, de Westervelt, de KZK et de NPE, qui font parties des modèles de la propagation des ultrasons, dont on a étudié la dérivation et le temps de leur approximation non seulement entre eux, mais également du système de Navier-Stokes/Euler compressible isentropique), on s'intéresse au problème aux limites mixtes pour l'équation de Westervelt, c'est-à-dire, l'équation des ondes non linéaires avec un terme de viscosité, sur les domaines Sobolev-admissibles. On montre comment on peut contrôler la non-linéarité dans le cas d'absence de la régularité H^2. On traite également les questions de Mosco-convergence, pour l'équation de Westervelt en particulier, permettant d'approximer les solutions sur les domaines à bord fractals, plus généralement d-ensembles, avec des solutions sur les domaines Lipschitziens. La philosophie d'approximation et de la convergence, un peu différente, mais assez proche, est utilisée dans les problèmes d'optimisation des formes pour des problèmes aux limites mixtes. Le problème typique d'optimisation des formes est de montrer l'existence dans une classe des domaines, déclarés admissibles, d'un domaine optimale au sens que la solution sur ce domaine du problème aux limites considérés réalise le minimum d'énergie pour des sources et d'autres paramètres du problème fixés. On montre que sur des ensembles aux bords Lipschitziens avec certaines propriétés d'uniformité géométrique il est possible de trouver un infimum de l'énergie acoustique par rapport à la solution d'un problème dissipatif d'Helmholtz, mais pour pouvoir assurer l'existence d'un domaine sur lequel l'énergie réalise son minimum, il faut autoriser au bord d'être un bord fractal (au sens de la dimension bornée du bord).

▸ *Habilitation soutenue par* : **Romain YVINEC**

Some contributions to the study of population dynamics models and coagulation-fragmentation

Soutenue le 2 décembre 2020
Institut Denis Poisson, Université de Tours

Résumé :
Ce manuscrit est le mémoire de mon dossier de candidature à l'habilitation à diriger des recherches.

Depuis mon recrutement au laboratoire Physiologie de la Reproduction et des Comportements (INRAE, CNRS, Université de Tours), au sein de l'équipe Biologie & Bioinformatique des Systèmes de Signalisation (BIOS), j'ai consacré une partie importante de mes activités de recherche à la modélisation de la folliculogenèse ovarienne, en particulier en décrivant précisément les différentes dynamiques de populations cellulaires et tissulaires en jeu dans ce système. Je me suis attaché à construire, analyser et simuler des modèles probabilistes adaptés à chaque problématique biologique, jusqu'à la calibration des paramètres des modèles et l'identification de prédictions pouvant être testées expérimentalement. Ces travaux font l'objet de la première partie de ce manuscrit, qui se divise en trois sous-parties, liée chacune à une échelle d'observation particulière : (i) la signalisation cellulaire des hormones gonadotrophines ; (ii) la croissance d'un follicule ovarien et en particulier les cinétiques de différentiation et prolifération cellulaire au sein d'un follicule ; (iii) la dynamique de l'ensemble de la population folliculaire au cours de la vie reproductive d'une individue.
Une partie de mes travaux de thèse a nourri des questions théoriques sur l'étude d'un modèle particulier de coagulation-fragmentation, le modèle de Becker-Döring, que j'ai continué à explorer. Ces travaux sont présentés dans la deuxième partie de ce manuscrit. J'aborde en particulier : (i) Les limites d'échelles hydrodynamiques reliant le modèle de Becker-Döring à un modèle de type transport non-linéaire, et l'étude du caractère bien posé de ce dernier. (ii) Les propriétés en temps long du modèle aléatoire de Becker-Döring, en particulier un principe de grande déviation sur la mesure stationnaire et une caractérisation du phénomène de métastabilité dans une version linéaire du modèle de Becker-Döring.

Thèses de doctorat d'université

▸ *Thèse soutenue par* : **Léa BATTEUX**

▸ *Sous la direction de* : Pascal Poullet (université des Antilles).

Modélisation numérique d'écoulements incompressibles diphasiques : applications à l'interaction fluide–structure

Soutenue le 15 janvier 2021
Université des Antilles

Résumé : Ce travail de thèse porte sur la modélisation numérique d'écoulements multiphasiques, avec une application directe aux systèmes fluide-particules. Sous des conditions d'incompressibilité pour le fluide et d'indéformabilité pour les particules, on introduit le problème physique suivi de deux méthodes de pénalisation de volume retenues pour sa modélisation. L'une d'entre elles consiste à utiliser les équations de Navier-Stokes à densité et viscosité variables, puis à pénaliser le tenseur des taux de déformations dans le sous-domaine occupé par les particules de façon à obtenir un mouvement rigide dans cette région. Les résultats démontrés dans la suite sont consacrés à la discrétisation MAC pour les volumes finis de ces équations. On travaille dans un premier temps sur le schéma implicite issu de l'approximation du problème. Après avoir obtenu l'existence de solutions à ce schéma par un argument de degré topologique, on en montre la convergence lorsque les pas de discrétisation en temps et en espace tendent vers 0. Une alternative au schéma précédent utilisant une méthode de projection incrémentale est ensuite étudiée et prouvée stable. Afin de simuler les problèmes d'écoulements fluide/particules, on propose un schéma pour advecter efficacement la fonction caractéristique du domaine solide. Elle vient remplacer le transport par le schéma upwind, particulièrement diffusif au niveau de l'interface fluide-solide. Un code de calcul a été développé pour la simulation de problèmes fluide-structure en 3D. Il est composé d'un code fortran90 pour la résolution du problème fluide-solide et d'un code C++ pour la gestion des collisions a posteriori. On détaille alors les algorithmes implémentés pour les méthodes de pénalisation. On conclut avec une perspective de parallélisme du code par MPI à l'aide d'une méthode de

splitting d'opérateur qui a déjà été expérimentée dans le cas de problèmes paraboliques.

▸ *Thèse soutenue par* : **Florian BOURGEY**

▸ *Sous la direction de* : Stefano De Marco (CMAP), Emmanuel Gobet (CMAP).

Approximations stochastiques pour les calculs de risques financiers

Soutenue le 23 octobre 2020
CMAP, École Polytechnique

Résumé :
Dans cette thèse, nous examinons plusieurs méthodes d'approximations stochastiques à la fois pour le calcul de mesures de risques financiers et pour le pricing de produits dérivés. Comme les formules explicites sont rarement disponibles pour de telles quantités, le besoin d'approximations analytiques rapides, efficaces et fiables est d'une importance capitale pour les institutions financières. Nous visons ainsi à donner un large aperçu de ces méthodes d'approximation et nous nous concentrons sur trois approches distinctes. Dans la première partie, nous étudions plusieurs méthodes d'approximation Monte Carlo multi-niveaux et les appliquons à deux problèmes pratiques : l'estimation de quantités impliquant des espérances imbriquées (comme la marge initiale) ainsi que la discrétisation des intégrales apparaissant dans les modèles rough pour la variance forward pour le pricing d'options sur le VIX. Dans les deux cas, nous analysons les propriétés d'optimalité asymptotique des estimateurs multi-niveaux correspondants et démontrons numériquement leur supériorité par rapport à une méthode de Monte Carlo classique. Dans la deuxième partie, motivés par les nombreux exemples issus de la modélisation en risque de crédit, nous proposons un cadre général de méta-modélisation pour de grandes sommes de variables aléatoires de Bernoulli pondérées, qui sont conditionnellement indépendantes par rapport à un facteur commun X. Notre approche générique est basée sur la décomposition en polynômes du chaos du facteur commun et sur une approximation gaussienne. Les estimations d'erreur L_2 sont données lorsque le facteur X est associé à des polynômes orthogonaux classiques. Enfin, dans la dernière partie de cette thèse, nous nous intéressons

aux asymptotiques en temps court de la volatilité implicite américaine et les prix d'options américaines dans les modèles à volatilité locale. Nous proposons également une approximation en loi de l'indice VIX dans des modèles rough pour la variance forward, exprimée en termes de proxys log-normaux et dérivons des résultats d'expansion pour les options sur le VIX dont les coefficients sont explicites.

▸ *Thèse soutenue par* : **Faustine BOUSQUET**

▸ *Sous la direction de* : Christian Lavergne (IMAG, Montpellier), Sophie Lèbre (IMAG, Montpellier).

Prédiction des réponses utilisateurs à une campagne de publicité mobile

Soutenue le 15 décembre 2020
Université de Montpellier

Résumé :
La prédiction du taux de clics (CTR) est l'un des défis majeurs de la publicité en ligne au cours de ces dernières années. L'objectif de notre travail est de répondre à un encart publicitaire disponible via un système d'enchère en proposant la publicité la plus pertinente possible. En d'autres termes, il s'agit d'être en mesure de proposer la bonne publicité à la bonne personne au bon moment. Cet objectif prend en considération deux enjeux principaux. Le premier concerne la caractérisation des données à disposition qui sont de natures volumineuses, hétérogènes et clairsemées. Le second objectif concerne la mise en production du modèle : le modèle doit pouvoir être utilisé en temps réel et son déploiement doit être simple à mettre en œuvre. Nous introduisons ici une nouvelle méthode de prédiction du CTR qui repose sur un mélange de modèles linéaires généralisés (GLM). Nous développons tout d'abord une méthode de clustering basée sur un modèle prenant en considération l'aspect longitudinal (afin d'exploiter l'historique de chaque campagne) et non gaussien (la métrique d'intérêt est un taux) des observations du CTR dans les campagnes publicitaires. Cette étape préliminaire permet de grouper les campagnes ayant des profils similaires et offre ainsi une meilleure description des données. Le package R binomialMix disponible sur le CRAN implémente cette approche pour le mélange de

données binomiales et longitudinales. Par la suite, en s'appuyant directement sur les clusters inférés, nous proposons un modèle prédictif qui permet de répondre au sujet central de notre problématique métier : estimer une probabilité de clic pour toute campagne en temps réel. Plusieurs modèles sont mis en compétition : des modèles naïfs et un modèle simple de GLM sont ainsi comparés à plusieurs modèles qui se basent sur les résultats du clustering. Deux modèles (parmi ceux qui utilisent les résultats du modèle de mélange) se distinguent par leurs performances prédictives. Des expérimentations menées sur données simulées et réelles ont montré l'importance de l'étape préliminaire de classification non supervisée sur la qualité de la prédiction. L'ensemble de ces étapes a ainsi pu être industrialisé et intégré dans le processus d'enchère déjà existant. Cette intégration est la succession d'un ensemble d'étapes : la récupération des données, leur prétraitement, l'estimation des paramètres du mélange à partir de variables explicatives soigneusement choisies et enfin, la mise en place du modèle prédictif. Un dernier travail a permis l'exploitation des prédictions à partir des probabilités de clic obtenues en sortie des modèles prédictifs. Ainsi, nous avons pu prédire le CTR en temps réel sur la plateforme d'enchère et pour chaque espace publicitaire disponible qui y transite. L'analyse des premiers résultats en production montre que, pour certains contextes d'enchère, l'utilisation du modèle prédictif, couplé à l'étape de clustering au préalable, a permis une amélioration significative du taux de clics.

▸ *Thèse soutenue par* : **Nestor DEMEURE**

▸ *Sous la direction de* : Christophe Denis (ENSIIE).

Compromis entre précision et performance dans le calcul haute performance

Soutenue le 11 janvier 2021
ENS Paris-Saclay, Centre Borelli

Résumé :
Les nombres à virgule flottante ne représentent qu'un sous-ensemble des nombres réels. De ce fait, l'arithmétique à virgule flottante introduit des approximations qui sont susceptibles de se cumuler et d'avoir un impact significatif sur les simulations numériques. Nous introduisons une nouvelle

façon d'estimer et de localiser les sources d'erreur numérique dans une application et fournissons une implémentation de référence, la bibliothèque Shaman. Notre méthode utilise une arithmétique dédiée sur un type qui encapsule à la fois le résultat des calculs (identique à la version non instrumentée du code) et une approximation de son erreur numérique. Nous pouvons ainsi mesurer le nombre de chiffres significatifs de tout résultat ou résultat intermédiaire dans une simulation. Nous montrons que notre approche, bien que simple, donne des résultats compétitifs avec l'état de l'art. Qui plus est, elle a un surcoût en temps de calcul moins important et est compatible avec le parallélisme, ce qui la rend appropriée pour l'étude de larges applications.

▸ *Thèse soutenue par* : **Kévin ELIE-DIT-COSAQUE**

▸ *Sous la direction de* : Véronique Maume-Deschamps (Université Claude Bernard Lyon 1).

Développement de mesures d'incertitudes pour le risque de modèle dans des contextes incluant de la dépendance stochastique

Soutenue le 13 novembre 2020
ICJ, Université Claude Bernard Lyon 1

Résumé :
Cette thèse s'intéresse aux outils développés dans le domaine de l'Analyse de Sensibilité afin de réaliser une quantification efficiente du risque de modèle structurel, et plus particulièrement le risque lié aux paramètres du modèle. Dans un premier temps, nous adaptons l'algorithme d'estimation des indices de Shapley basés sur la variance pour obtenir des intervalles de confiance en plus de l'estimation mais aussi pour accélérer le calcul des indices. Cela est réalisé en substituant le modèle initial (probablement coûteux en temps de calcul) par un métamodèle de krigeage et nous proposons un algorithme pour prendre en compte l'erreur de métamodélisation dans le calcul des intervalles de confiance. Dans un second temps, deux méthodes d'estimation des fonctions de répartition conditionnelles et des quantiles conditionnels, basées sur les forêts aléatoires, pour lesquelles nous montrons la consistance, sont présentées. Reposant sur ces nouvelles stratégies, plusieurs méthodes d'estimation efficaces des indices de sensibilité basés

sur les quantiles (QOSA) sont également proposées. Enfin, une étude théorique de ces indices a été réalisée. Il s'avère que leur interprétation peut être délicate en dehors des modèles additifs dans le cas d'entrées indépendantes et pour tout type de modèle en présence de dépendance stochastique entre les entrées. Afin de surmonter ces limitations, nous proposons des indices de Shapley subordonnés à une caractéristique de la sortie et, en particulier, des indices de Shapley orientés quantile. Ces derniers semblent prometteurs car ils donnent une interprétation claire de l'impact de chaque entrée sur le quantile de la sortie, pour tout type de modèle, à la fois dans le cas d'entrées indépendantes et dépendantes.

▸ *Thèse soutenue par* : **Matthieu JEDOR**

▸ *Sous la direction de* : Vianney Perchet (CREST, ENSAE).

Bandit algorithms for recommender system optimization

Soutenue le 18 décembre 2020
ENS Paris-Saclay, Centre Borelli

Résumé :
Dans cette thèse de doctorat, nous étudions l'optimisation des systèmes de recommandation dans le but de fournir des suggestions de produits plus raffinées pour un utilisateur. La tâche est modélisée à l'aide du cadre des bandits multi-bras. Dans une première partie, nous abordons deux problèmes qui se posent fréquemment dans les systèmes de recommandation : le grand nombre d'éléments à traiter et la gestion des contenus sponsorisés. Dans une deuxième partie, nous étudions les performances empiriques des algorithmes de bandit et en particulier comment paramétrer un algorithme traditionnel pour améliorer les résultats dans les environnements stationnaires et non stationnaires que l'on rencontre en pratique. Cela nous amène à analyser à la fois théoriquement et empiriquement l'algorithme glouton qui, dans certains cas, est plus performant que l'état de l'art.

▸ *Thèse soutenue par* : **Allan JEROLON**

▸ *Sous la direction de* : Etienne Birmelé, Vittorio Perduca et Flora Alarcon. (MAP5)

Analyse causale de médiation multiple et applications

Soutenue le 4 décembre 2020
MAP5, Université de Paris

Résumé :
L'analyse de médiation causale est une méthode statistique permettant d'étudier les mécanismes définissant les relations entre trois entités, la première étant une cause, la deuxième une variable de réponse et la troisième un ensemble de variables intermédiaires, aussi appelés médiateurs. Cette approche est devenue populaire dans différents domaines tels que les biostatistiques, l'épidémiologie et les sciences sociales. Son objectif est de décomposer et quantifier l'effet total d'une cause T sur une variable de réponse Y en un effet direct et un effet indirect à travers le(s) médiateur(s) M_i. Dans un diagramme causal ainsi défini peuvent intervenir des covariables mesurées ou non ayant des effets sur les trois variables T, Y et M_i. Quand plusieurs médiateurs sont impliqués dans le modèle de médiation, il y a trois cas possibles de relation entre ces médiateurs : 1) Les médiateurs sont indépendants conditionnellement au traitement et aux covariables mesurées. 2) Les médiateurs sont dépendants conditionnellement au traitement et aux covariables mesurées sans pour autant que l'un affecte l'autre. 3) Les médiateurs sont liés de façon causale, c'est-à-dire que l'un affecte l'autre. Les contributions de cette thèse portent sur les deux premières configurations. Plus particulièrement, l'état de l'art pour l'estimation des effets indirects individuels des médiateurs est de faire plusieurs analyses de médiation simple en parallèle, un médiateur à la fois. Cette approche conduit à une estimation biaisée de l'effet direct et n'est pas justifiée dans la situation 2) car l'hypothèse nécessaire d'Ignorabilité Séquentielle n'est alors pas vérifiée. Le premier chapitre de la thèse propose de résoudre ce problème par l'estimation de la loi multivariée des médiateurs conditionnellement au traitement et décrit les nouvelles hypothèses sous lesquelles une telle approche est valide. Une méthode d'estimation de l'effet direct et de tous les effets indirects individuels est développée, prenant en compte la corrélation entre les médiateurs. Le second chapitre est dédié à l'analyse de médiation multiple dans le cas où le nombre de médiateurs grandit. Deux stratégies sont explorées [...]

▸ *Thèse soutenue par* : **Vincent LEROUVILLOIS**

▸ *Sous la direction de* : Fabio Toninelli (CNRS, Université Claude Bernard Lyon 1, TU Vienna).

Modèles de croissance de surfaces aléatoires : limites hydrodynamiques et fluctuations

Soutenue le 24 novembre 2020
ICJ, Université Claude Bernard Lyon 1

Résumé :
Ce travail porte sur certains modèles de croissance d'interfaces aléatoires dont l'évolution microscopique est typiquement représentée par une chaîne de Markov. Un des but principaux est de démontrer la limite hydrodynamique i.e. la convergence de l'interface rééchelonnée vers une interface macroscopique déterministe dont le mouvement est régi par une équation de Hamilton-Jacobi. Ensuite, on s'intéresse aux fluctuations i.e. l'écart entre l'interface aléatoire et sa limite hydrodynamique. Il est conjecturé que ces fluctuations se comportent, à grande échelle, comme la solution de l'équation de Kardar-Parisi-Zhang et ce, indépendamment des spécificités microscopiques du modèle choisi : on parle de classe d'universalité KPZ. Dans le cas d'interfaces bi-dimensionnelles, la conjecture de Wolf prévoit, en fonction des symétries du modèle, deux classes d'universalités différentes : Isotrope ou Anisotrope.
Dans cette thèse, nous nous concentrons sur deux modèles de surfaces stochastiques dans la classe d'universalité KPZ Anisotrope introduits par Gates-Wetcott et Borodin-Ferrari. Notre résultat principal est la démonstration de la limite hydrodynamique pour chacun de ces deux modèles. Nous montrons également une borne supérieure sur les fluctuations du modèle de Gates-Westcott, en accord avec la conjecture de Wolf. Enfin, nous explorons les liens entre ces deux modèles et en proposons une généralisation.

▸ *Thèse soutenue par* : **Arthur LEROY**

▸ *Sous la direction de* : Servane Gey (MAP5), Benjamin Guedj (University College London), Pierre Latouche (MAP5).

Apprentissage de données fonctionnelles par modèles multi-tâches : application à la prédiction de performances sportives

Soutenue le 9 décembre 2020
MAP5, Université de Paris

Résumé :
Ce manuscrit de thèse est consacré à l'analyse de données fonctionnelles et la définition de modèles multi-tâches pour la régression et la classification non supervisée. Ce travail trouve sa motivation dans la problématique d'identification de jeunes sportifs prometteurs pour le sport de haut niveau. Ce contexte, qui offre un fil rouge illustratif des méthodes et algorithmes développés par la suite, soulève la question de l'étude de multiples séries temporelles supposées partager de l'information commune, et généralement observées à pas de temps irréguliers. La méthode centrale développée, ainsi que l'algorithme d'apprentissage qui lui est associé, se concentrent sur les aspects de régression fonctionnelle à l'aide d'un modèle de processus gaussiens (GP) multi-tâche. Ce cadre probabiliste non-paramétrique permet de définir une loi a priori sur des fonctions. Le partage d'informations communes entre les différents individus, au travers d'un processus moyen, offre une modélisation plus complète que celle d'un simple GP, ainsi qu'une pleine prise en compte de l'incertitude. Un prolongement de ce modèle est par la suite proposé via la définition d'un mélange de GPs multi-tâche. Cette approche permet d'étendre l'hypothèse d'un unique processus moyen sous-jacent à plusieurs, chacun associé à un groupe d'individus. Ces deux méthodes, nommées respectivement Magma et MagmaClust, offrent de nouvelles perspectives de modélisation ainsi que des performances remarquables vis-à-vis de l'état de l'art, tant sur les aspects de prédiction que de clustering. D'un point de vue applicatif, l'analyse se concentre sur l'étude des courbes de performances de jeunes nageurs, et une première exploration des données réelles met en évidence l'existence de différents patterns de progression au cours de la carrière. Par la suite, l'utilisation de l'algorithme Magma, entrainé sur la base de données, attribue à chaque sportif une prédiction probabiliste de ses performances futures, offrant ainsi un précieux outil d'aide à la détection. Enfin, l'extension via l'algorithme MagmaClust

permet de constituer automatiquement des groupes de nageurs de par les ressemblances de leurs patterns de progression, affinant de ce fait encore les prédictions. Les méthodes détaillées dans ce manuscrit ont également été entièrement implémentées et sont partagées librement.

- *Thèse soutenue par* : **Long MENG**
- *Sous la direction de* : Éric Séré (université Paris-Dauphine).

Le problème à N corps en chimie quantique : solution exacte et approximations

Soutenue le 18 décembre 2020
CEREMADE, Université Paris-Dauphine

Résumé :
Cette thèse est une étude rigoureuse du problème à N corps en interaction Coulombienne et de certaines de ses approximations en chimie quantique non relativiste et relativiste. Pour le problème de Schrödinger à N corps stationnaire ou dépendant du temps, nous généralisons des résultats théoriques de régularité mixte introduits par H. Yserentant, qui ont des conséquences directes sur la complexité des calculs numériques. Dans le cadre relativiste, l'équation de Dirac remplace l'équation de Schrödinger et l'étude rigoureuse du problème exact à N corps semble hors de portée. En conséquence, nous étudions seulement une approximation, le modèle de Dirac-Fock. Nous donnons le premier résultat d'existence de solutions stationnaires des équations de Dirac-Fock dans les cristaux.

- *Thèse soutenue par* : **Jeremy NUSA**
- *Sous la direction de* : Damien Calaque (IMAG, Montpellier).

Quantification par déformation des algébroïdes de Lie, application de la formalité à deux branes

Soutenue le 3 novembre 2020
Université de Montpellier

Résumé :
Dans cette thèse, nous montrons un théorème de quantification de l'algèbre des fonctions polynomiales sur le dual d'un algébroïde de Lie local, en appliquant les résultats de la quantification par déformation d'une paire de branes coisotropes obtenus par D. Calaque, G. Felder, A. Ferrario, et C. Rossi. Dans ce contexte les algèbres déformées obtenues sont l'algèbre différentielle graduée de Chevalley-Eilenberg et l'algèbre associative enveloppante universelle de la déformation formelle triviale de cet algébroïde de Lie local. Ceci généralise un important théorème de quantification du dual d'une algèbre de Lie, obtenu par M. Kontsevich, au cas des algébroïdes de Lie locaux.

▸ *Thèse soutenue par* : **Pierre PERRAULT**

▸ *Sous la direction de* : Vianney Perchet (CREST, ENSAE) et Michal Valko (INRIA).

Efficient Learning in Stochastic Combinatorial Semi-Bandits

Soutenue le 30 novembre 2020
ENS Paris-Saclay, Centre Borelli

Résumé :
Les problèmes de semi-bandits stochastiques combinatoires se présentent naturellement dans de nombreux contextes où le dilemme exploration/exploitation se pose, tels que l'optimisation de contenu web (recommandation/publicité en ligne) ou encore les méthodes de routage à trajet minimal. Ce problème est formulé de la manière suivante : un agent optimise séquentiellement une fonction objectif inconnue et bruitée, définie sur un ensemble puissance $\mathscr{P}([n])$. Pour chaque ensemble A testé, l'agent subit une perte égale à l'écart espéré par rapport à la solution optimale tout en obtenant des observations lui permettant de réduire son incertitude sur les coordonnées de A. Notre objectif est d'étudier l'efficience des politiques pour ce problème, en nous intéressant notamment aux deux aspects suivants : l'efficience statistique, où le critère considéré est le regret subi par la politique (la perte cumulée) qui mesure la performance d'apprentissage ; et l'efficience computationnelle (*i.e.*, de calcul). Il est parfois difficile de réunir ces deux aspects dans une seule politique. Dans cette thèse, nous proposons différentes directions pour améliorer l'efficience statistique, tout en

essayant de maintenir l'efficience computationnelle des politiques. Nous avons notamment amélioré les méthodes optimistes en développant des algorithmes d'approximation et en affinant les régions de confiance utilisées. Nous avons également exploré une alternative aux méthodes optimistes, à savoir les méthodes randomisées, et avons constaté qu'elles constituent un candidat sérieux pour pouvoir réunir les deux types d'efficience.

▸ *Thèse soutenue par* : **Robert RAPADAMNABA**

▸ *Sous la direction de* : Bijan Mohammadi (IMAG, Montpellier) et Franck Nicoud (IMAG, Montpellier).

Analyse d'incertitude, analyse de sensibilité et apprentissage machine en biomécanique cardiovasculaire

Soutenue le 25 septembre 2020
Université de Montpellier

Résumé :
Cette thèse fait suite à une étude récente, menée par quelques chercheurs de l'université de Montpellier, dans le but de proposer à la communauté scientifique une procédure d'inversion capable d'estimer de manière non invasive la pression dans les artères cérébrales d'un patient. Son premier objectif est, d'une part, d'examiner la précision et la robustesse de la procédure d'inversion proposée par ces chercheurs, en lien avec diverses sources d'incertitude liées aux modèles utilisés, aux hypothèses formulées et aux données cliniques du patient, et d'autre part, de fixer un critère d'arrêt pour l'algorithme basé sur le filtre de Kalman d'ensemble utilisé dans leur procédure d'inversion. À cet effet, une analyse d'incertitude et plusieurs analyses de sensibilité sont effectuées. Le second objectif est d'illustrer comment l'apprentissage machine, orienté réseaux de neurones convolutifs, peut être une très bonne alternative à la longue et coûteuse procédure mise en place par ces chercheurs pour l'estimation de la pression. Une approche prenant en compte les incertitudes liées au traitement des images médicales du patient et aux hypothèses formulées sur les modèles utilisés, telles que les hypothèses liées aux conditions limites, aux paramètres physiques et physiologiques, est d'abord présentée pour quantifier les incertitudes sur les résultats de la procédure. Les incertitudes liées à la segmentation des images

sont modélisées à l'aide d'une distribution gaussienne et celles liées au choix des hypothèses de modélisation sont analysées en testant plusieurs scénarios de choix d'hypothèses possibles. De cette démarche, il ressort que les incertitudes sur les résultats de la procédure sont du même ordre de grandeur que celles liées aux erreurs de segmentation. Par ailleurs, cette analyse montre que les résultats de la procédure sont très sensibles aux hypothèses faites sur les conditions aux limites du modèle du flux sanguin. En particulier, le choix des conditions limites symétriques de Windkessel pour le modèle s'avère être le plus approprié pour le cas du patient étudié. Ensuite, une démarche permettant de classer les paramètres estimés à l'aide de la procédure par ordre d'importance et de fixer un critère d'arrêt pour l'algorithme utilisé dans cette procédure est proposée. Les résultats de cette stratégie montrent, d'une part, que la plupart des résistances proximales sont les paramètres les plus importants du modèle pour l'estimation du débit sanguin dans les carotides internes et, d'autre part, que l'algorithme d'inversion peut être arrêté dès qu'un certain seuil de convergence raisonnable de ces paramètres les plus influents est atteint. Enfin, une nouvelle plateforme numérique basée sur l'apprentissage machine permettant d'estimer la pression artérielle spécifique au patient dans les artères cérébrales beaucoup plus rapidement qu'avec la procédure d'inversion mais avec la même précision, est présentée. L'application de cette plateforme aux données du patient utilisées dans la procédure d'inversion permet une estimation non invasive et en temps réel de la pression dans les artères cérébrales du patient cohérente avec l'estimation de la procédure d'inversion.

▸ *Thèse soutenue par* : **Alexandre SAINT-DIZIER**

▸ *Sous la direction de* : Julie Delon (MAP5) et Charles Bouveyron (INRIA, université Côté d'Azur).

Etude du problème d'agrégation :
fusion de patchs et barycentres de Wasserstein généralisés

Soutenue le 17 décembre 2020
MAP5, Université de Paris

Résumé :
Cette thèse porte sur une classe particulière d'algorithmes de traitement d'images : les méthodes par patchs. Ces méthodes nécessitent une étape ap-

pelée agrégation, qui consiste à reformer une image à partir d'un ensemble de patchs, et de modèles statistiques sur ces mêmes patchs. L'étape d'agrégation est formalisée ici comme une opération de fusion de distributions vivant sur des espaces différents mais non-disjoints. On propose d'abord une méthode de fusion basée sur des considérations probabilistes, directement applicable au problème d'agrégation. Il se trouve que cette opération peut aussi se formuler dans un contexte plus général comme une généralisation d'un problème de barycentre entre distributions, ce qui amène à l'étudier dans un deuxième temps du point de vue du transport optimal.

▸ *Thèse soutenue par* : **Mathilde SAUTREUIL**

▸ *Sous la direction de* : Paul-Henry Cournède (MICS, CentraleSupélec), Sarah Lemler (MICS, CentraleSupélec).

Contributions à la détection de marqueurs et à l'analyse de survie en oncologie

Soutenue le 12 février 2021
CentraleSupélec, Université Paris-Saclay

Résumé :
La médecine de précision en oncologie permet d'adapter les traitements aux caractéristiques des patients. L'utilisation des données d'expression de gènes comme caractéristiques amène de nouvelles problématiques : la grande dimension. L'objectif de cette thèse est d'étudier et développer des méthodes adaptées à la grande dimension pour la détection de marqueurs et l'analyse de survie en oncologie. Dans une première partie de ce travail, nous nous intéressons à la détection de marqueurs en oncologie avec deux objectifs différents. Le premier objectif consiste à identifier les gènes signatures du cancer du rein à cellules claires (ccRCC). Nous réalisons, dans un premier temps, une analyse différentielle et nous couplons, par la suite, une sélection de variables issue de l'analyse différentielle avec une méthode d'apprentissage. Le second objectif de cette partie est d'étudier les méthodes de régularisation et de screening pour mettre en évidence les gènes influençant la survie des patients. La stabilité de ces méthodes a également été étudiée à partir d'un indice de similarité. Dans la seconde partie de cette thèse, nous nous intéressons à la prédiction de la survie en grande dimension. Nous avons étudié l'apport des réseaux de neurones dans ce contexte.

Ces méthodes ont été peu étudiées en analyse de survie en grande dimension. Nous comparons deux approches de réseaux de neurones : une basée sur le modèle de Cox et une autre basée sur un modèle à temps discret. Nous nous sommes concentrés sur celle-ci en l'adaptant à la grande dimension. Ensuite, une étude de comparaison est réalisée afin d'évaluer les performances de ces deux approches et la prédiction à partir du modèle de Cox avec une procédure d'estimation de type Lasso est prise comme référence. Un plan de simulation a été créé en prenant en compte différents modèles de survie pour générer des données avec différents niveaux de complexité. La sparsité et la censure sont également prises en compte. Les performances sont donc évaluées à partir de deux métriques différentes (C-index et IBS) sur ces données simulées et illustrées sur des jeux de données réelles.

▸ *Thèse soutenue par* : **Sophie THERY**

▸ *Sous la direction de* : Éric Blayo (univ. Grenoble Alpes) et Florian Lemarié (INRIA).

Étude numérique des algorithmes de couplage océan-atmosphère avec prise en compte des paramétrisations physiques de couches limites

Soutenue le 10 février 2021
Laboratoire Jean Kuntzmann et Université de Grenoble

Résumé :
Les interactions océan-atmosphère jouent un rôle majeur dans de nombreux phénomènes géophysiques comme les cyclones tropicaux ou le changement climatique. De récentes études montrent que les méthodes actuelles pour réaliser ce couplage dans les modèles numériques sont mathématiquement peu satisfaisantes. Comme alternative pour mieux représenter l'interaction entre ces deux milieux, nous proposons dans cette thèse d'appliquer un processus itératif, plus précisément les algorithmes de Schwarz issus des méthodes de décomposition de domaine. Dans notre contexte, les systèmes mis en jeu sont très complexes et nécessitent des simplifications pour être étudiés analytiquement. Ces simplifications nous amènent à considérer un couplage 1D vertical de deux équations de type diffusion. La paramétrisation des phénomènes turbulents dans l'océan et l'atmosphère, et particulièrement à leur interface, fait apparaître des particularités propres à cette

application. Une première particularité est de considérer des coefficients de viscosité non constants en espace, et discontinus à l'interface. Une deuxième particularité est de considérer la rotation terrestre, via l'effet de Coriolis. Enfin, une troisième particularité de notre modèle est que les échanges à l'interface sont traités de manière complexe et créent des non-linéarités dans le modèle couplé via les conditions d'interfaces.

▸ *Thèse soutenue par* : **Vincent VIDAL**

▸ *Sous la direction de* : Lionel Moisan (MAP5).

Modèles a contrario pour la détection générique de changements en imagerie satellitaire très haute résolution

Soutenue le 20 novembre 2020
MAP5, Université de Paris

Résumé :
Dans cette thèse, nous proposons plusieurs méthodes de détection de changements génériques, adaptées à l'aide à la photo-interprétation. Nous introduisons différents modèles de changements, dit "primaires", présentant chacun une approche différente de la notion de changement et reposant sur le cadre statistique dit "a contrario", qui permet un contrôle du nombre moyen de fausses alarmes. Pour le premier modèle, qui soustrait directement des descripteurs calculés ponctuellement sur chacune des images, nous proposons une estimation du nombre de fausses alarmes en présence de bruit gaussien, qui s'avère exacte dans le cas de descripteurs linéaires. Le deuxième modèle primaire repose sur une comparaison d'histogrammes locaux, qui par sa robustesse permet de s'affranchir de la nécessité d'effectuer une mise en correspondance préalable précise entre les deux images à comparer. Le troisième modèle proposé est une extension de l'algorithme de détection d'anomalies de Reed-Xiaoli à un couple d'images et des distributions locales modélisées par des mélanges de gaussiennes. Les deux derniers modèles primaires intègrent une invariance à certains changements globaux, et permettent ainsi la comparaison d'images radiométriquement différentes, problème peu étudié dans la littérature. Ainsi, le modèle par "destin commun" examine la présence d'anomalies locales dans la statistique jointe des deux images à comparer, et permet donc de s'affranchir

d'éventuelles transformations systématiques entre les deux images. Le modèle par "reconstruction indirecte", quant à lui, utilise une distance entre patchs pour construire une version de la première image dans le référentiel radiométrique de la seconde, ce qui permet ensuite de les comparer directement. Dans la dernière partie, nous nous intéressons à la construction d'un détecteur de changements spécifiés à partir d'un petit nombre d'exemples. À l'aide d'un algorithme de type *gradient boosting* appliqué à des arbres de régression, nous réalisons l'agrégation de détecteurs obtenus en combinant les modèles primaires précédents avec différents descripteurs. L'intérêt de cette méthode est illustré sur un cas réel de données satellitaires.

▸ *Thèse soutenue par* : **Olguine YACINTHE**

▸ *Sous la direction de* : Alain Pietrus (université des Antilles), Michaël Gaydu (université des Antilles).

Processus convexes et résolution d'inclusions variationnelles

Soutenue le 11 décembre 2020
Université des Antilles

Résumé :
L'objectif de cette thèse est d'utiliser le concept de processus convexe pour la résolution d'inclusions variationnelles où la partie multivoque est la somme de l'opposé d'un cône convexe fermé non vide et d'une multiapplication différentiable au sens de Nachi-Penot, à graphe fermé, à valeurs compactes et convexes. Vu la complexité du problème, nous avons d'abord consacré une bonne partie sur des rappels d'analyse variationnelle et non lisse et les principaux théorèmes associés. Notre contribution s'appuie fortement sur la notion de processus convexes normés ainsi qu'un théorème relatif à ceux qui sont perturbés par des opérateurs linéaires continus. Grâce à ce résultat, lorsque les dérivées sont uniformément bornées, nous étendons certaines méthodes itératives classiques via un résultat estimant la distance de deux ensembles non vides par un processus convexe normé. Dans un premier temps, nous présentons respectivement des extensions de la méthode de Newton et la méthode de Newton non lisse lorsque la partie univoque est lisse et non lisse. Dans ces cas, nous avons montré que celles-ci convergent super-linéairement. D'autre part, nous avons adapté le résultat

de convergence associé à la méthode de Newton non lisse au cas où la fonction univoque est hölderienne. Dans un deuxième temps, lorsque la partie univoque est la somme d'une fonction lisse et d'une fonction lipschitzienne, nous associons une méthode semi-locale de type Newton-sécante ainsi que la vitesse de convergence. Nous avons également établi que ces méthodes généralisent les travaux antérieurs associés aux cas où la multiapplication se réduit à un cône fixe, plus précisément à un cône convexe fermé non vide, ainsi que la préservation du taux de convergence des méthodes classiques.

▸ *Thèse soutenue par* : **Hongwei ZHANG**

▸ *Sous la direction de* : Jean-Philippe Anker (Institut Denis Poisson) et Nicolas Burq (Université Paris-Saclay).

Équation des ondes sur les espaces symétriques et localement symétriques de type non compact

Soutenue le 3 décembre 2020
Institut Denis Poisson, université d'Orléans

Résumé :
Cette thèse est consacrée à l'étude de l'équation des ondes sur les espaces symétriques et localement symétriques de type non compact. Un de nos principaux résultats est l'obtention des estimations ponctuelles du noyau pour l'équation des ondes sur les espaces symétriques non compacts de rang supérieur. Elles nous permettent de démontrer la propriété de dispersion et d'établir l'inégalité de Strichartz pour une grande famille de paires admissibles. Nous en déduisions que l'équation des ondes semi-linéaire correspondante est globalement bien posée pour les données initiales de régularité faible. Autrement dit, nous étendons les résultats obtenus sur les espaces hyperboliques réels aux espaces symétriques non compacts de rang général. L'autre partie de nos travaux concerne l'analyse sur les espaces localement symétriques. D'un côté, nous étudions les équations des ondes et de Klein-Gordon sur certains espaces localement symétriques de rang un. D'autre part, nous établissons une caractérisation pour le bas du spectre L^2 du laplacien sur les espaces localement symétriques de rang général.

Annonces de Colloques

par :
Thomas Haberkorn[1] *— Université d'Orléans*

Avril 2021

▸ Journées sur l'analyse statistique et la quantification de l'incertitude des modèles numériques complexes (GdR Mascot num)
du 27 au 30 Avril 2021, à Aussois
https://www.gdr-mascotnum.fr/mascot20.html

Mai 2021

▸ PDE, Analysis and Applications - Conference in honor of the 60th birthday of Serge Nicaise
du 3 au 6 Mai 2021, à Valenciennes
https://nicaise2021.sciencesconf.org/

▸ International Conference on Parallel Computational Fluid Dynamics
du 17 au 19 Mai 2021, à Nice
https://parcfd2020.sciencesconf.org/

▸ International Conference on Optimization and Applications (ICOA2021)
du 19 au 20 Mai 2021, à Wolfenbüttel (Germany) et en ligne
https://ostfalia.de/cms/de/i/icoa2021/index2.html

1. thomas.haberkorn@univ-orleans.fr

▸ Conférence sur les probabilités numériques en l'honneur des 60 ans de Gilles Pagès
du 26 au 28 Mai 2021, à Paris
https://gp60.sciencesconf.org/

▸ Congrès SMAI 2021
du 31 Mai au 4 Juin 2021, à la Grande-Motte
https://smai2021.math.univ-toulouse.fr/accueil/

Juillet 2021

▸ Workshop on Advances in Continuous Optimization (EUROPT 2021)
du 7 au 9 Juillet 2021, à Toulouse
https://europt2021.recherche.enac.fr/

▸ Ecole d'été sur la Dynamique collective, les systèmes couplés et les applications en biologie/écologie
du 10 au 22 Juillet 2021, à Alger (Algérie)
https://medea2020.sciencesconf.org/

▸ International Congress on Mathematical Education
du 12 au 19 Juillet 2021, à Shanghai (Chine) et en ligne
http://www.icme14.org

▸ International Conference on Integral Methods in Science and Engineering (IMSE2020)
du 12 au 16 Juillet 2021, à St Petersbourg (Russie)
http://www.pdmi.ras.ru/EIMI/2020/IMSE/index.html

▸ Summer school and talk CEMRACS 2021 on Data Assimilation and Reduced Modeling for High Dimensional Problems
du 19 Juillet au 27 Août 2021, au CIRM, Marseille
http://smai.emath.fr/cemracs/cemracs21/

▸ Conference on Geometric Science of Information (GSI'21)
du 21 au 23 Juillet 2021, à Paris
http://www.gsi2021.org

Août 2021

▸ International Conference on Differential and Functional Differential Equations
du 16 au 23 Août 2021, à Moscou (Russie)
http://dfde2020.mi-ras.ru

▸ Summer School on Fluids under Control
du 23 au 27 Août 2021, à Prague (République Tchèque)
https://prague-sum.com

▸ Jacques-Louis Lions Hispano-French School on Numerical Simulation in Physics and Engineering
du 30 Août au 3 Septembre2021, à Madrid (Espagne)
https://eventos.upm.es/go/EHF_Madrid2021

Jacques-Louis Lions Hispanic-French School

par :
Carlos Castro

Upcoming event : *Jacques-Louis Lions Hispanic-French School on Numerical Simulation in Physics and Engineering (August 30th — September 3rd 2021)*

Dear colleagues,

From the Polytechnical University of Madrid we are organizing the next 'Jacques-Louis Lions Hispano-French School on Numerical Simulation in Physics and Engineering'. As you possibly know, this is one of the traditional events that the Spanish Society for Applied Mathematics (SEMA) promotes in collaboration with the SMAI every two years. It is mainly addressed to young researchers in the field of Applied Mathematics, but it is open to whoever is interested in the addressed research topics.

As usual, the School will have four mini-courses and three complementary conferences that will deal with leading research topics. The courses will have an introductory character in which interesting mathematical applications, modern techniques and open problems in different areas will be presented. The choice of the lecturers was the responsibility of the Scientific Committee constituted by Claire Chainais (Université Lille 1), Raphaèle Herbin (Université d'Aix-Marseille), Antonio Sánchez (University of California San Diego) and Jesús María Sanz Serna (Universidad Carlos III).

The School will be held from August 30th to September 3rd, 2021, just before the beginning of the academic year. We have reserved the Lucas Olazabal Residence that the University manages in the nearby town of Cercedilla, 60 Km north of Madrid. It is a beautiful natural enclave located in the Sierra de Guadarrama National Park which we feel is ideal for this event.

We trust that the health situation generated by the COVID will improve in the coming months and allow the celebration of a safe event, taking into account all the necessary sanitary measures.

Registration will open in spring, but you can keep informed through the webpage :

http://eventos.upm.es/go/EHF_Madrid2021.

We will be pleased to welcome you in Madrid.

Organizing Committee : *Carlos Castro, Miguel Hermanns, Fabricio Macià, María Luisa Rapún and Laura Saavedra*

Correspondantes et correspondants locaux

Amiens *Vivien Desveaux*
LAMFA
Univ. de Picardie Jules Verne
33 rue Saint Leu
80039 Amiens CEDEX 01
☎ 03 22 82 75 16
vivien.desveaux@u-picardie.fr

Angers *Frédéric Proïa*
LAREMA
Univ. d'Angers
2 bd Lavoisier
49045 Angers CEDEX 01
☎ 02 41 73 50 28 – 🖷 02 41 73 54 54
frederic.proia@univ-angers.fr

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

Avignon *Terence Bayen*
Dépt de Mathématiques
Univ. d'Avignon
33 rue Louis Pasteur
84000 Avignon

terence.bayen@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

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

Brest *Piernicola Bettiol*
Laboratoire de Mathématiques de Bretagne Atlantique,
Université Bretagne-Sud,
6 avenue Le Gorgeu, CS 93837,
29238 BREST cedex 3
☎ 02 98 01 73 86 - 🖷02 98 01 61 75
Piernicola.Bettiol@univ-brest.fr

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

Calais *Antoine Benoit*
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

Centrale Supélec *Anna Rozanova-Pierrat*
Laboratoire MICS, Centrale Supélec,
Batiment Bouygues,
3, rue Joliot Curie,
91190 Gif-sur-Yvette
anna.rozanova-pierrat@centralesupelec.fr

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

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

Clermont-Ferrand *Arnaud Munch*
Laboratoire de Math. Blaise Pascal,
Université Clermont Auvergne,
Campus Universitaire des Cezeaux,
3, place Vasarely, 63178 Aubiere Cedex
☎ 04 73 40 79 65 – 🖷 04 73 40 70 64
Arnaud.Munch@math.univ-bpclermont.fr

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

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

École Polytechnique *Aline Lefebvre-Lepot*
CMAP, École Polytechnique
91128 Palaiseau
☎ 01 69 33 45 61 – 🖷 01 69 33 46 46
aline.lefebvre@polytechnique.edu

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

ENS Paris *Betrand Maury*
DMA, Ecole Normale Supérieure
45 rue d'Ulm,
75230 Paris CEDEX
🖷 01 44 32 20 80
bonnaillie@math.cnrs.fr

EHESS *Amadine Aftalion*
CAMS, EHESS
54, bd. Raspail,
75270 Paris CEDEX 06
☎ 01 49 54 20 84
amandine.aftalion@math.cnrs.fr

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

Evry *Stéphane Menozzi*
LPMA, Sorbonne Université
4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05
stephane.menozzi@univ-evry.fr

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

Franche-Comté *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

Grenoble *Brigitte Bidegaray*
Laboratoire Jean Kuntzmann,
Université Grenoble Alpes,
Bâtiment IMAG, CS 40700,
38058 GRENOBLE CEDEX 9
☎ 04 76 57 46 10 – 🖷 04 76 63 12 63
Brigitte.Bidegaray@univ-grenoble-alpes.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 Informatique
IREMIA
Univ. de La Réunion
BP 7151
97715 Saint-Denis Messag CEDEX 9
☎ 02 62 93 82 81 – 🖷 02 62 93 82 60
Philippe.Charton@univ-reunion.fr

Rouen *Ioana Ciotir*
Laboratoire de Mathématiques / LMI
INSA Rouen Normandie
Avenue de l'Université
76801 Saint-Étienne-du-Rouvray

Ioana.Ciotir@insa-rouen.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

Lille *Caterina Calgaro*
Lab. de Mathematiques Appliquees
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

Lorraine-Metz *Jean-Pierre Croisille*
Institut Élie Cartan de Lorraine,
Université de Lorraine - Metz,
3 rue Augustin Fresnel, BP 45112,
57073 Metz, Cedex 03
☎ 03 87 31 54 11 – 🖷 03 87 31 52 73
jean-pierre.croisille@univ-lorraine.fr

Lorraine-Nancy *Denis Villemonais*
Institut Élie Cartan de Lorraine
Université de Lorraine - Nancy,
BP 239
54506 Vandoeuvre-lès-Nancy
☎ 03 83 68 45 95 – 🖷 03 83 68 45 61
denis.villemonais@univ-lorraine.fr

Lyon *Benoit Fabrèges*
Institut Camille Jordan,
Univ. Claude Bernard Lyon 1
43 b^{d} du 11 novembre 1918
69622 Villeurbanne CEDEX
fabreges@math.univ-lyon1.fr

Marne la Vallée *Alain Prignet*
Univ. de Marne-la-Vallée, Cité Descartes
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 *Loïc Le Treust*
LATP
Université Paul Cézanne
Faculté des Sciences et Techniques de St Jérôme, Case Cour A
Av. Escadrille Normandie-Niemen
13397 Marseille Cedex 20, France ☎ 04 91 28 88 40 – 🖷 01 91 28 87 41
loic.le-treust@univ-amu.fr

Montpellier *Vanessa Lleras*
I3M, Dép. de Mathématiques,
Univ. Montpellier II, CC51
Pl. Eugène Bataillon
34095 Montpellier CEDEX 5
☎ 04 67 14 32 58 – 🖷 04 67 14 35 58
vanessa.lleras@umontpellier.fr

Nantes *Anaïs Crestetto*
Université de Nantes
2, rue de la Houssinière - BP92208
44321 Nantes CEDEX 3
☎ 02 51 12 59 86
Anais.Crestetto@univ-nantes.fr

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

Norvège *Snorre Christiansen*

snorrec@math.uio.no

Orléans *Cécile Louchet*
Institut Denis Poisson
Univ. d'Orléans
BP 6759
45067 Orléans CEDEX 2
☎ 02 38 49 27 57 – 🖷 02 38 41 71 93
Cecile.Louchet@univ-orleans.fr

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

Paris Dauphine *David Gontier*
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
gontier@ceremade.dauphine.fr

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

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

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

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

Portugal *Pedros Freitas*

freitas@cii.fc.ul.pt

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

Poitiers *Matthieu Brachet*
LMA
Univ. de Poitiers
B^d^ Marie et Pierre Curie
BP 30179
86962 Futuroscope Chasseneuil CEDEX
☎ 05 49 49 68 78
matthieu.brachet@math.univ-poitiers.fr

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

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

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

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

Sorbonne Université *Nina Aguillon*
Lab. Jacques-Louis Lions
Boîte courrier 187
Sorbonne Université
4 place Jussieu
75252 Paris CEDEX 05
☎ 01 44 27 91 67 – 🖷 01 44 27 72 00
aguillon@ann.jussieu.fr

Sorbonne Université *Noufel Frikha*
LPMA, Sorbonne Université
4 place Jussieu
75252 Paris CEDEX 05
☎ 01 57 27 91 33
frikha.noufel@gmail.com

Strasbourg *Emmanuel Franck*
IRMA
Univ. de Strasbourg
7 rue René Descartes
67084 Strasbourg CEDEX
emmanuel.franck@inria.fr

Toulouse *Laurent Risser*
IMT, Univ. Toulouse 3
118 route de Narbonne
31077 Toulouse CEDEX 4
Laurent.Risser@math.univ-toulouse.fr

Tours *Vincent Perrollaz*
Institut Denis Poisson
Fac. Sciences et Technique de Tours
7 parc Grandmont
37200 Tours
vincent.perrollaz@lmpt.univ-tours.fr

Troyes *Florian Blachère*
Institut Charles Delaunay
Université de Technologie de Troyes
12, rue Marie Curie
CS 42060 - 10004 TROYES CEDEX
florian.blachere@utt.fr

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

Versailles *Pierre Gabriel*
Université De Versailles St-Quentin-en-Yvelines
Bâtiment Fermat 45 Avenue Des Etats Unis
59313 Valenciennes CEDEX 9
☎ 01 39 25 30 68 – 🖷 01 39 25 46 45
pierre.gabriel@uvsq.fr

Subscribe to Open (S2O)
A fair and sustainable open access model

What is S2O?	• An innovative, transformative model that aims to move subscription journals to open access
How does it work?	• Following the subscription renewal cycle, a journal joining the S2O programme will publish its newly-accepted content in open access as soon as all subscription renewals have been received, typically at the end of February in Year 1 • Pricing is established in a transparent way to balance the costs of publication – libraries are involved in the process through an independent committee • If a journal does not reach the subscription threshold, only subscribers will receive access to papers published in the coming year
Benefits for subscribers	• Institutions support journals for the common good of the academic community and demonstrate their commitment to open access • Only subscribers get access to 'moving wall' archive content that is not yet in open access (embargoed for 5 years)
Benefits for authors	• Authors publish in S2O journals in open access, free of charge (no APCs) - publication fees are covered by the subscription income • Articles are published under a CC-BY 4.0 license allowing authors to retain the copyright • The license enables authors to be fully compliant with the open access requirements of their institution or funding organisation(s)
Benefits for the community	• It supports open access and open science and helps to guarantee the long-term scientific independence of researchers through a diversity of publishing models • It supports the values of the mathematics community • It helps to meet the growing demand for open access publications, e.g. Plan S
How can I support S2O?	• New subscribers may join the mathematics S2O programme at any time by contacting subscribers@edpsciences.org • Additional participation will help the S2O model to thrive and will reduce the subscription price for subscribers
Where can I find out more?	• Contact SMAI – smai-vp-publications@emath.fr • EDP Sciences Frequently Asked Questions (FAQs) – bit.ly/S2OFAQs • Subscribe to Open Community of Practice – subscribetoopencommunity.org

SMAI
smai.emath.fr

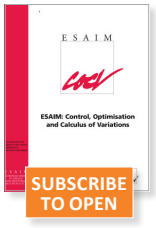
EDP Sciences' and SMAI's
Subscribe to Open initiative is supported by
the *Fonds National pour la Science Ouverte*

edp sciences
edpsciences.org

World-class mathematics journals from SMAI and EDP Sciences – transitioning to open access

edp sciences

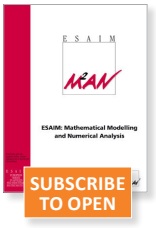
SMAI
société de mathématiques appliquées et industrielles



ESAIM: Control, Optimisation and Calculus of Variations

ESAIM: COCV publishes papers and surveys in the areas of Control, Optimisation, and Calculus of Variations. Articles may be theoretical and/or computational and cover topical subjects.

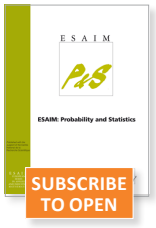
esaim-cocv.org



ESAIM: Mathematical Modelling and Numerical Analysis

ESAIM: M2AN publishes original research papers in Mathematical Modelling and Numerical Analysis providing rigorous theoretical analysis and evidence of computational relevance.

esaim-m2an.org



ESAIM: Probability and Statistics

ESAIM: P&S publishes original research and survey papers in Probability and Statistics. It covers theoretical and practical aspects and methodological developments with applications.

esaim-ps.org

RAIRO – Operations Research

RAIRO – RO is an international journal of high-level pure and applied research on Operations Research. It includes theory and methodology papers, case studies and state-of-the art surveys.

rairo-ro.org

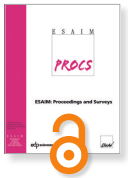
Mathematical Modelling of Natural Phenomena

MMNP publishes original and review papers on Mathematical Modelling in biology, medicine, chemistry, physics, and other areas in the context of real world problems.

mmnp-journal.org

The first mathematics journal in the world to transition to open access using Subscribe to Open!

Also from la Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles (SMAI)



ESAIM: Proceedings and Surveys

ESAIM: PROCS publishes review articles and proceedings in all areas of applied mathematics. It has been open access from the beginning.

esaim-proc.org

Also from EDP Sciences

RAIRO – Theoretical Informatics and Applications

RAIRO – ITA publishes original high-level research papers in the area of theoretical computer science and its applications including game theory, quantum computation, cryptography.

rairo-ita.org

All the journals are published by EDP Sciences in partnership with SMAI except for *RAIRO – Theoretical Informatics and Applications*