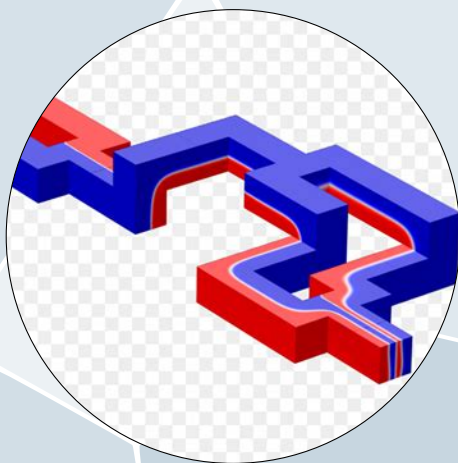




# MATAPLI



## Comité de rédaction

---

### Rédacteur en chef

Équipe ANGE, INRIA Paris

**Julien SALOMON**

salomon@inria.fr

### Rédacteur en chef adjoint

CEREMADE, CNRS, Université Paris-Dauphine

**Maxime CHUPIN**

chupin@ceremade.dauphine.fr

## Rédacteurs et rédactrices

---

### Congrès et colloques

Fédération Denis Poisson, Université d'Orléans

**Thomas HABERKORN**

thomas.haberkorn@univ-orleans.fr

### Du côté de l'INRIA

INRIA Paris

**Arthur VIDARD**

Arthur.Vidard@inria.fr

### Du côté des écoles d'ingénieurs Emmanuel AUDUSSE et Olivier LAFITTE

LAGA, Université Paris XIII

eadusse@yahoo.fr, lafitte@math.univ-paris13.fr

### Du côté du réseau MSO

AMIES, Université Lyon 1, Institut Camille Jordan

**Véronique MAUME-DESCHAMPS**

agence-maths-entreprises.fr

veronique.maume-deschamps@

### Nouvelles du CNRS

ENS de Lyon site Monod

**Mikael de la SALLE**

mikael.de.la.salle@ens-lyon.fr

### Résumés de livres

Université de Lille 1

**Ana MATOS**

ana.matos@univ-lille1.fr

### Résumés de thèses et HDR

Fédération Denis Poisson, Université d'Orléans

**Cécile LOUCHET**

cecile.louchet@univ-orleans.fr

### Vie de la communauté

Laboratoire J.A. Dieudonné, Université Côte d'Azur

**Claire SCHEID**

claire.scheid@univ-cotedazur.fr

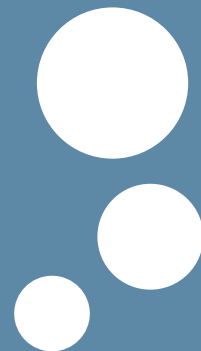
**MATAPLI — Bulletin n° 126 — Novembre 2021.**

Édité par la Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles

**Directeur de la publication**  
**Composition, mise en page**  
**Impression**

Olivier GOUBET, Président de la SMAI  
Julien SALOMON et Maxime CHUPIN  
Présence Graphique,  
2 rue de la Pinsonnière, 37260 Monts

# Sommaire



ÉDITO — 3
APPEL À CONTRIBUTION — 5
COMPTES RENDUS DU CA DE LA SMAI — 7
RAPPORT FINAL DU CES40 — 15
HOMMAGES — 19
BILAN 2021 DU CNU SECTION 26. DEUXIÈME ANNÉE DU MANDAT 2019-2023. — 23
ANALYSE MATHÉMATIQUE DES VOLUMES FINIS — 39
LES ÉCOLES D'INGÉNIEURS À COMPOSANTE MATHÉMATIQUES IMPORTANTE (2) — 61
DU CÔTÉ DE LA RECHERCHE PARTENARIALE — 65
LA COLLABORATION MATHOA ET CENTRE MERSENNE — 69
DU CÔTÉ DU RÉSEAU MODÉLISATION, SIMULATION, OPTIMISATION — 75
QUAND DEUX REVUES DE L'IHP PRENNENT LA DIRECTION DE L'OPEN ACCESS... — 83
RÉSUMÉS DE THÈSES ET HDR — 89
ANNONCES DE COLLOQUES — 119
CORRESPONDANTES ET CORRESPONDANTS LOCAUX — 123

*Date limite de soumission des textes pour le Matapli 127 :*  
**15 février 2022**

*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](mailto: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 3<sup>e</sup> de couverture
- 450 € pour la 2<sup>e</sup> de couverture
- 500 € pour la 4<sup>e</sup> 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*

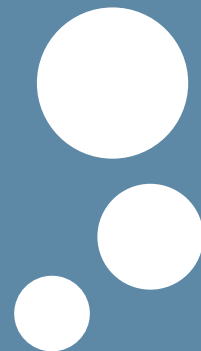
*SMAI – Institut Henri Poincaré – 11 rue Pierre et Marie Curie – 75231 Paris  
Cedex 05*

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

*[smai@emath.fr](mailto:smai@emath.fr)*

Site internet de la SMAI :

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



*par :* \_\_\_\_\_

*Olivier GOUBET<sup>1</sup> — Président de la SMAI*

Je commence cet éditorial en remerciant chaleureusement les organisateurs de la biennale des mathématiques appliquées (SMAI 2021) et du Centre d'Été Mathématique de Recherche Avancée en Calcul Scientifique (CEMRACS 2021). Ces événements ont accueilli sur site des participants contents de pouvoir enfin se retrouver et de participer pour de vrai à des événements scientifiques d'ampleur.

La situation sanitaire s'améliore en ce moment en métropole. Dans les universités les cours peuvent reprendre dans un format plus habituel. Pour les nouveaux arrivés à l'université, les effets de la réforme du secondaire se font déjà sentir. Dans les programmes des premières et terminales, les sciences ont (presque) de facto disparu du tronc commun. On pourra toujours arguer que les élèves voulant faire notamment des mathématiques peuvent choisir les spécialités math expert ou autres. Cela me pose quand même question. Le flux des élèves suivant des options renforcées en mathématiques est absorbé peu ou prou par les classes préparatoires aux grandes écoles. On peut imaginer que la formation des futurs ingénieurs n'en sera pas impactée... Néanmoins nous allons nous retrouver avec toute une classe d'âge non formée aux sciences. Comment donner le goût des sciences aux enfants quand leurs enseignants dans le primaire, professeurs des écoles, n'ont pour la plupart aucune appétence pour ces matières? En outre il existe aussi dans l'industrie un certain nombre de métiers qui nécessitent une formation minimale en sciences et technologies.

Nous vivons une étrange époque. Cette année a vu néanmoins des avancées; ainsi les publications portées par la SMAI et EDP Sciences sont passées au modèle vertueux du libre accès diamant, i.e sans demander une souscription aux auteurs. Pour conclure je souhaite au nom de la SMAI adresser un grand merci à Jérôme Lacaille et Simona Mancini qui viennent de quitter le bureau du

---

1. [olivier.goubet@univ-lille.fr](mailto:olivier.goubet@univ-lille.fr)

Conseil d'Administration de la SMAI après des années de très bons et très loyaux services.

Bien Cordialement,

# Appel à contribution

*par :*

*Maxime CHUPIN<sup>1</sup> – CNRS, CEREMADE, Université  
Paris-Dauphine*

*Julien SALOMON<sup>2</sup> – Inria*

Voilà désormais trois numéros que nous, Julien et Maxime, travaillons ensemble à la production des numéros de Matapli. Maintenant les premiers tests passés, il est temps de nous améliorer !

Afin de construire une ligne éditoriale enthousiasmante, nous souhaiterions introduire et approfondir certaines thématiques. Depuis quelques années, il existe dans Matapli des thématiques récurrentes, prenant la forme de rubriques (explicitées ou non). Victorita Doléan, la rédactrice en chef précédente, avait ainsi contribué à cette évolution en introduisant les articles sur les questions de parité homme-femme dans notre communauté que vous trouvez désormais régulièrement dans notre revue. Plus récemment, cette logique nous a poussé à proposer les séries sur l'édition scientifique et sur les écoles d'ingénieurs mettant l'accent sur les mathématiques appliquées (avec Olivier Lafitte).

Pour aller plus loin dans cette démarche, nous voudrions introduire au moins une nouvelle thématique, et possiblement une nouvelle « rubrique », proposant des articles donnant une perspective *historique sur nos disciplines*. Cela peut prendre la forme d'un récit chronologique des différentes avancées des mathématiques sur certaines applications, sur certaines théories actuelles dans nos disciplines ou simplement partir de la biographique scientifique d'une figure marquante des maths appliquées. Nous essayerons de compléter cela par des articles d'histoire écrits par des collègues historiens ou historiennes.

Ces thématiques ne sont sans doute pas les seules qui méritent d'être explorées. Dans tous les cas, nous sommes constamment à la recherche de contributions pour faire vivre la revue. Et nous avons besoin de vous : vos contributions sont donc toujours les bienvenues, que cela soit sous forme de série, d'article

---

1. [chupin@ceremade.dauphine.fr](mailto:chupin@ceremade.dauphine.fr)

2. [julien.salomon@inria.fr](mailto:julien.salomon@inria.fr)

unique, dans les thématiques déjà évoquées ou bien dans d'autres. Matapli n'est pas assez lu dans notre communauté alors que c'est, à notre avis, un moyen intéressant de la faire vivre!

### Maxime CHUPIN



Maxime CHUPIN est ingénieur de recherche CNRS au CEREMADE à l'université Paris-Dauphine. Ses sujets de recherche sont l'optimisation, le contrôle optimal, l'optimisation de forme, le calcul scientifique, avec diverses applications en aérospatial et chimie quantique. Il est rédacteur en chef adjoint de la revue Matapli.

**Email :** [chupin@ceremade.dauphine.fr](mailto:chupin@ceremade.dauphine.fr)

**Site web :** [www.ceremade.dauphine.fr/~chupin/](http://www.ceremade.dauphine.fr/~chupin/)

### 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. Il est rédacteur en chef de la revue Matapli.

**Email :** [julien.salomon@inria.fr](mailto:julien.salomon@inria.fr)

**Site web :**

<https://who.rocq.inria.fr/Julien.Salomon/>



# 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 2 JUILLET 2021

**Présents :** S. Adly, F. Barbaresco, P. Calka, G. Chapuisat, C. Choquet, A.-L. Dalibard, J. Delon, O. Goubet, J. Lacaille, R. Laraki, A. Nouy, P.-Y. Louis, C. Rosier, A. Véber

**Excusés :** Y. Demichel, V. Desveaux (pouvoir O. Goubet), A. Ern (pouvoir A. Nouy), R. Lewandowski (pouvoir A.-L. Dalibard), B. Liquet (pouvoir S. Adly), R. Tittarelli (pouvoir A. Véber)

*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

#### Élection du nouveau bureau

Le CA a procédé à l'élection des membres du Bureau pour l'année à venir. Sont élus à l'unanimité pour une durée d'une année au Bureau de la SMAI :

- *Président :* Olivier Goubet
- *Secrétaire générale :* Anne-Laure Dalibard
- *Secrétaire générale adjointe aux publications :* Amandine Véber

- *Vice-Présidente, déléguée Communication et actions grand public* : Roberta Titarelli
- *Vice-Président, délégué Enseignement* : Yann Demichel

Les postes de trésorier et de Vice-Président chargé des relations industrielles sont restés vacants, faute de candidat.e. La trésorière sortante, Simona Mancini, a accepté de prolonger ses fonctions jusqu'à fin août afin de laisser au bureau le temps de trouver un nouveau trésorier ou une nouvelle trésorière, et le CA lui en est très reconnaissant.

Le CA remercie chaleureusement les membres sortants du bureau et du CA pour tout le travail accompli lors de leurs mandatures au sein de la SMAI.

### Point sur le secrétariat

---

Le CA espère que l'amélioration de la situation sanitaire va perdurer et que les secrétaires pourront reprendre une partie de leur travail en présentiel au mois de septembre.

### Point sur les publications

---

Un appel à contributions a été lancé début juin auprès des adhérent.e-s à la SMAI - en ciblant plus spécifiquement les porteurs et porteuses de projets - afin de financer l'ouverture des revues SMAI-EDP Sciences au Subscribe to Open. Il a obtenu plusieurs réponses, dont certaines se sont déjà concrétisées, pour un montant total de 4 500 €. Ces réponses montrent que la communauté des mathématiques appliquées est encline à soutenir ces actions. Par ailleurs, l'ANR a été contactée pour savoir si des projets ANR pourraient soutenir des projets Open Access Diamant. La réponse est positive, et les outils pour cela sont d'ores et déjà en place.

### Point sur l'enseignement

---

- Les journées Nationales de l'APMEP se dérouleront cette année à Bourges du 23 au 26 octobre 2021. La SMAI n'y tiendra pas de stand, mais Yann Demichel participera à une table ronde.
- Olivier Goubet a eu des échanges avec le président de la SFP, qui souhaite nous alerter sur le point suivant. Il y a aujourd'hui une désaffection des enseignant.e-s en primaire pour les sciences, qui entraîne un désintérêt des élèves. La SFP souhaiterait que les sociétés savantes de mathématiques

et de physique fassent pression auprès du ministère au sujet de l'enseignement des sciences au sens large, sans dissocier les mathématiques du reste des sciences.

Catherine Choquet interroge sur ce qui est demandé exactement : augmenter la part de sciences dans les programmes ? Être plus exigeant sur le concours ? Modifier la formation, en insistant sur lien des mathématiques avec d'autres disciplines ? Rida Laraki souligne que les liens avec d'autres sciences sont multiples (économie, gestion des ressources, systèmes de vote).

### Point sur les actions grand public

En l'absence de Roberta Titarelli, Anne-Laure Dalibard présente le compte-rendu envoyé par celle-ci. Roberta Titarelli a participé au comité d'organisation de la semaine des maths 2022. Celle-ci se déroulera du lundi 7 mars au lundi 14 mars 2022, incluant ainsi la journée internationale des mathématiques. Pour l'édition 2023, le thème retenu est « maths à la carte ». Par ailleurs le groupe de travail autour du projet de chaîne YouTube de la SMAI s'est réuni, et a commencé à réfléchir autour des axes suivants : nature des contenus, fréquence de mise en ligne, ligne éditoriale, moyens informatiques et financiers. Des conclusions plus détaillées seront communiquées lors d'un prochain CA.

Amandine Aftalion, qui préside le jury du concours videodimaths, a contacté Olivier Goubet pour savoir si la SMAI souhaitait continuer à être partenaire de ce concours, et proposer des membres du CA pour participer au jury.

### Nouvelles des groupes thématiques

- GAMNI : Olivier Lafitte mentionne que le renouvellement du bureau est en cours. Pour l'année 2020, les résultats financiers de l'association européenne ECCOMAS - dont le groupe GAMNI est le représentant national - ont été négatifs, sans néanmoins être catastrophiques. Le congrès ECCOMAS 2022 aura lieu à Oslo. Les organisateurs réfléchissent à une solution hybride.

### Propositions d'actions communes avec la SFdS, SMF et SFP

- La Société française de physique souhaite se rapprocher de la SMAI pour organiser une action autour du traitement d'images. Le groupe SIGMA en a été informé. Un appel aux bonnes volontés est lancé.

- La SFdS propose d'organiser avec la SMF et la SMAI un évènement conjoint autour de l'aléatoire. Le responsable du groupe MAS en a été informé; la date et le format restent à définir. Un appel aux bonnes volontés est lancé, ainsi qu'une demande de relais au sein du groupe MAS.
- La SMAI, le groupe GAMNI et la Société française de mécanique organisent une rencontre de deux jours à l'IHP les 8 et 9 novembre 2021, autour de la réduction de modèles.
- Des conférences à destination des jeunes sont organisées à l'IHP le 17 et le 18 novembre autour de l'intelligence artificielle (IAplusK). Les sociétés savantes ont été sollicitées.
- La SMAI organise le premier Congrès des Jeunes Chercheuses et Chercheurs en Mathématiques Appliquées avec les doctorant·e·s du CMAP, qui aura lieu du 27 au 29 octobre 2021.

### SMAI 2021 et SMAI 2023

---

Le CA remercie chaleureusement l'Institut de mathématiques de Toulouse pour les efforts accomplis dans l'organisation du congrès SMAI 2021. 280 personnes ont été accueillies dans le respect des conditions sanitaires.

Concernant l'édition 2023 de la biennale, une candidature de l'université des Antilles a été reçue. Julie Delon s'interroge sur le bilan carbone d'un tel évènement. Olivier Goubet répond que l'origine géographique du public visé serait différente de celle des congrès précédents, et qu'il serait possible de rédiger une convention autorisant une hybridation de certaines interventions. Catherine Choquet souligne qu'une partie au moins du public habituel n'assistera pas à la conférence. Marguerite Zani et Rida Laraki rappellent qu'il est compliqué d'écarter une candidature d'une université pour des critères géographiques, et que cela risque d'isoler des collègues. Olivier Lafitte propose de réduire le nombre de participants sur place mais d'allonger le temps de la conférence afin que des liens puissent se tisser plus facilement. Frédéric Barbaresco demande s'il ne serait pas préférable que les collègues des Antilles bénéficient d'aides afin de participer à un évènement en métropole plutôt que d'organiser un évènement aux Antilles. Samir Adly répond qu'il est beaucoup plus facile pour les collègues travaillant aux Antilles de trouver des financements pour l'organisation d'un évènement local. Olivier Goubet signale également que la tenue de ce type d'évènement a un rôle structurant sur l'ensemble de la communauté locale.

Un vote est organisé sur cette candidature. Cette dernière est acceptée (un vote contre, deux abstentions).

### **CEMRACS 2023 et CANUM 2024**

Concernant le CEMRACS 2023, Amandine Véber a parlé de cet événement au bureau de l'Institut des mathématiques pour la planète Terre, et a reçu un écho assez positif sur le principe, qui reste cependant à concrétiser.

Le bureau de la SMAI n'a pas eu connaissance de candidatures potentielles pour l'organisation du CANUM 2024. Un appel à candidatures est lancé pour l'organisation de cet événement.

### **Forum Emploi Maths**

Le FEM aura lieu le 12 octobre 2021 en distanciel.

### **Projet ANIMATH sur la seconde**

Les sociétés savantes ne participent pas en propre, mais par le biais de la CFEM.

### **Paroles de Chercheurs et de Chercheuses**

La Région Île-de-France a lancé depuis décembre 2020 un nouveau programme intitulé « Paroles de chercheuses et de chercheurs », et recherche des jeunes chercheuses et chercheurs intéressé·e·s par l'idée d'échanger avec des élèves de lycées. Le CA décide de renvoyer cet appel vers les groupes thématiques, qui pourront proposer des intervenant·e·s.

### **Soutien financier à ICMP**

Olivier Goubet a contacté les organisateurs pour savoir où en est le financement et quels sont les besoins.

### **Soutien financier de l'ICIAM à l'année internationale des sciences fondamentales au service du développement durable**

Le conseil d'administration de l'ICIAM propose d'apporter une contribution financière de 2 000 € à l'organisation de l'année internationale des sciences fondamentales au service du développement durable. La SMAI va soutenir la position de l'ICIAM.

## **Lettres de soutien aux agrégé-e-s**

La SMAI peut apporter son soutien aux agrégé-e-s en fin de thèse ou en post-doctorat, souhaitant poursuivre leurs travaux de recherche et ayant fait une demande de détachement auprès du rectorat en ce sens, et ayant reçu une réponse négative. Les intéressé-e-s peuvent contacter directement Olivier Goubet (smai-president@emath.fr).

## **Questions diverses**

Amandine Véber s'enquiert du point d'avancement du nouveau site web. Ludovic Goudenège espérait pouvoir présenter une version quasi-définitive du site pour ce CA, mais ce n'est pas encore complètement prêt. Un état d'avancement sera présenté lors du prochain CA. Amandine Véber rappelle qu'une proposition d'aide avait été faite pour saisir des contenus sur le nouveau site web, afin de diminuer la charge de travail de Ludovic Goudenège, et réitère cette proposition. Par ailleurs le CA remercie chaleureusement Ludovic Goudenège pour son travail et son investissement.

## **2 Points d'information**

### **Renouvellement partiel du CS du CIMPA**

Le comité scientifique du CIMPA a été partiellement renouvelé. Les nouveaux membres proposés sont : Tien-Cuong Dinh, Singapour; Giulia di Nunno, Norvège; Yoshihauru Kohayakawa, Brésil; Teresa Krick, Argentine; Gabriel Peyré, France; Mythily Ramaswamy, Inde.

Les membres actuels du Conseil scientifique qui ont accepté de continuer sont : Volker Bach, Allemagne; Mohamed Boucetta, Maroc; Laura Geatti, Italie; Henar Herrero, Espagne; Norbert Honkonnou, Bénin; Sarah Van de Geer, Suisse.

### **Pétition contre la judiciarisation de la recherche**

La pétition a été signée par la SMAI.

### **Motion de la CP-CNU**

La CP-CNU, réunie en Assemblée générale le 18 juin 2021, a rédigé une motion dénonçant les réformes et les projets de décrets en cours (modalités du re-

crutement, du régime indemnitaire et du repyramidage, etc.). Elle demande que les attributions de promotion interne par voie temporaire dite de « repyramidage » soient réparties à parts égales entre l'instance nationale et les établissements.

### **Prochains C.A. de la SMAI**

---

Le prochain bureau de la SMAI aura lieu le 3 septembre 2021 à 10h, et le prochain CA aura lieu le 8 octobre à 14h.





# Rapport Final du CES40



*par :*

*Le Comité d'Evaluation Scientifique CES 40*

À la fin de son mandat d'évaluation de l'AAPG 2021, le Comité d'Evaluation Scientifique « Mathématiques » (CES40) a décidé d'écrire un rapport pour rendre compte à la communauté mathématique du travail effectué et souligner quelques points qui lui semblent importants au vu de l'AAPG 2022.

Pour l'AAPG 2021, le CES40 était formé de 14 membres, dont un président-référent et un vice-président qui en constituaient le bureau. Les membres du CES40 sont renouvelés chaque année, avec un mandat maximal de trois ans, choisis par le bureau en veillant à une large couverture thématique, à l'équilibre géographique et à la parité. Le travail du comité est accompagné par un chargé de projets scientifiques (Eugenio Echagüe) et par un responsable scientifique pour les mathématiques à l'ANR (Mamadou Mboup) en tant qu'observateur. Ils n'interviennent ni dans les débats scientifiques, ni dans les décisions qui portent sur la sélection des projets.

Le processus d'évaluation des projets est en deux phases : la première phase concerne l'évaluation des pré-propositions (instruments JCJC, PRC et PRCE), tandis que la seconde correspond à l'évaluation des projets détaillés sélectionnés en Phase 1 et des projets PRCI. Ce processus a été décrit dans le rapport rédigé en 2019 par le CES 40, disponible sur site de l'INSMI (<https://www.insmi.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/anr-rapport-du-comite-40>). Nous renvoyons à ce document pour plus d'information, en soulignant ici quelques points qui nous semblent importants.

Dans les deux phases, la sélection des pré-projets et des projets détaillés est collégiale. Lors des réunions plénières, tous les membres du comité ont accès aux documents de soumission et aux rapports de tous les projets pour lesquels ils ne sont pas en conflit d'intérêts. Les questions d'impartialité dans le processus de sélection, comme l'absence de conflits d'intérêts, sont gérées très attentivement par l'ANR. Par exemple, pour éviter les conflits d'intérêts, tout membre du comité qui est dans le même laboratoire qu'un des membres d'un consortium ne

rapporte par sur ce projet, n'a accès à aucun document ou rapport sur celui-ci et n'assiste pas aux discussions de ce projet. Cette règle s'applique bien évidemment aussi aux membres du bureau.

Cette année, la situation sanitaire a d'une part causé un décalage du calendrier d'évaluation d'environ un mois par rapport au calendrier usuel de l'ANR. D'autre part, elle n'a pas permis des réunions en présentiel : toutes les réunions du comité ont eu lieu à distance, avec un support technique adéquat de l'ANR, qui malgré les difficultés a permis un bon déroulement des discussions et de la gestion des conflits d'intérêts via des salles d'attente.

Le comité sélectionne les projets sur la base stricte des critères d'évaluation scientifique de l'AAPG publiés lors de l'appel d'offres. A ce sujet, on rappelle que le budget n'est pas un critère d'évaluation en phase 1. Toutefois, le montant d'aide demandé dans la pré-proposition conditionne le montant de la phase 2 : c'est donc important pour les déposants d'y réfléchir en amont en évaluant correctement les besoins du projet. En plus des qualités scientifiques du projet et de ses membres, les taux d'implication des membres ont un rôle important et doivent être renseignés avec soin. Chaque membre du consortium doit avoir sa place et son apport scientifique précisé. La même règle s'applique aux demandes en personnel doctorant ou post-doctorant, qui doivent être affectés à des tâches précises et identifiées du projet. Le comité évalue également la cohérence globale du projet : une collection de problèmes, si intéressants soient-ils, ne peut constituer un projet de recherche si une ligne directrice n'est pas mise en avant ainsi qu'une méthodologie claire proposant des pistes de recherche et une gestion des risques affichée.

Nous donnons maintenant quelques informations plus spécifiques sur les soumissions au CES40 et la sélection dans l'AAPG2021. Le nombre des pré-projets déposés éligibles dans la phase 1 a baissé par rapport aux années précédentes, soit 61 (contre 77 en 2020 et 89 en 2019). Le montant total d'aide demandé en phase 1 était de 17,90 millions d'euros. L'aide allouée au CES40 en phase 2 a été de 4,19 millions d'euros. Le comité a retenu en 2e phase 17 projets, dont 9 JCJC et 8 PRC. Ces montants peuvent être comparés à ceux de l'année 2020, où l'aide demandée en phase 1 était de 18,99 millions d'euros et l'aide allouée au CES40 en phase 2 de 3,86 millions d'euros. Pour information, le coût moyen d'un projet en 2021 était de 177 milliers d'euros pour un JCJC et de 324 milliers d'euros pour un PRC. Au moment de l'écriture de ce rapport, le processus de sélection de l'AAPG n'est pas terminé, certains projets pouvant être financés jusqu'à la fin de l'année budgétaire.

L'appel à projet en cours, pour lequel la date limite de soumission des pré-projets est fixée au 28/10/2021, présente plusieurs nouveautés, dont le détail

se trouve à l'adresse : <https://anr.fr/fr/detail/call/appele-a-projets-generique-aapg-2022/>. Une sélection de ces nouveautés, spécifiquement pour les mathématiques, est disponible dans une note d'information de l'INSMI à l'adresse : <https://www.insmi.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/le-plan-daction-2022-de-lanr>. Les nouveautés qui nous semblent importantes de souligner sont :

- La durée maximale des projets, qui est portée de 4 à 5 ans. Cette durée supérieure est une incitation à intégrer plus de demandes de recrutement de personnel doctorant au sein d'un projet.
- Un nouvel instrument, les projets de recherche mono-équipe (PRME), qui permettent le financement de projets portés par une seule équipe ou un seul laboratoire.

La durée supérieure des projets répond favorablement à une demande exprimée par le CES 40 et par les responsables des mathématiques auprès de l'ANR. Lors des AAPG 2020 et 2021, le CES40 a constaté un déficit de demande de recrutement de doctorantes et doctorants au sein des projets, les moyens étant alors dirigés vers le fonctionnement et les missions dans des proportions parfois surévaluées. On estime que ce déficit est lié surtout à la durée trop courte des projets qui ne permettent pas d'envisager de recruter sereinement du personnel de valeur. Un autre facteur peut être un effort des porteurs à limiter le budget des projets. Une telle démarche n'augmente pas les chances de succès d'un projet, pour lequel l'aide budgétaire demandée doit être adéquate aux besoins. Si parfois des coupes financières ont été recommandées par le CES 40 sur des montants qu'il a jugé surévalués, ce n'était jamais sur le personnel doctorant ou postdoctorant ayant un rôle bien justifié au sein d'un projet : au contraire, le recrutement et l'implication de jeunes sont considérés comme des aspects positifs.

En conclusion de ce rapport, qui nous espérons a éclairé la communauté mathématique sur le travail que notre comité a effectué lors de l'AAPG 2021, nous souhaitons inviter nos collègues mathématiciens à se mobiliser et à se saisir des opportunités offertes par les projets de l'AAPG2022 et leurs nouveaux formats, notamment en direction des jeunes via le recrutement de personnel doctorant et post-doctorant.

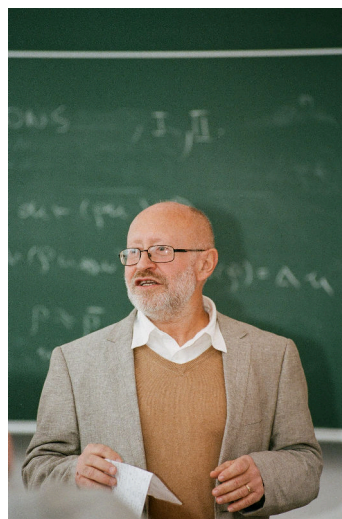


## ANTONIN NOVOTNY (1958 – 2021)

*par :* \_\_\_\_\_

*Patrick PENEL*

Notre collègue et ami le professeur Antonin Novotny est décédé le 2 juin dernier, sa disparition accidentelle dans sa soixante-troisième année nous a profondément affectés. Ses très grandes qualités scientifiques d'analyste mathématicien faisaient l'unanimité, ses qualités humaines attachaient à sa personnalité ce complément irremplaçable et ô combien apprécié des siens, de ses amis, de ses collègues et de ses étudiants. Deux ans après son doctorat de mécanique des fluides mathématique (préparé sous la direction de Jindrich Necas et Jiri Neustupa - soutenance à Prague en 1990), Antonin avait rejoint les équipes toulonnaises de mathématique (successivement Etma puis Imath) et il avait sollicité la nationalité française. A l'Université de



Toulon, d'abord associé puis titularisé comme Maître de Conférences, il poursuivit sans relâche une brillante carrière de chercheur. Parallèlement au congrès de Toulon-Hyères que nous avons co-organisé ensemble [mai 1995], Antonin soutint à l'Université de Toulon son mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, intitulé l'« Analyse des équations de Navier-Stokes compressibles et stationnaires par une méthode de décomposition », devant un jury réunissant P.L. Lions, G.P. Galdi, J. Necas, P. Penel, Ch. Simader, J. Simon et V.A. Solonnikov.

Les contributions d'Antonin Novotny en théorie des équations aux dérivées partielles, et en mécanique des fluides mathématique, concernant plus particulièrement les fluides compressibles, sont d'importantes à très importantes et fondamentales. Si l'analyse théorique des problèmes aux limites non linéaires, l'analyse fonctionnelle, et l'analyse harmonique occupent une place principale dans ses travaux, l'analyse numérique pour approximation des solutions faibles des équations de Navier-Stokes compressibles est également très présente dans ses recherches de ces dernières années.

Antonin Novotny ne connaissait pas de frontières géographiques pour aller débattre de science mathématique, il répondit à de nombreuses invitations dans des Universités étrangères, et bien sûr communiqua dans des colloques et congrès internationaux. L'école française d'analyse mathématique des équations de la mécanique des fluides peut être fière de compter avec ses travaux, ses articles et publications : Antonin Novotny nous a quitté avec neuf travaux en cette année 2021, quatre publiés et cinq soumis pour publication [prépublications en ligne], au total plus de 120 publications et 3 monographies, on compte 28 articles entre 2001 et 2010, 27 articles entre 2011 et 2015, 26 articles entre 2016 et 2020. Sa proximité avec de nombreux mathématiciens se lit parmi les co-auteurs de ses articles, Edouard Feireisl en tout premier (co-signataire d'au moins 45 articles), et sans les citer tous, Milan Pokorný en Tchéquie également, Young-Sam Kwon, Tongkeun Chang, Bum Ja Jin en Corée du sud, et de Marseille à Paris, Thierry Gallouët, Raphaèle Herbin, David Maltese...

Nous reviendrons sous peu sur tous les travaux d'Antonin Novotny, car il conviendra d'en dresser un état des résultats qui font et feront référence. Il avait été nommé Professeur des Universités en 2008 et promu successivement première classe en 2011 et classe exceptionnelle en 2015. En République Tchèque trois distinctions lui ont été décernées : Un prix et deux médailles, le prix 2009 de l'Académie des Sciences, la Médaille Bolzano de l'Académie des Sciences en 2018 et la Médaille d'argent de la faculté de mathématique et physique de l'Université Charles de Prague en 2018. Nous veillons à ce que l'Université de Toulon rende un brillant hommage à sa mémoire en 2022.

Enthousiaste, plein d'idées, d'une rare gentillesse, et bon vivant, Antonin Novotny aimait allier ses moments de recherche intense avec des activités sportives d'excellent niveau et avec de belles soirées de convivialité. Ses talents pleins de promesses ne demandaient qu'à s'épanouir encore, nous pensons fortement à Stania, son épouse, à Filip et Jacob, leurs deux fils.

## IN MEMORIAM ASSYR ABDULLE

*par :*

*Philippe CHARTIER — Inria*

*Erwan FAOU — Inria*

*Tony LELIÈVRE — Ecole des Ponts ParisTech*

*Gilles VILMART — Université de Genève*

C'est avec grande tristesse que nous avons appris le décès d'Assyr Abdulle, le 1er septembre 2021. Professeur à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) depuis 2009, Assyr était une personnalité reconnue dans plusieurs communautés des mathématiques appliquées, en homogénéisation, techniques de réduction de modèles, en méthodes numériques multi-échelles pour des systèmes dynamiques déterministes et stochastiques, et en intégration numérique géométrique des équations différentielles. Brillant mathématicien formé à l'école genevoise d'Analyse numérique avec Ernst Hairer et Gerhard Wanner, il fut post-doctorant à Princeton et à l'ETH Zurich, puis assistant à Bâle et lecteur à Edinburg, avant d'obtenir un poste de professeur à l'EPFL dont il dirigeait la chaire d'Analyse Numérique et de Mathématiques Computationnelles, et où il a joué un rôle essentiel dans la création et la mise en place d'un institut de Mathématiques unifié.

Ses travaux ont porté sur l'étude de méthodes numériques pour des problèmes multi-échelles intervenant dans des domaines appliqués des mathématiques comme la biologie, la chimie ou la science des matériaux. Il a obtenu des résultats très novateurs, en contribuant notamment au développement de la méthode hétérogène multi-échelles (HMM), à la construction de méthodes numériques pour les problèmes stochastiques multi-échelles et ergodiques et à l'introduction des méthodes orthogonales Runge-Kutta-Chebyshev (ROCK) qui ont depuis été généralisées aux systèmes stochastiques multi-échelles.

Ses travaux ont été récompensés de nombreuses fois par des prix internationaux, en particulier, le SciCADE New Talent Award (2005), le prix SIAM James H. Wilkinson Prize in Numerical Analysis and Scientific Computing (2009) et le SIAM Germund Dahlquist Prize (2013).

Pilier de la communauté « *Geometric Numerical Integration* » dont l'objet est l'étude de schémas numériques en temps d'un point de vue qualitatif (intégrateurs symplectiques, systèmes multi-échelles, équations différentielles stochastiques...), il y était une personnalité appréciée pour son enthousiasme communicatif, son appétence au débat scientifique et sa bonne humeur qui, conjuguée à son franc parler, en faisait un collègue très précieux.

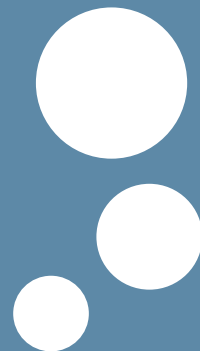
Personne douée de multiples talents, il avait mené une double carrière de violoniste et d'altiste avant de se consacrer professionnellement aux mathématiques. Il aura été toute sa vie excellent musicien, ne cessant jamais de jouer au plus haut niveau dans des formations amateurs ou semi-professionnelles.

Son courage face à la maladie qui l'a emporté forçait l'admiration. Il manquera à l'ensemble de la communauté des mathématiques appliquées, mais aussi à ses collègues et à ses étudiants de l'EPFL, où il était également un enseignant très apprécié.



# Bilan 2021 du CNU section 26.

## Deuxième année du mandat 2019-2023.



*par :* \_\_\_\_\_  
*Bureau de la section*

Le Conseil National des Universités (CNU) a poursuivi ses travaux pour sa deuxième année (mandat de quatre ans).

Rappelons que la section 26 est composée de 48 membres titulaires (dont 16 nommés) et de 48 membres suppléants (dont 16 nommés); elle compte une moitié de rangs A et une moitié de rangs B; elle est chargée du domaine « Mathématiques Appliquées et Applications des Mathématiques » et représente environ les trois cinquièmes des enseignants-chercheurs en mathématiques en France. Une présentation générale du CNU se trouve sur le site de la CP-CNU.

[www.conseil-national-des-universites.fr](http://www.conseil-national-des-universites.fr)

La section dispose également d'un site propre :

[cnu26.emath.fr](http://cnu26.emath.fr)

L'effectif théorique a été atteint à la rentrée 2020; certains membres MCF nous quittant pour la rentrée 2021 grâce à des passages PR, des renouvellements partiels sont en cours.

## 1 Motions et avenir du CNU

---

### Motions votées en Février 2021

---

**Motion Suivi de carrière (reconduite le 09/02/2021).** Les sections 25 et 26 ont décidé de reconduire la décision prise depuis 2017, de ne pas mettre en place le suivi de carrière en 2020.

*« Les sections 25 et 26 décident de ne pas mettre en place le suivi de carrière : faute d'une définition précise des objectifs, des modalités et de l'allocation de moyens dévolus à cette nouvelle mission, celle-ci ne peut être mise en oeuvre jusqu'à nouvel ordre. »*

Par ailleurs, l'hiver a été fertile en événements concernant notre métier, puisque la LPR (Loi de Programmation de la Recherche, voir [www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/pid39124/loi-de-programmation-de-la-recherche-2021-2030.html](http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/pid39124/loi-de-programmation-de-la-recherche-2021-2030.html)) a été votée le 24 décembre 2020.

Elle a rendu immédiatement applicable un amendement modifiant les conditions de qualifications aux fonctions de Professeur des Universités, ajouté subrepticement dans la loi la nuit du 27 octobre de début du deuxième confinement, par un sénateur très au fait des arcanes de notre travail. La question aurait mérité *a minima* d'être discutée, car elle rend notre statut de moins en moins national; néanmoins, les « consultations » ouvertes *par la suite* montrent que cela aurait effectivement été inutile. Un groupe de travail de la section 26 a contribué à cette réflexion et rendu ses avis, consultables sur le site [cnu26.emath.fr](http://cnu26.emath.fr). Les conclusions du rapport général remis au ministère sont quant à elles lisibles sur

[cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Ressources\\_humaines/95/6/21\\_04\\_26\\_Rapport\\_Concertation\\_1402956.pdf](http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Ressources_humaines/95/6/21_04_26_Rapport_Concertation_1402956.pdf).

Les dossiers qui avaient été déposés par les candidats et s'étaient vus attribuer, fin novembre, deux rapporteurs membres du CNU (nombre d'entre eux avaient commencé/fini leurs rapports) ont ainsi été rendus inaccessibles début janvier 2021 dans l'application Galaxie. Plus précisément, le 8 janvier 2021, les candidats maîtres de conférence titulaires ont été avertis par un courrier électronique qu'ils n'avaient plus besoin de qualification aux fonctions de Professeur; ensuite, le même jour à 18h30, la présidente du CNU26 a reçu un mail lui communiquant également cette information, et lui demandant d'en informer sa section.

**Motion 1 de la section 26.** Votée à l'unanimité de la session plénière (49 présents) le 09/02/2021.

- *Alors que les conditions sanitaires nous ont poussés à réinventer notre métier d'enseignants chercheurs depuis plus d'un an, en nous surchargeant de travail, notre ministère continue, de manière unilatérale et sans réelle concertation, à prendre des décisions préjudiciables aux étudiants et aux personnels.*
- *Nous regrettons vivement que notre statut, via les dernières modifications de la loi, soit de moins en moins national. Le CNU est garant de cet aspect, l'en dépouiller n'est pas anodin.*
- *Nous sommes solidaires des actions engagées par la CP-CNU, visant à davantage de concertation.*

■ *Nous appelons les collègues à faire « grève de comité Hcéres ».*

Des propositions de rétention de résultats de qualification ont été proposées mais non retenues, par souci de ne pas pénaliser les collègues ou futurs collègues. La mesure de grève des comités Hcéres a été adoptée en compromis et en comptant sur une solidarité des responsables scientifiques de cette autorité administrative indépendante, qui ne s'est pas produite. Pour l'essentiel, les comités Hcéres se sont déroulés sans membre du CNU, cette année.

**Motion 2 - PEDR - de la section 26.** Votée à l'unanimité de la session plénière (49 présents) le 9/02/2021

*« Le CNU26 s'inquiète de la grande hétérogénéité de traitement par les universités des évaluations rendues par le CNU sur les PEDR. Les dossiers sont globalement excellents; le faible nombre de primes, géré par les seuls quotas, génère des injustices flagrantes et néfastes. Le CNU 26 désapprouve vivement l'algorithme de classement mis par le ministère au service des universités. »*

De fait, il est possible d'étudier les modalités d'attribution de chaque établissement, tenu de fournir cette information (attention, certains pdf datent de plusieurs années et concernent des Universités qui n'existent plus!) en consultant le site du Ministère : [www.galaxie.enseignementsup-recherche.gouv.fr/ensup/cnu\\_PEDR.htm](http://www.galaxie.enseignementsup-recherche.gouv.fr/ensup/cnu_PEDR.htm)

À cette disparité s'ajoute ce qui est mentionné dans la motion ci-dessus comme « l'algorithme » du ministère qui propose aux universités un interclassement des candidats pour l'ensemble des sections CNU : il est fondé sur une repondération des notes dépendant de la fréquence d'occurrence des lettres A, B, C attribuées en notes intermédiaires par une section donnée. Le principe est que si une section attribue beaucoup de notes A, cette note vaut beaucoup moins que le A d'une section qui en attribue peu. On travaille ainsi à front renversé et on évalue la sévérité des CNU, en partant du principe que les qualités des candidats sont équivalentes dans les différentes sections (ce qui est cohérent avec les quotas). Nous laissons le lecteur méditer sur la stratégie optimale sur ce point; elle est néanmoins perturbée par la disparité des critères locaux.

Ainsi en 2020, 11 PR sur 38 classés en 30% n'ont pas eu la PEDR, ainsi que 7 MCF sur 58.

**Motion votée le 19 Mai 2021.** Sur incitation de nos collègues de l'Université Lyon 1, le CNU 26, réuni en session plénière le 19 mai 2021, a voté à l'unanimité la motion suivante :

*« Le CNU26 demande au Président de la République Française, au Ministre des Affaires étrangères, à la Ministre de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation de tout mettre en œuvre pour que notre collègue Tuna Altinel, enseignant-chercheur et fonctionnaire, en poste au sein de l'université Claude Bernard - Lyon 1, puisse revenir en France dans les plus brefs délais. »*

Notre collègue Tuna Altinel est rentré en France (et à Lyon) le 11 juin 2021, voir [math.univ-lyon1.fr/SoutienTunaAltinel/](http://math.univ-lyon1.fr/SoutienTunaAltinel/)

**Les évolutions en cours et l'avenir du CNU - Le point de l'assemblée générale de la CP-CNU du 18 Juin 2021.** L'assemblée générale de la Commission Permanente du CNU a permis de faire le point sur les évolutions en cours, notamment concernant le rôle du CNU. Nous mentionnons deux points, le « re-pyramidage », qui semble en cours d'étude, et la réforme de la PEDR.

- Le projet de décret « re-pyramidage » a pour objectif de créer une *voie de promotion interne temporaire* visant à rééquilibrer le ratio MCU/PU (passer de 70/30 à 60/40). Cela représenterait au total 400 promotions par an sur 5 ans (2021-2025). Les conditions de candidature seraient : avoir 10 ans d'ancienneté dans le corps des MCU, être titulaire de l'HDR. Une répartition annuelle des promotions attribuées aux établissements serait effectuée par le ministère, prenant en compte le ratio MCU/PU de l'établissement et en respectant, au niveau national, un ratio de 3 MCU HC promus pour 1 MCU CN. La procédure serait : 1. L'établissement répartit par discipline les possibilités de promotions qui lui ont été notifiées. 2. Le CAC examine les candidatures et transmet ses avis à la section compétente du CNU. 3. Le CNU retourne sur chaque dossier un avis "très favorable", "conforme" ou "réserve". 4. Le Président de l'établissement prend la décision finale.
- La PEDR disparaîtrait pour être intégrée au "RIPEC" (Régime Indemnitaire des Personnels Enseignants-Chercheurs). Des primes de fonctions seraient créées, ainsi qu'un système de prime individuelle, liée à la qualité des activités et à l'engagement professionnel des *agents* en regard de l'ensemble des missions définies pour les enseignants chercheurs. La demande serait faite au titre d'un, deux ou tous les volets du métier (pédagogie, recherche, responsabilités collectives). Les candidatures individuelles seraient déposées sur Galaxie, avec lettre de motivation (précisant au titre de quel(s) volet(s) du métier la demande est faite). Le CAC désignerait 2 rapporteurs locaux PU, puis délibérerait, émettrait des appréciations que le Président transmettrait au CNU. Le CNU examinerait chaque dossier

et rendrait un avis “très favorable”, “conforme” ou “réserve” sur l’appréciation du CAC. Le Président ou le directeur de l’établissement arrêterait enfin les décisions individuelles d’attribution (motif, montant,...) en respectant un montant global pour l’établissement fixé par le MESRI. La période de référence de l’évaluation porterait sur les trois années précédant la candidature; la prime serait attribuée pour une durée de trois ans. Au terme des 3 ans, nul ne pourrait demander à bénéficier d’une nouvelle prime pour le même motif avant un délai d’un an. Ce délai de carence serait supprimé si la prime est demandée et attribuée pour un motif différent.

Notons que, si le CNU n’est pas décisionnaire concernant la PEDR actuelle, il établit néanmoins une première liste résultant d’évaluations par des pairs compétents sur le domaine du candidat; ce sont ensuite les établissements qui prennent les décisions finales. La procédure en cours d’installation va nécessiter un effort d’évaluation important de la part des établissements, et demander aux CNU de conforter ou de *réprouver* des décisions presque prises. La réprobation sera un nouvel exercice bien délicat pour lui!

## 2 Bilan de la session qualifications

Même si les candidats ont connaissance des deux rapporteurs désignés par le bureau de la section, il est important de préciser que la décision de qualification, ou de refus de qualification, est le fait de la section dans son ensemble, le rôle des rapporteurs étant avant tout de présenter à celle-ci les éléments factuels du dossier, en particulier en liaison avec nos critères de qualification. Les membres du CNU présents ne s’expriment pas sur les dossiers de candidats de leur établissement ni sur les candidats dont ils seraient proches.

Les critères de qualification ne sont pas toujours bien connus des candidats, ceux-ci sont invités à les consulter sur les pages web mentionnées ci-dessus.

Depuis 2018 les candidats déposent leur dossier en ligne et la recevabilité des dossiers est étudiée par le ministère, au fur et à mesure du dépôt des pièces par les candidats et alors que les rapporteurs ont déjà accès au dossier. Plusieurs candidats ont vu leur dossier déclaré irrecevable par le ministère parce qu’il manquait une attestation du diplôme de thèse, *le procès verbal ne suffisant pas* ou, dans le cas de candidats étrangers, du fait de l’absence de traduction du diplôme. Il est à noter qu’une traduction par le candidat lui-même est suffisante. La souplesse dont faisait preuve la section lorsque l’examen de la recevabilité lui incombait n’est plus de mise, et des erreurs parfaitement bénignes ne sont plus

rattrapables (la saisie de décision sur ces dossiers est bloquée par Galaxie).

## 2.1 Qualification aux fonctions de Maître de Conférences

La session de qualification s'est tenue à distance; l'IHP, qui devait accueillir les réunions, était fermé pour raison sanitaire, et n'a pas même été en mesure d'accueillir les quelques membres du bureau élargi présents pour la gestion des fichiers et de la session distancielle.

### Résultats de la session 2020-21.

**Nombre de dossiers :** 425 (contre 450 en 2020). Irrecevables ou non transmis : 48.

Le nombre de dossiers MCF effectivement examinés par la section a été de 377, en baisse par rapport à 2020 (407, et 405 en 2019).

**Hors-section :** 95. Non qualifiés : 38. Qualifiés : 244.

Le pourcentage de dossiers qualifiés parmi les dossiers examinés est de 65% (contre 66% en 2019).

**Critères de qualification.** Deux repères importants sont utilisés dans l'évaluation des dossiers, en particulier pour les candidats dont le parcours ne s'inscrit pas de façon canonique dans les thématiques de la section :

- D'une part l'aptitude à enseigner toutes les mathématiques de licence. Attention, certains candidats omettent complètement la rubrique "enseignement" et son absence totale peut entraîner un refus de qualification. L'enseignement est une partie importante de notre métier, le point doit être mentionné, que ce soit pour faire part d'une expérience, ou pour expliquer pourquoi celle-ci n'a pas pu avoir lieu.
- D'autre part l'activité scientifique, qui dans les domaines d'application des mathématiques ne doit pas se limiter à une description de modèles classiques et une utilisation de méthodes et algorithmes éprouvés.

L'activité de recherche est évaluée à partir : 1) Des travaux de la thèse en particulier à travers les rapports de thèses (ou s'ils n'existent pas tout autre document équivalent attestant de la qualité de la thèse). Pour les candidats titulaires d'un doctorat français récent, il est naturel d'attendre qu'un ou plusieurs membres du jury de thèse, et si possible un des rapporteurs, relèvent de la section du CNU dans laquelle le candidat demande la qualification. 2) Des publications. Si la présence d'une publication dans une revue à comité de lecture n'est pas exigée pour les thèses de l'année, elle représente un élément d'appréciation décisif

pour les thèses plus anciennes. 3) L'évaluation prend aussi en compte l'apport méthodologique en mathématiques, la mise en place de modèles originaux, le développement de nouveaux algorithmes, la validation par des applications réalistes.

L'utilisation d'un outil mathématique standard dans un travail de recherche relevant d'une autre discipline n'est pas considéré comme suffisant à lui seul pour la qualification en Section 26. (C'est en général ce critère qui entraîne le plus de refus de qualification). Les candidats qui s'estiment dans le champ « applications des mathématiques » sont encouragés à ne pas restreindre leurs candidatures de qualification à la 26ème section.

Par ailleurs le CNU s'attend à ce que les exigences précédentes sur l'activité de recherche soient aussi vérifiées sur les deux dernières années en cas de thèses datant de plus de deux ans (ceci est particulièrement examiné en cas de requalification).

Enfin, il est recommandé de rédiger le dossier de candidature en français.

## 2.2 Qualification aux fonctions de Professeur

**Résultats de la session 2020-21.** En ce qui concerne les PR, le nombre de dossiers en 2021 était de 147 (contre 126 en 2019-20); deux rapporteurs ont été attribués à chaque dossier fin novembre, mais la promulgation de la LPR le 24 décembre 2020 (comment se laisser de cette date!), a fait disparaître les dossiers des collègues Maîtres de conférences des Universités titulaires.

Le nombre de dossiers est passé à 49 (52 dont 3 non transmis), parmi lesquels 8 dispenses refusées (il s'agit de dossiers de candidats en poste à l'étranger, sans HDR, dont la section a estimé qu'ils ne correspondaient pas à l'attente pour une HDR de Mathématiques Appliquées). Ainsi 41 dossiers ont été examinés, 38 ont été qualifiés, 1 est non qualifié, 3 ont été classés hors section.

Le pourcentage de dossiers qualifiés est de 78%, le même qu'en 2019.

Le bureau renvoie au compte-rendu de l'an dernier pour les critères de qualification aux fonctions de Professeur. Voir aussi le site [cnu26.emath.fr](http://cnu26.emath.fr) ou celui des CNU (groupe 5).

## 3 Attribution de semestres de congés pour recherche ou conversion thématique

Les semestres de CRCT ont été attribués en Février, lors de la session qualifications. Il y a eu 17 candidats PR et 50 candidats MCF, pour un contingent de

10 semestres à attribuer.

**Liste Principale (3 PR et 7 MCF) :** CARDALIAGUET Pierre - CHAUMONT Loïc  
- CHENAVIER Nicolas - CLUZEAU Thomas - LAMBERT Amaury - MAUGIS-  
RABUSSEAU Cathy - OMER Jérémie - PETCU Madalina - RICHARD Alexandre  
- TINE Léon Matar.

**Liste complémentaire :** 11 : PETITFOUR Edith - 12 : GRAVEJAT Philippe - 13 :  
MANOU ABI Solymmawak - 14 : SOUPLET Philippe - 15 : LOUIS-ROSE  
Carole - 16 : OUVRIER BUFFET Cécile - 17 : LEOVITS Joachim - 18 :  
ANTOINE Xavier - 19 : LIM Thomas - 20 : BESSE Christophe - 21 : AINSEBA  
Bedr Eddine.

L'attribution d'un CRCT nécessite un projet scientifique de qualité, précis et clairement défini. Le CNU privilégie particulièrement les dossiers comportant des séjours scientifiques à l'étranger, des participations à des trimestres thématiques...Le conseil favorise également les candidats qui n'ont pas ou ont peu bénéficié de CRCT ou de délégations dans le passé.

Il est indispensable que les CRCT et délégations passées des candidats soient clairement mentionnés. Dans la constitution des dossiers, il est vivement recommandé d'inclure des copies de pièces à l'appui de ces projets : lettres d'invitation, programme des semestres...

Notons que cette année, la rubrique spéciale apparue l'an dernier pour les demandes, visant à octroyer un CRCT suite à un congé de maternité/paternité, a été maintenue. Cependant les dossiers ont été transmis aux CNU sans information sur un budget spécifique. Vu le faible nombre de semestres à attribuer, le CNU26 les a traités de la même façon que les autres, en comptant que les Universités recevraient ensuite un financement spécifique, dont elles sauraient faire bon usage.

## 4 Promotions

La session « Avancement de grade » s'est tenue en mode hybride les 17, 18 et 19 mai 2021 à l'Université de Paris, Campus Saint-Germain des Prés pour les présents.

Les candidatures se font par voie électronique. Avant l'examen par le CNU les dossiers sont préalablement examinés par les conseils académiques des établissements qui émettent un avis sur les tâches administratives et l'activité d'enseignement des candidats. La section 26 du CNU a maintenu son choix de ne pas mettre d'évaluation sur les dossiers des candidats qu'elle ne propose pas à la promotion. Elle a donc transmis aux établissements l'avis suivant pour les



candidats non promus « La section 26 du CNU ne souhaite pas émettre d'avis sur les candidats qu'elle ne propose pas à la promotion sur le contingent qui lui est attribué ». Pour les membres du CNU, la section indique à l'établissement qu'elle n'examine pas les dossiers de candidature à une promotion émanant de ses membres. Les membres du CNU participant à la session ne s'expriment pas sur les dossiers de candidats de leur établissement ni sur les candidats dont ils seraient (trop) proches.

Chaque dossier est examiné par deux rapporteurs du CNU, désignés par le bureau, après consultation du bureau élargi. Les réunions du bureau se sont tenues à distance. Les rapporteurs ne sont pas les mêmes d'une année sur l'autre (sauf parfois pour nos collègues en didactique, à cause du faible nombre d'experts au sein du CNU26).

Nous attirons l'attention sur les points importants suivants. 1) Le dossier de candidature à une promotion doit contenir un descriptif de l'ensemble de la carrière et **faire apparaître clairement les éléments nouveaux par rapport à la dernière promotion**. 2) En ce qui concerne l'encadrement doctoral, le dossier doit préciser pour chaque encadrement le taux d'encadrement de la thèse, son financement, le devenir du docteur, ses publications. 3) En ce qui concerne les conférences, il doit distinguer les simples participations, posters, conférences invitées, invitations comme conférencier plénier. Clairement, cette rubrique a subi des évolutions depuis deux ans.

De façon générale, chaque élément du dossier doit être décrit de façon suffisamment claire et précise, et lorsque cela est pertinent, par des éléments **chiffrés**, pour permettre sa juste prise en compte par la section.

Le bilan chiffré de la session promotions est résumé dans le tableau suivant :

	MCF HC	MCF EX	PR 1C	PR EX1	PR EX2
Candidats	93	38	74	74	51
dont Candidates	25	14	13	7	8
Promus	27	9	11	14	11
dont Promues	8	4	3	1	2
Agés min et max des promus	39-52	55-63	39-55	43-66	53-60

#### 4.1 Promotions à la hors-classe des MCF

**Liste des promus :** AZZAOUI Nourddine, BEAUGENDRE Héloïse, BENDAHMANE Mostofa, BUSUIOC IFTIMIE Adriana, CHEVALIER Etienne, DAOUIA Abdelaati, DURIEU Olivier, EL ALAOUI LAKHNATI Linda, HOLWECK Fré-

déric, JOULIN Alderic, KNIPPEL Arnaud, KRELL Nathalie, LABART Céline, LAFAYE DE MICHEAUX Pierre, LUCAS Carine, MAMMERI Youcef, PERON Victor, POPIER Alexandre, ROQUAIN Etienne, TEMPIER Frédéric, THIAM Baba, TORDEUX Sébastien, TOULEMONDE Gwladys, VERDIERE Nathalie, VIDAL Alexandre, WEYNANS Lisl, ZINDY Olivier.

Pour les promotions à la hors-classe, le CNU examine l'ensemble de la carrière des candidats. Outre le travail de recherche et l'activité d'enseignement, un investissement particulier dans le domaine pédagogique ou au service de la communauté scientifique est apprécié. Un objectif de ces promotions étant d'offrir une fin de carrière valorisée à des collègues méritants, le CNU est vigilant à une juste répartition des âges des collègues promus.

#### 4.2 Promotions à l'échelon MCF EX

**Liste des promus :** BELMILOUDI Abdelaziz, CLÉMENT Emmanuelle, FORTIER Natalie, FOUCHER Françoise, GIRARDIN Valérie, MAHE Fabrice, NIANG-KEITA N'deye, ROUX Jean-Christophe, SALAM Ahmed.

L'effectif du nouvel échelon doit à terme représenter 10% de l'effectif du corps des MCF ; cet effectif doit être atteint au bout de 7 ans, cette année étant la cinquième. Au terme des 7 années, les promotions proposées résulteront uniquement du flux sortant des promus du corps des MCF, essentiellement par départs en retraites. C'est pourquoi la section a décidé, cette année encore, d'utiliser de façon importante, mais non exclusive, le critère de l'âge pour cette promotion. Ce critère tend à devenir de moins en moins important. Le critère de l'âge a été choisi plutôt que l'ancienneté dans le grade MCF-HC, et a été modulé au vu de l'investissement des candidats dans tous les aspects du métier d'enseignant chercheur.

#### 4.3 Promotions à la première classe des PR

**Liste des promus :** CAPDEBOSCQ Yves, GOUERE Jean-Baptiste, GOZLAN Nataël, GUILLOUX Agathe, HILLAIRET Matthieu, LESOURD CLAUSEL Marianne, MERIGOT Quentin, MOUGEOT LANNOU Mathilde, PANLOUP Fabien, TURPAULT Rodolphe, WINTENBERGER Olivier.

Pour l'examen des promotions à la première classe des Professeurs, le CNU dégage de chaque dossier de candidature les éléments suivants : domaine scientifique, âge et ancienneté comme Professeur, faits marquants de la carrière, distinctions scientifiques, activité scientifique (nombre et qualité des publications,

communications), encadrement doctoral (thèses encadrées et devenir des docteurs), activités éditoriales, direction de projets (type ANR, réseaux européens, GDR...), rapports de thèses ou d'HDR, invitations à l'étranger et dans des conférences internationales, activités et responsabilités pédagogiques, responsabilités diverses (direction d'équipe ou d'établissement, appartenance à différentes commissions...).

Les candidats sont invités à mettre clairement ces éléments en avant dans leur dossier. Le CNU veille à une répartition équilibrée entre les sous-disciplines (analyse des EDP et analyse numérique, calcul scientifique, didactique, optimisation, probabilités, statistiques), ce qui n'exclut pas les dossiers transversaux ou atypiques. Le CNU est attentif à une juste répartition des âges des collègues promus. Etant donné la pression très forte sur ce type de promotion, les candidats qui étaient professeurs depuis au moins trois ans ont été privilégiés. Cette promotion est clairement celle où l'embouteillage est devenu le plus critique.

#### 4.4 Promotions au premier échelon de la classe exceptionnelle des PR

---

**Liste des promus :** BOUCLET Jean-Marc, CADRE Benoit, CARMONA Philippe, COUDIERE Yves, DAMBRINE Marc, DEDECKER Jérôme, DELON Julie, FRANCO Christian, GUESSAB Allal, LEWANDOWSKI Roger, LIU Quansheng, MATHIEU Pierre, OUDET Edouard, ROBERT Frédéric.

Le CNU attend des candidats à une promotion au premier échelon de la classe exceptionnelle qu'ils se soient particulièrement distingués dans les différentes missions d'un professeur des universités, que ce soit par l'excellence de leurs travaux de recherche, ou en jouant un rôle majeur dans la communauté scientifique en termes d'encadrement, de diffusion, et de structuration de la recherche. Le conseil est attentif à une juste répartition des âges des collègues promus et a privilégié les candidats qui étaient professeurs de 1<sup>ère</sup> classe depuis au moins trois ans.

#### 4.5 Promotions au second échelon de la classe exceptionnelle des PR

---

**Liste des promus :** BENZONI GAVAGE Sylvie, BERCU Bernard, BRIANE Marc, DUFOUR François, FRANCOIS Olivier, IOLLO Angelo, NOVOTNY Antonin, PERRIER Valérie, QUINCAMPOIX Marc, RIO Emmanuel, YASSINE Adnan.

Nous avons eu la grande tristesse d'apprendre le décès d'Antonin Novotny peu de temps après cette réunion. La promotion n'aurait dû être effective qu'en septembre prochain. Néanmoins, l'Université de Toulon, sur la foi de notre Procès-Verbal de décision et par égard pour les ayants-droits d'Antonin Novotny, a eu la délicatesse d'accepter de rendre cette promotion effective dès le 1er juin, soit antérieurement à son accident.

Parmi les candidats dont le dossier démontre une activité soutenue dans les différentes missions des professeurs d'université, le critère essentiel pour le changement d'échelon est l'ancienneté dans la classe exceptionnelle. Les candidats à cet échelon sont invités à accorder à leur dossier le soin requis pour permettre aux rapporteurs d'en faire une lecture autonome.

#### 4.6 Promotions hors CNU

Le bilan des promotions locales pour l'année 2021 n'est pas encore disponible. En 2020, il y a eu en promotions locales :

**Promotions MCF Hors classe (15) :** ALILI Smail, ANDREOLETTI Pierre, BARRANDON Matthieu, YAZOURH BENRABAH Ouafae, DE VITTORI Thomas, DOYEN Laurent, DURY Marie-Eliette, LEMAIRE Vincent, DENIS LEPINETTE Emmanuel, MAGHNOUJI Abderrahman, RAHMOUNI Adib, ROUSIER MICHON Violaine, ROUVIERE Laurent, ROZANOVA-PIERRAT Anna, TORKI Mounir.

**Promotions MCF échelon exceptionnel (11) :** AMODEI Luca, BENNANI DOSSE Mohamed, BOUCHON François, CAUDER Nathalie, CHARTON Philippe, DEBRAUX Laurent, MAIRE Sylvain, NUIRO Silvere Paul, ROMON Pascal, SCHMITT Didier, VERNHET Laurent.

**Promotions PR 1ère classe (12) :** ABOUD BLANCHARD Maha, BROUTIN Nicolas, DE SAPORTA Benoite, ALLASSONNIERE DURRLEMAN Stéphanie, GARDES Laurent, LATOUR Alain, LE NY Arnaud, MAINGOT Stéphane, POULLET Pascal, PUEL Marjolaine, THOMANN Laurent, ZANI Marguerite.

**Promotions PR Classe Exceptionnelle, 1er échelon(18) :** AINSEBA Bedr Ed-dine, ALIOUM Amadou, AUSSEL Didier, BERGLUND Nils, CARBOU Gilles, DAUXOIS Jean-Yves, DONATI MARTIN Catherine, ENRIQUEZ Nathanaël, GOUT Christian, MARIN Jean-Michel, MATOUSSI Anis, POMMERET Denys, COULON PRIEUR Clémentine, RAIMOND Olivier, RUIZ-GAZEN Anne, SANTAMBROGIO Filippo, SCHNEIDER Dominique, VOSTRIKOVA JACOD Lioudmila.

**Promotions PR Classe Exceptionnelle, 2ème échelon (9) :** ARNAUDON Marc, DEMENGEL Françoise, GUILLOU Armelle, JOURANI Abderrahim, PRU-D'HOMME Christophe, TRÉLAT Emmanuel, TURINICI Gabriel, VAYATIS Nicolas, ZAMBOTTI Lorenzo.

## 5 Bilan de la session PEDR

Depuis 2014, ce sont les sections du CNU qui évaluent les candidats des établissements souhaitant faire appel au CNU : en 2019, toutes les universités l'avaient fait sauf 4 établissements (Corte, Toulouse 1, Sorbonne Université et l'Ecole pratique des hautes études). Le CNU 26 a dès le début estimé qu'il serait préférable que les PEDR soient évaluées par une commission distincte de celle évaluant les promotions. Hormis la présidente de section, peu de membres du CNU ont participé à la fois à la session promotions et à la session PEDR en 2021.

La session PEDR s'est tenue en présentiel les 3 et 4 juin 2021, à l'Université de Paris, Campus Saint-Germain des Prés (seuls deux collègues MCF étaient à distance le 4 juin).

Chaque section du CNU doit classer les candidats dans trois catégories désignées par les seuls quotas qu'elles représentent : « 20% », « 30 % » et « 50 % ». Ces quotas doivent être respectés dans chaque corps : MCF et PR.

Comme les années précédentes, la section a procédé à un examen séparé des dossiers de candidats ayant candidaté trois fois *consécutives* sans succès à la PEDR. Nous avons à cette fin demandé aux candidats qui étaient dans cette situation de le mentionner explicitement dans leur dossier de candidature. Ces candidats ont été classés dans les catégories 20%, 30% et 50% en fonction des notes intermédiaires uniquement.

Ceci concernait 13 dossiers MCF (sur 177), dont 2 ont été classés dans les 20% et 6 dans les 30%. Parmi les 140 dossiers PR, ceci concernait 14 dossiers : 2 de ces dossiers ont été classés dans les 20%, et 4 en 30%. Les classements ont été figés pour ne plus faire l'objet d'aucun arbitrage ultérieur.

En plus du classement dans une des catégories globales précédentes, chaque candidat se voit attribuer une appréciation A (De la plus grande qualité), B (Satisfait pleinement aux critères), C (Doit être consolidé en vue d'une prime) pour chacune des rubriques **P** : Publications et production scientifique, **E** : Encadrement doctoral et scientifique, **D** : Diffusion des travaux, **R** : Responsabilités scientifiques.

Le classement de chaque candidat dans une des catégories (« 20% », « 30% », « 50% ») et les appréciations de chaque critère sont ensuite transmis aux universités qui décident souverainement de l'attribution éventuelle de primes et de

leur montant. Cette année, les membres du CNU 26 ont été encouragés à prendre connaissance des modalités de décisions des universités des candidates dont ils évaluaient le dossier. Encore une fois, les informations consultables à l'adresse [www.galaxie.enseignementsup-recherche.gouv.fr/ensup/cnu\\_PEDR.htm](http://www.galaxie.enseignementsup-recherche.gouv.fr/ensup/cnu_PEDR.htm) sont variées; mais aussi parfois incomplètes ou obsolètes, ce qui est une infraction à la loi.

L'évaluation est faite sur la période des quatre dernières années. En cas de congé maternité ou de maladie pendant cette période, l'appréciation porte sur les cinq années précédentes (plus s'il y a plusieurs congés dans la période).

## 5.1 Fonctionnement de la section

L'examen des dossiers PEDR a eu lieu sur deux jours au mois de juin. Les membres du CNU présents ne s'expriment pas sur les dossiers de candidats de leur établissement ni sur les candidats dont ils seraient (trop) proches. Le bureau de la section avait nommé deux rapporteurs par dossier dans la spécialité du candidat.

Les notes intermédiaires A, B, C ont été attribuées en tenant compte de l'ancienneté des candidats, par souci d'inclure dans le dispositif de façon équilibrée les enseignants-chercheurs à tous les stades de leur carrière, et de maintenir une certaine attractivité des postes de jeunes enseignants-chercheurs. Ceci conduit à un niveau d'exigence élevé pour les PR2 voire très élevé pour les PR1/PREX. Ce mode de fonctionnement n'est pas généralisé dans les autres sections du CNU.

Le niveau des dossiers déposés est globalement très bon et a conduit à classer dans les 30% plusieurs dossiers de recherche *de tout premier plan* et dans les 50% des dossiers de collègues *très actifs* effectuant bien leur métier selon les quatre critères. Etre classé dans les 50% ne doit donc pas être interprété comme une appréciation négative, d'autant plus que de nombreux dossiers se situant à la limite des 30% sont de niveaux proches, et que donc l'ordre du classement entre eux comporte une part d'arbitraire inévitable.

Soulignons que des MCF récemment recrutés ont obtenu, cette année comme les précédentes, des évaluations « 20% » ou « 30% », car la jeunesse de leur dossier a été prise en compte. Ils ne doivent donc pas hésiter à postuler.

La section a décidé d'attribuer les notes intermédiaires A, B, C sans tenir compte des quotas, afin qu'elles rendent réellement justice à la valeur du dossier dans une catégorie donnée. Cela aboutit naturellement à ce que des dossiers ayant des notes intermédiaires excellentes aient une note globale décevante. C'est le reflet du niveau élevé des dossiers de candidature déposés, et ceci est accentué par le fait qu'une faible proportion de collègues postule.

## 5.2 Résultats de la session

Il y a eu cette année 177 candidats MCF et 140 candidats PR (contre 198 MCF et 126 PR en 2020) : les quotas imposés dans Galaxie par le Ministère étaient donc :

- 35 dans les 20%, 53 dans les 30% et 89 dans les 50% pour les MCF ;
- 28 dans les 20%, 42 dans les 30% et 70 dans les 52% pour les PR.

Sur les 177 candidats MCF il y avait 45 femmes. Il y a eu 8 femmes classées dans les 20% et 14 femmes dans les 30%. Nous avons remarqué une baisse importante du nombre de femmes candidates en 2021 (il y en avait 71 pour 198 candidats en 2020), comment ne pas relier cela à la pandémie...

Sur les 140 candidats PR il y avait 19 femmes. Il y a eu 3 femmes classées dans les 20% et 8 femmes dans les 30%.

Il est important de noter qu'un congé de maternité pendant les 4 années précédant la candidature *conduit à prendre en compte l'activité sur une période de 5 ans au lieu de 4*. Les candidates **doivent en tenir compte dans la constitution de leur dossier**.

## 5.3 Recommandations aux candidats

Le CNU 26 a rendu public sur le site du CNU [www.cpcnu.fr/web/section-26](http://www.cpcnu.fr/web/section-26) et sur le site [cnu26.emath.fr/](http://cnu26.emath.fr/) des conseils aux candidats. En particulier il était précisé comment il serait tenu compte des rubriques **P**, **E**, **D** et **R**.

Ces quatre rubriques sont évaluées de manière différenciée suivant que le candidat appartient à l'une des trois catégories suivantes : MCF, PR2 ou PR1-PREX, et selon l'ancienneté du candidat dans sa catégorie. Pour les maîtres de conférences récemment nommés les rubriques encadrement doctoral et responsabilités scientifiques n'ont en général pas grand sens. Cependant, la présence d'éléments comme les encadrements de M2, co-encadrements de thèse, responsabilité d'un séminaire...sera un élément crucial d'appréciation pour certains jeunes MCF particulièrement actifs. De manière générale, pour les jeunes MCF, l'autonomie acquise par rapport au directeur/travaux de thèse est un élément d'appréciation important.

Les rubriques encadrement doctoral (**E**) et responsabilités scientifiques (**R**) sont particulièrement prises en compte pour les professeurs. L'absence de responsabilité administrative ou d'encadrement doctoral dans le dossier d'un PR2 et surtout d'un PR1-PREX est une anomalie qui peut éventuellement être compensée par une activité scientifique particulièrement brillante. Il est anormal qu'un PR ne prenne pas sa part d'activités administratives, la même analyse sera appliquée aux MCF « expérimentés »(recrutés depuis au moins 6 ans).

Comme dans le cas des dossiers de promotion, nous attirons l'attention sur les points suivants : 1) En ce qui concerne l'encadrement doctoral, le dossier doit préciser pour chaque encadrement le taux d'encadrement de la thèse, son financement, le devenir du docteur, ses publications. 2) En ce qui concerne les conférences, il doit distinguer les simples participations, posters, conférences invitées, invitations comme conférencier plénier.

De façon générale, chaque élément du dossier doit être décrit de façon suffisamment claire et précise, et lorsque cela est pertinent par des éléments chiffrés, pour permettre sa juste prise en compte par la section.

## Conclusion

---

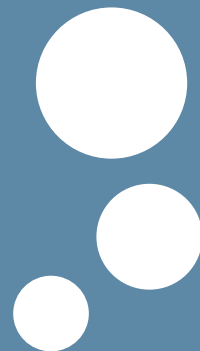
Cette deuxième année s'est encore déroulée dans des conditions difficiles et très évolutives, mais l'ensemble des principes hérités du précédent CNU ont été respectés.

Cependant, les menaces sur les missions nationales des CNU s'accumulent. La qualification des Professeurs peut être considérée comme un détail, mais les modalités de sa suppression ont été pour le moins cavalières et le signe d'un manque de considération pour les CNU de la part de certains. C'est regrettable, car les CNU travaillent en marge des tensions locales et en suivant des principes de déontologie et d'équité que leur statut national lui permet. Le partage des promotions à 50% entre les CNU et les universités n'est pas un obstacle à l'autonomie de ces dernières mais un élément national de nos statuts et une reconnaissance par les pairs dotée d'une valeur spécifique. C'est une capacité de prise de recul salvatrice et une garantie de notre liberté académique et de pensée; supprimer cette possibilité d'avancement ne permettra pas de donner plus de ressort à la recherche, au contraire.

Les fondements du fonctionnement du CNU sont la collégialité et la transparence, assurée par la publication de critères précis et de bilans. Il est également important que les collègues le perçoivent comme une institution proche d'eux. Les collègues souhaitant un retour sur l'examen de leur cas par la section, soit qu'il en contestent le résultat, soit qu'ils souhaitent des conseils personnalisés pour une candidature future, peuvent écrire à la présidente ou à un des vice-présidents.



# Analyse mathématique des Volumes Finis



par :

Robert EYMARD<sup>1</sup> — Université Gustave Eiffel  
Thierry GALLOUËT<sup>2</sup> — Université d'Aix-Marseille  
Raphaèle HERBIN<sup>3</sup> — Université d'Aix-Marseille  
Jean-Claude LATCHÉ<sup>4</sup> — IRSN Cadarache

## UNE ITINÉRANCE MÉMORIELLE

Il y a presque exactement trente ans, dans le bulletin Matapli 28, en 1991, paraissait un article intitulé *Des mathématiciens découvrent les volumes finis* [12]. Dans cet article, on expliquait pourquoi les méthodes habituelles de convergence utilisées pour les différences finies ne fonctionnent pas pour les volumes finis, même pour des problèmes très simples, linéaires et unidimensionnels, et on présentait quelques outils, plus ou moins aboutis, pour leur analyse. Depuis cette période, la popularité de la méthode des volumes finis n'a fait qu'aller croissante, donnant naissance à des manifestations scientifiques ainsi qu'à une littérature, dans un premier temps spécifique.

Ainsi, en 1996, Fayssal Benkhaldoun organisait à Rouen le premier d'une série de congrès « FVCA » : Finite Volume for Complex Applications; depuis, ce congrès a lieu tous les trois ans, et attire de nombreux mécaniciens et numériciens. La dernière occurrence a eu lieu en 2020 en Norvège, en ligne en raison de la covid19 : [inspire.norceresearch.no/fvca9/-overview](https://inspire.norceresearch.no/fvca9/-overview).

En 2002, Fayssal créait IJFV « *International Journal on Finite Volumes* »<sup>5</sup>. Ce journal, créé au départ plutôt pour les applications, s'est également révélé utile

1. [robert.eynard@univ-eiffel.fr](mailto:robert.eynard@univ-eiffel.fr)

2. [thierry.gallouet@univ-amu.fr](mailto:thierry.gallouet@univ-amu.fr)

3. [raphaele.herbin@univ-amu.fr](mailto:raphaele.herbin@univ-amu.fr)

4. [jean-claude.latche@irsn.fr](mailto:jean-claude.latche@irsn.fr)

5. Voir [ijfv.math.cnrs.fr/](http://ijfv.math.cnrs.fr/)

aux analystes numériques; en effet, à l'époque, il était très difficile pour les mathématiciens intéressés par les volumes finis de publier leurs articles dans les journaux habituels. Cela tenait essentiellement à une réticence qui a longtemps perduré à admettre que ces méthodes, développées au départ par des ingénieurs (mais c'est pourtant aussi le cas de la méthode des éléments finis...) pouvait avoir un fond mathématique solide. De plus, l'appellation traditionnelle des schémas efficaces dans la littérature hyperbolique était « conservative finite differences », et dans l'ingénierie pétrolière « finite differences », le terme « finite volumes » étant employé surtout en mécanique. D'ailleurs il n'apparaît que dans les rubriques 74S10 (Mechanics of deformable solids) et 76M12 (Fluid mechanics) dans la classification AMS MSC2000; il faut attendre 2010 pour que ce terme apparaisse dans la rubrique 65 ' Numerical analysis" (65Mo8, 65No8). Le fait est qu'aujourd'hui, il est beaucoup plus facile de faire publier un article sur les volumes finis dans n'importe quelle revue d'analyse numérique ou de calcul scientifique qu'à l'époque, et que le flux de soumissions à IJFV s'est peu à peu tari. C'est peut-être pour ces raisons, que, presque 20 ans après sa création, la parution de la revue s'est interrompue; IJFV repose maintenant en paix dans son repository [ijfv.math.cnrs.fr](http://ijfv.math.cnrs.fr)<sup>6</sup>.

À cette occasion, il nous a semblé intéressant de revisiter, dans sa revue d'origine, l'article de 1991; nous essayons donc ici de faire un résumé historique (et forcément très partiel et partial) des notions introduites pour l'analyse mathématique de la méthode des volumes finis (MVF), en nous focalisant sur les notions cruciales qui en ont permis le développement, et en précisant en quoi elles diffèrent assez profondément de celles utilisées par l'analyse de la méthode des différences finies (MDF). Nous montrons ainsi dans le premier paragraphe ci-dessous que le célèbre théorème de Lax-Richtmyer développé pour les schémas linéaires de différences finies ne donne pas de réponse adéquate, même pour un schéma volumes finis linéaire. Nous nous intéressons ensuite au théorème de Lax-Wendroff qui donne deux outils fondamentaux pour l'analyse des schémas VF et nous récapitulons les principales étapes des preuves de convergence des schémas établies dans les années 90. Nous étendons enfin le théorème de Lax-Wendroff au cas des maillages décalés et montrons comment il peut être utilisé pour le célèbre schéma MAC en mécanique des fluides.

L'essentiel de ce qui suit est une version française d'un article [11] qui nous a été demandé par des collègues mécaniciens, non encore publié.

---

6. Un grand merci à Gérard Henry pour la gestion du site.

## 1 La méthode des différences finies et le théorème de Lax-Richtmyer

Dans les ouvrages classiques d'analyse numérique, on nous apprend que, pour montrer la convergence d'un schéma aux différences finies, il faut montrer sa stabilité et sa consistance. Le résultat fondateur à cet égard est le théorème de Lax–Richtmyer [26] dû à P.D. Lax, qui l'a exposé lors d'un séminaire à NYU en 1954. Ce théorème, aussi appelé « Lax equivalence theorem » peut se résumer comme suit (voir par exemple [30, Theorem 1.5.1]) :

### THÉORÈME 1 : LAX-RICHTMYER

Considérons une équation aux dérivées partielles (EDP) linéaire pour laquelle le problème de Cauchy est bien posé, et un schéma de différences finies consistant pour son approximation; alors ce schéma est convergent si et seulement s'il est stable.

Dans certains articles et manuels (voir par exemple [28, p. 142]), peut-être à cause du nom « théorème d'équivalence de Lax », et parce que sont considérés seulement des maillages uniformes, le théorème de Lax–Richtmyer est remplacé par l'équivalence

$$\text{« consistance + stabilité } \iff \text{ convergence »} \quad (1)$$

Cependant, le théorème 1 n'énonce pas l'équivalence (1), qui, de fait, n'est pas vraie dans le cas général d'une EDP discrétisée avec un pas de discrétisation en espace non constant, même dans le cas linéaire. A titre d'exemple, considérons l'approximation sur  $\mathbb{R} \times ]0, T[$  (où  $T > 0$  est le temps final) de l'équation de transport linéaire

$$\partial_t u(x, t) + \partial_x (au)(x, t) = 0, \quad x \in \mathbb{R}, \quad t \in ]0, T[, \quad (2)$$

$$u(x, 0) = u_{\text{ini}}(x), \quad x \in \mathbb{R}, \quad (3)$$

avec  $a > 0$  donné,  $u_{\text{ini}} \in C_c^\infty(\mathbb{R}, \mathbb{R})$ , et où  $\partial_t$  (resp.  $\partial_x$ ) désigne la dérivée partielle en temps (resp. en espace). Soit  $\bar{u}(x, t) = u_{\text{ini}}(x - at)$  l'unique solution exacte de ce problème. La MDF appliquée à (3) est classiquement définie en choisissant une suite strictement croissante  $(x_i)_{i \in \mathbb{Z}}$  de nombres réels, telle que  $h := \max_{i \in \mathbb{Z}} (x_{i+1} - x_i) < \infty$  et  $\underline{h} = \min_{i \in \mathbb{Z}} (x_{i+1} - x_i) > 0$ , et un pas de temps  $\delta t = T/N$ , pour  $N \in \mathbb{N}$  avec  $N > 1$  (on considère ici un pas de temps constant pour simplifier). Les données initiales sont discrétisées en fixant  $u_i^0 = u_{\text{ini}}(x_i)$ ,  $i \in \mathbb{Z}$ ; Pour des raisons de stabilité, l'approximation de  $\partial_x u$  au point  $x_i$  est décentrée amont, de sorte que le schéma DF s'écrit

$$\frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\delta t} + a \frac{u_i^n - u_{i-1}^n}{h_{i-1/2}} = 0 \text{ for any } i \in \mathbb{Z} \text{ and } n \in \llbracket 0, N-1 \rrbracket, \quad (4)$$

avec  $h_{i-1/2} = x_i - x_{i-1}$ .

Dans ce contexte, la définition des termes *consistance*, *stabilité* et *convergence* est la suivante :

■ *Consistance* : elle requiert deux conditions :

— la consistance de la discrétisation de la condition initiale, à savoir

$$\max_{i \in \mathbb{Z}} |u_i^0 - u_{\text{ini}}(x_i)| \rightarrow 0 \text{ lorsque } h \rightarrow 0,$$

— la consistance de la discrétisation de l'EDP (2) qui s'écrit (avec  $t_n = n\delta t$ ) :

$$\max_{\substack{i \in \mathbb{Z} \\ n \in \llbracket 0, N-1 \rrbracket}} \left| \frac{u(x_i, t_{n+1}) - u(x_i, t_n)}{\delta t} + a \frac{u(x_i, t_n) - u(x_{i-1}^n, t_n)}{h_{i-1/2}} \right| \rightarrow 0,$$

lorsque  $h \rightarrow 0$  et  $\delta t \rightarrow 0$ .

■ *Stabilité* : Il existe  $C \in \mathbb{R}_+^*$  ne dépendant que de  $u_{\text{ini}}$  et de  $a$  (et donc pas de  $h$  ni de  $\delta t$ ) tel que

$$\max_{\substack{i \in \mathbb{Z} \\ n \in \llbracket 0, N \rrbracket}} |u_i^n| \leq C.$$

■ *Convergence* :  $\max_{i \in \mathbb{Z}, n \in \llbracket 0, N \rrbracket} |u_i^n - u(x_i, t_n)| \rightarrow 0$  lorsque  $h \rightarrow 0$ .

Considérons maintenant une variante du schéma (4) obtenue en remplaçant  $h_{i-1/2}$  par  $h_i = \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{2}$  dans (4) :

$$\frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\delta t} + a \frac{u_i^n - u_{i-1}^n}{h_i} = 0, \quad i \in \mathbb{Z} \quad n \in \llbracket 0, N-1 \rrbracket, \quad (5)$$

Dans le cas particulier où  $x_{2k+1} - x_{2k} = h/2$  et  $x_{2k+2} - x_{2k+1} = h$  pour tous les  $k \in \mathbb{Z}$ , on obtient que  $h_i = \frac{3}{4}h$  pour tous les  $i \in \mathbb{Z}$  et on perd donc la consistance. Par conséquent, si l'équivalence (1) était vraie, le schéma ne serait pas convergent au sens ci-dessus. Et pourtant il converge ! En effet, en notant  $\tilde{u}_i^n$  la solution du schéma DF construit à partir des points  $\tilde{x}_i = \frac{x_i + x_{i+1}}{2}$ , le schéma (5) est formellement le même que (4) écrit avec  $(\tilde{u}_i^n, \tilde{x}_i)$  au lieu de  $(u_i^n, x_i)$ , puisque  $\tilde{h}_{i-1/2} := \tilde{x}_i - \tilde{x}_{i-1} = h_i$ . Par le principe du maximum discret, on obtient que

$$\max_{\substack{i \in \mathbb{Z} \\ n \in \llbracket 0, N \rrbracket}} |\tilde{u}_i^n - u_i^n| \leq h \max |u'_{\text{ini}}|,$$

ce qui implique que

$$\max_{\substack{i \in \mathbb{Z} \\ n \in \llbracket 0, N \rrbracket}} |u_i^n - u(x_i, t_n)| \leq 2h \max |u'_{\text{ini}}| + \max_{i \in \mathbb{Z}, n \in \{0, \dots, N\}} |\tilde{u}_i^n - u(\tilde{x}_i, t_n)|,$$

ce qui prouve la convergence du schéma. Cet exemple montre que d'une part le sens  $\Leftarrow$  de (1) n'est pas vrai, et que d'autre part le théorème de Lax–Richtmyer ne peut pas être appliqué directement pour obtenir la convergence d'un tel schéma, puisque le schéma n'est pas consistant au sens défini ci-dessus. En fait, le schéma (5) est le schéma volumes-finis 1D décentré amont avec comme volumes de contrôle  $]\frac{x_{i-1}+x_i}{2}, \frac{x_i+x_{i+1}}{2}[$ , comme on le montre dans la suite. Notons que

- Dans le schéma (4), l'approximation de la dérivée partielle  $\partial_x u$  est décentrée amont.
- Dans le schéma (5), c'est l'approximation de l'inconnue  $u$  elle-même qui est décentrée amont.

Notons que l'équivalence (1) peut aussi être mise en défaut dans le cas d'un opérateur elliptique, voir l'exemple d'un maillage 1D non uniforme dans [12] ou [10, section 5.2].

Pour l'analyse de tels schémas, des notions nouvelles doivent être introduites, et il semble que ce soit Peter D. Lax qui les ait identifiées le premier, en collaboration avec B. Wendroff.

## 2 La méthode des volumes finis et le théorème de Lax–Wendroff

Dans un article très célèbre de 1960, P.D. Lax et B. Wendroff [27] considèrent des schémas de discrétisation pour les systèmes hyperboliques non linéaires de lois de conservation et montrent que si un schéma conservatif et avec des flux consistants (en un sens qu'ils définissent, voir paragraphe 2.2), converge fortement et de manière bornée vers une limite, alors cette limite est nécessairement une solution faible du système. Nous appelons cette propriété *consistance au sens de Lax–Wendroff* ou *LW-consistance*. Les notions de **consistance de flux** et de **conservativité de flux** mises en évidence dans [27] sont véritablement fondamentales pour l'analyse de convergence de la MVF pour les équations hyperboliques considérées dans [27], même si le théorème lui-même n'est pas utilisé dans la preuve de convergence. Ces notions sont d'ailleurs également cruciales pour l'analyse de la MVF appliquée aux équations de conservation elliptiques et paraboliques. Pour expliquer ces termes, on considère, toujours dans le cas 1D,

une loi de conservation sur tout l'espace  $\mathbb{R}$  et sur un intervalle de temps  $]0, T[$  avec  $0 < T < +\infty$  :

$$\partial_t u(x, t) + \partial_x F(x, t) = 0, \quad x \in \mathbb{R}, \quad t \in ]0, T[, \quad (6)$$

où  $F$  est une fonction réelle dans le cas 1D dépendant uniquement de  $x$  et  $t$  par l'inconnue  $u$ . On se donne de plus une condition initiale. Des exemples simples d'une telle loi de conservation comprennent

- l'équation de transport  $F(x, t) = au(x, t)$  (équation hyperbolique linéaire, introduite dans la section précédente),
- l'équation de la chaleur  $F(x, t) = -\partial_x u(x, t)$  (équation parabolique linéaire),
- l'équation de Burgers  $F(x, t) = u^2(x, t)$  (équation hyperbolique non linéaire),
- l'équation des milieux poreux  $F(x, t) = -\partial_x u^p(x, t)$ ,  $p > 1$  (équation parabolique non linéaire).

La MVF consiste à approximer la forme intégrale de la loi de conservation, c'est-à-dire le bilan sur le rectangle espace-temps  $]x, x + \delta x[ \times ]t, t + \delta t[$  (pour  $\delta x > 0$  et  $\delta t > 0$  donnés), plutôt que l'EDP elle-même (cela correspond d'ailleurs à la façon dont une telle équation est obtenue à partir des principes de conservation physique). La forme intégrale relative à la forme différentielle (6) d'une loi de conservation s'écrit

$$\int_x^{x+\delta x} (u(x, t + \delta t) - u(x, t)) \, dx + \int_t^{t+\delta t} (F(x + \delta x, t) - F(x, t)) \, dt = 0. \quad (7)$$

Soit  $(]x_{i-1/2}, x_{i+1/2}[)_{i \in \mathbb{Z}}$  une famille d'intervalles de  $\mathbb{R}$  (appelés aussi volumes de contrôle ou mailles), avec  $x_{i-1/2} < x_{i+1/2}$  et telle que  $\cup_{i \in \mathbb{Z}} ]x_{i-1/2}, x_{i+1/2}[ = \mathbb{R}$ , et soit  $\delta t = T/N$ ,  $N > 1$  (le pas de temps pourrait être pris non constant). Soit  $x_i$  un point choisi dans la cellule  $]x_{i-1/2}, x_{i+1/2}[$ ; le choix de ce point est contraint par la propriété de consistance du flux dans le cas de problèmes elliptiques ou paraboliques, mais pas dans le cas hyperbolique, contrairement à la consistance DF au sens de la section précédente. On introduit des inconnues discrètes,  $\{u_i^n, i \in \mathbb{Z}, n \in \{0, \dots, N\}\}$ , et on cherche des équations satisfaites par ces inconnues discrètes de manière à ce que ces dernières soient des bonnes approximations de  $u(x_i, t_n)$  avec  $t_n = n\delta t$ . La forme intégrale (7) est écrite sur chaque volume de contrôle  $]x_{i-1/2}, x_{i+1/2}[$  et sur chaque intervalle de temps  $]t_n, t_{n+1}[$ , conduisant au schéma VF suivant (avec un schéma explicite en temps par souci de simplicité) :

$$h_i \frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\delta t} + F_{i+\frac{1}{2}}^n - F_{i-\frac{1}{2}}^n = 0 \quad \text{pour chaque } i \in \mathbb{Z} \text{ et } n \in \llbracket 0, N-1 \rrbracket, \quad (8)$$

où  $h_i = x_{i+\frac{1}{2}} - x_{i-\frac{1}{2}}$ , et  $F_{i+\frac{1}{2}}^n$  est le flux numérique, qui sera exprimé en fonction des inconnues discrètes pour donner une approximation numérique de  $\mathbb{F}(x_{i+\frac{1}{2}}, t_n)$ . Remarquons que  $F_{i+\frac{1}{2}}^n$  est le flux numérique sortant de  $]x_{i-\frac{1}{2}}, x_{i+\frac{1}{2}}[$  vers la droite et son opposé est le flux numérique sortant de  $]x_{i+\frac{1}{2}}, x_{i+\frac{3}{2}}[$  vers la gauche : cela copie la situation du flux exact  $\mathbb{F}(x_{i+\frac{1}{2}}, t_n)$ . C'est la propriété bien connue de « *conservativité locale* » ou « *conservativité du flux* », qui est importante dans les applications physiques, mais aussi fondamentale dans l'analyse mathématique de la MVF. En effet, c'est grâce à cette propriété que l'on peut espérer prouver les propriétés de convergence de la méthode, tant pour les équations de type elliptique ou parabolique que pour les équations hyperboliques, malgré la perte de consistance au sens DF que nous avons constatée dans le paragraphe précédent.

## 2.1 Conservativité du flux

L'écriture du schéma VF en une dimension d'espace assure naturellement la conservativité du flux numérique, puisqu'un seul flux  $F_{i+\frac{1}{2}}^n$  est défini à l'interface  $x_{i+\frac{1}{2}}$ . Dans un cadre multidimensionnel ( $d = 2$  ou  $3$ ), l'EDP (6) s'écrit  $\partial_t u + \operatorname{div} \mathbb{F} = 0$ , où  $\mathbb{F}$  est une fonction vectorielle de  $x$  et  $t$  et  $\operatorname{div}$  l'opérateur de divergence spatiale. Le schéma (8) est maintenant écrit pour un volume de contrôle  $K$  :

$$|K| \frac{u_K^{n+1} - u_K^n}{\delta t} + \sum_{\sigma \subset \partial K} |\sigma| F_{K,\sigma}^n = 0, \quad n \in \llbracket 0, N-1 \rrbracket, \quad (9)$$

où  $|K|$  (resp.  $|\sigma|$ ) est le volume ou la surface de  $K$  (resp. la surface ou la longueur de  $|\sigma|$ ) et  $|\sigma| F_{K,\sigma}^n$  est le flux numérique sortant de  $K$  par la face  $\sigma$ ; c'est une approximation du flux normal sortant  $\int_{\sigma} \mathbb{F}(x, t_n) \cdot \mathbf{n}_{K,\sigma}$  (où  $\mathbf{n}_{K,\sigma}$  est le vecteur normal à  $\sigma$  issu de  $K$ ), qui s'exprime en termes d'inconnues discrètes  $(u_M^n)_{M \in \mathcal{M}}$  (avec  $\mathcal{M}$  l'ensemble des volumes de contrôle du maillage) :

$$F_{K,\sigma}^n = \mathcal{F}_{K,\sigma}^n((u_M^n)_{M \in \mathcal{M}}).$$

En 2D ou 3D, le flux numérique est défini de part et d'autre de l'interface  $\sigma$ . Supposons que l'interface  $\sigma$  sépare les volumes de contrôle  $K$  et  $L$ , que nous écrivons comme  $\sigma = K|L$ ; alors la conservativité du flux s'écrit

$$F_{K,\sigma}^n = -F_{L,\sigma}^n. \quad (10)$$

## 2.2 Consistance des flux

Revenons au cas 1D, pour faciliter les notations. Le flux numérique est dit consistant si, pour une suite de discrétisations espace-temps indexée par  $m$  et telle que  $h^{(m)} \rightarrow 0$  et  $\delta t^{(m)} \rightarrow 0$  lorsque  $m \rightarrow +\infty$ , on a

$$\max_{\substack{i \in \mathbb{Z} \\ n \in \llbracket 0, N-1 \rrbracket}} \left| \mathbb{F}(x_{i+1/2}, t_n) - \tilde{F}_{i+1/2}^n \right| \rightarrow 0 \text{ lorsque } m \rightarrow +\infty,$$

où  $\tilde{F}_{i+1/2}^n$  est la quantité obtenue à partir de  $F_{i+1/2}^n$  en remplaçant les inconnues discrètes par les valeurs d'une fonction régulière  $u$  :

$$\tilde{F}_{i+1/2}^n = \mathcal{F}_{i+1/2}^n \left( (u(x_i, t_n))_{i \in \mathbb{Z}} \right).$$

Dans le contexte des équations hyperboliques non linéaires, on a  $\mathbb{F}(x_{i+1/2}, t_n) = f(u(x_{i+1/2}, t_n))$  avec  $f \in C(\mathbb{R}, \mathbb{R})$ ; cette définition de consistance est équivalente à la notion habituelle de consistance introduite par Lax (écrite ici pour un schéma en deux points) :

$$\mathcal{F}_{i+1/2}^n(u, u) = f(u)$$

dès que l'on suppose que  $\mathcal{F}_{i+1/2}^n$  est une fonction lipschitzienne, ou au moins, "lip-diag" voir [14, Remarque 5.2]. Dans le contexte de l'équation de la chaleur ( $F(u) = -\nabla u$ ), le flux numérique

$$F_{i+1/2}^n = \mathcal{F}_{i+1/2}^n(u_i^n, u_{i+1}^n) = -\frac{u_{i+1}^n - u_i^n}{h_{i+1/2}} \text{ avec } h_{i+1/2} = x_{i+1} - x_i, \quad (11)$$

est consistant dans le sens ci-dessus, puisque, pour une fonction régulière  $u$ ,

$$\mathbb{F}(x_{i+1/2}, t_n) = -\partial_x u(x_{i+1/2}, t_n)$$

et

$$\begin{aligned} \tilde{F}_{i+1/2}^n(u(x_i, t_n), u(x_{i+1}, t_n)) &= -\frac{u(x_{i+1}, t_n) - u(x_i, t_n)}{h_{i+1/2}} \\ &= -\partial_x u(x_{i+1/2}, t_n) - h_{i+1/2} \partial_{xx}^2 u(c_i, t_n), \quad c_i \in ]x_i, x_{i+1}[. \end{aligned}$$

On remarque que, dans ce cas, le flux dépend du choix des points  $x_i$ .



### 3 Stabilité, compacité, convergence

#### 3.1 Stabilité.

Il existe différentes définitions de la stabilité d'un schéma numérique. La notion qui présente un intérêt dans le cadre de la convergence d'un schéma numérique pour une EDP générale, éventuellement non linéaire, est une estimation sur les solutions approchées, indépendante des pas de discrétisation. Par exemple, la stabilité  $L^\infty$  d'un schéma DF pour une équation elliptique linéaire peut être obtenue en écrivant le schéma sous forme matricielle et en obtenant une borne de la norme infinie de l'inverse de cette matrice. Même si les solutions approchées VF sont constantes par morceaux, les estimations sont obtenues dans une norme qui est en relation étroite avec celle que l'on utilise pour les estimations sur les solutions du problème continu, et qui dépend bien entendu du problème considéré ; la notion de stabilité dans la MVF est donc liée à la stabilité du problème continu. Prenons deux exemples :

- *l'équation de la chaleur* sur  $[0, 1]$  avec des conditions de Dirichlet homogènes : la norme naturelle pour le problème continu est  $L^2(H_0^1)$ , et la norme discrète associée correspondant au choix (11) est  $L^2(H_{0,d}^1)$  avec

$$\|u\|_{H_{0,d}^1} = \left( \sum_{i=0}^M h_{i+1/2} \left( \frac{u_{i+1} - u_i}{h_{i+1/2}} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}},$$

où  $M$  est le nombre de volumes de contrôle et  $u_0 = u_{M+1} = 0$  et avec  $h_{i+1/2} = x_{i+1} - x_i$ . On note  $u$  la solution faible de l'équation de la chaleur et  $u_{\text{app}}$  la solution du schéma implicite en temps (les schémas implicites sont un choix naturel pour les équations paraboliques pour éviter une condition de type  $\delta t \leq Ch^2$ ). La fonction  $u_{\text{app}}$  est une fonction constante par morceaux qui est égale à  $u_i^n$  sur  $]x_{i-1/2}, x_{i+1/2}[ \times ]t_n, t_{n+1}[$ . Dans le cadre de l'EDP continue, une estimation  $L^2(H_0^1)$  sur  $u$  est obtenue en prenant  $u$  comme fonction test dans la formulation faible de l'équation de la chaleur, et en l'intégrant par parties. De même, l'estimation  $L^2(H_{0,d}^1)$  sur  $u_{\text{app}}$  est obtenue en multipliant la  $i$ -ème équation discrète par  $\delta t u_i^n$ , en sommant sur  $i$  et  $n$  et en effectuant des intégrations discrètes par parties (obtenues par des changements d'indice dans les sommes). Il s'ensuit alors une estimation  $L^2(L^2)$  sur les solutions approchées, grâce à une inégalité de Poincaré discrète [10, Lemme 9.1].

- *l'équation de transport* sur  $\mathbb{R}^n$ , avec la condition initiale  $u_{\text{ini}} \in L^\infty$  : la norme naturelle pour le problème continu est  $L^\infty$ . Il est classique et facile de mon-

trer que le schéma (8), avec le flux décentré amont  $F_{i+1/2} = au_i$ , est stable, voir par exemple [10, Lemme 20.1], sous une condition CFL (pour Courant Friedrichs Lewy, [5]).

### 3.2 Le cas linéaire : stabilité + conservativité + consistance des flux $\implies$ convergence

La convergence pour les opérateurs linéaires est souvent obtenue par des estimations d'erreur (la même technique que dans la preuve de stabilité est appliquée à l'erreur entre la solution approchée et une interpolée de la solution exacte); l'analyse de compacité des suites de solutions approchées est une autre voie, qui prouve aussi l'existence d'une solution au problème continu (voir [5] pour un article fondateur sur ce type de preuve). Détaillons cette seconde approche, qui s'étend aux opérateurs non linéaires. Considérons une suite de solutions approchées, sur des mailles dont les pas d'espace et de temps tendent vers 0. Le principe général de preuve de convergence est alors le suivant. Grâce à la stabilité, une estimation uniforme (par rapport aux paramètres de discrétisation) sur les solutions approchées est obtenue dans un espace de Lebesgue, et il existe donc une sous-suite de cette suite qui converge faiblement (ou  $\star$ -faiblement) en ce même espace de Lebesgue. Chaque équation du schéma est ensuite multipliée par l'interpolée d'une fonction test régulière et par le pas de temps; en sommant toutes ces équations sur les indices de temps et d'espace, en intégrant ensuite par parties (grâce à la conservativité des flux), on déplace les dérivées discrètes des inconnues discrètes vers la fonction test régulière (la consistance des flux qui est utilisée sur les fonctions test est donc celle donnée par l'opérateur discret dual). Le problème étant linéaire, la convergence faible des solutions approchées suffit pour passer à la limite dans tous les termes. Les cas elliptique/parabolique et hyperbolique présentent, lors de cette étape, des difficultés différentes.

**Cas elliptique ou parabolique.** Le passage à la limite peut être effectué grâce à la consistance du flux, voir par ex. [10, Théorème 8.1] pour le cas 1D. Dans le cas multidimensionnel, la consistance du flux pour l'équation de la chaleur (opérateur de Laplace) est obtenue pour des maillages respectant une condition d'orthogonalité [10, Définition 9.1]. Dans ce cas, la matrice résultante est symétrique et la consistance du flux est identique à celle donnée par l'opérateur dual discret. Les opérateurs anisotropes et les maillages généraux ont fait l'objet de différents travaux au cours des deux dernières décennies, nous renvoyons à [8] pour une revue de ces méthodes, plusieurs d'entre elles conduisant à des ma-

trices non symétriques. Dans ce dernier cas, on peut soit prouver la convergence par une estimation d'erreur, en utilisant la consistance de flux de l'opérateur discret primal, soit par une méthode de compacité, en utilisant la consistance de flux de l'opérateur discret dual, c'est-à-dire sur les fonctions de test. Dans les deux cas, la principale difficulté est d'établir la stabilité du schéma.

**Cas hyperbolique.** Pour des raisons de stabilité, le flux numérique est décentré amont et introduit un terme d'erreur dont on doit montrer qu'il tend vers 0. Ce terme est une somme des produits des différences des valeurs des solutions dans les cellules voisines par des dérivées discrètes de la fonction test. Sur des maillages cartésiens uniformes ou non uniformes 1D ou multiD, si  $u_{ini} \in L^\infty \cap BV$  ( $BV$  est l'espace des fonctions à variation bornée, un argument supplémentaire est utilisé pour traiter le cas  $u_{ini} \in L^\infty$ ); ce terme tend vers 0 grâce à une estimation  $BV$  uniforme sur les solutions approchées (et sur la solution continue), voir [25, 6] qui considère le cas non linéaire; cette preuve utilise le caractère « TVD » (*Total Variation Diminishing*) des schémas monotones [19].

Malheureusement, dans le cas d'un maillage non structuré en multiD, même pour une équation linéaire, même si  $u_{ini} \in L^\infty \cap BV$ , on peut montrer que le schéma décentré amont n'est pas TVD; un contre-exemple est donné dans [3]. Une estimation « BV faible » (*i.e.* dans une norme d'expression semblable à une norme de Sobolev discrète, mais avec des sauts pondérés et surtout multipliée par une puissance du pas d'espace) basée sur la diffusion numérique du schéma  $y$  est établie afin de prouver la convergence.

Remarquons que le théorème de Lax–Wendroff n'est pas utilisé directement dans la preuve de convergence, ni dans le cas hyperbolique, ni dans le cas parabolique. En effet,

- dans le cas hyperbolique, les solutions approchées ne convergent que faiblement, alors que le théorème de Lax–Wendroff suppose une convergence forte,
- dans le cas parabolique, la fonction de flux continu ne peut pas être appliquée aux solutions approchées.

Néanmoins dans les deux cas, les notions fondamentales introduites dans l'article de Lax et Wendroff [27] sont utilisées, à savoir :

- *conservativité du flux* : c'est la propriété qui conduit à une forme faible du schéma VF en déplaçant les dérivées discrètes de l'inconnue discrète vers les dérivées discrètes de l'interpolation de la fonction test,
- *consistance du flux* : c'est la propriété qui sert à prouver le fait qu'une limite de solutions approchées est une solution faible grâce à la convergence

des dérivées discrètes de l'interpolée de la fonction test vers les dérivées exactes de la même fonction test.

### 3.3 Le cas non linéaire : recherche de compacité supplémentaire

Dans le cas non linéaire, la convergence faible n'est pas suffisante; en effet, si une suite  $(u_n)_{n \in \mathbb{N}}$  ne converge que faiblement dans un espace de Lebesgue vers une limite  $u$ , il n'y a aucune raison pour que la suite  $(f(u_n))_{n \in \mathbb{N}}$  converge vers  $f(u)$ , même faiblement.

**Equations elliptiques et paraboliques.** Dans le cadre elliptique ou parabolique, l'un des outils fondamentaux pour obtenir plus de compacité est le théorème de compacité de Kolmogorov, dont une conséquence est que toute suite bornée de  $L^p$ ,  $1 \leq p < +\infty$  qui est « équicontinue en moyenne » admet une sous-suite convergente (voir par exemple [13, Théorème 8.16]). L'équicontinuité en moyenne revient à montrer que la différence entre la fonction et ses translations en temps et en espace converge vers 0 dans la norme  $L^p$ , uniformément par rapport au pas de temps et d'espace. Par exemple [10, Lemme 18.3], dans le cas d'une équation parabolique non linéaire de type Stefan, une fois la compacité de la suite des solutions approchées dans  $L^2$  prouvée, on peut alors extraire une sous-suite tendant vers  $\bar{u}$  dans  $L^2$ .

En passant à la limite sous la forme « très faible » du schéma (c'est-à-dire avec la divergence discrète des dérivées normales discrètes des fonctions test) on peut alors montrer, comme dans le cas linéaire, que chaque terme (en temps et espace) converge vers le terme correspondant dans la formulation « très faible » du problème continu. Dans le cas du problème de Stefan, à savoir  $\partial_t u - \Delta \varphi(u) = 0$ , ceci donne la convergence des solutions approchées vers la solution exacte si  $\varphi$  est une fonction lipschitzienne strictement croissante. Il y a cependant une difficulté supplémentaire si  $\varphi$  est seulement croissante, mais pas strictement croissante. Dans ce cas, il est possible de prouver la compacité dans  $L^2$  de  $\varphi(u_{\text{app}})$  (où  $u_{\text{app}}$  est la solution approchée) mais pas de  $u_{\text{app}}$  pour laquelle on a seulement une estimation  $L^2$ . Il est cependant possible de conclure en utilisant l'astuce de Minty (voir [10, Chapitre 4]).

**Equations hyperboliques.** Considérons maintenant une loi de conservation hyperbolique non linéaire de la forme

$$\partial_t u(x, t) + \operatorname{div}(f(u(x, t))) = 0, \quad x \in \mathbb{R}^n, \quad (12)$$

$$u(x, 0) = u_{\text{ini}}(x). \quad (13)$$

Si  $f \in C^1(\mathbb{R}, \mathbb{R}^n)$  et  $u_{\text{ini}} \in L^\infty$ , il existe une solution entropique unique de ce problème [24]. Afin de montrer qu'un schéma approche bien cette solution entropique, on montre d'abord qu'il satisfait une équation d'entropie discrète.

Le cas des maillages cartésiens a été étudié indépendamment par Kuznetsov [25] et Crandall et Majda [6]. Comme dans le cas linéaire, si  $u_{\text{ini}} \in BV$ , une estimation  $BV$  sur les solutions approchées est valable, uniformément par rapport à l'espace et au pas de temps; le lemme de Helly, qui est lui-même une conséquence directe du théorème de compacité de Kolmogorov, peut alors être invoqué pour obtenir la convergence d'une sous-suite des solutions approchées dans  $L^1$ , et on peut alors utiliser le théorème de Lax–Wendroff [6] [10, section 21.5]). Il est également possible de traiter le cas  $u_{\text{ini}} \in L^\infty$ , en utilisant un principe de contraction en  $L^1$  pour la solution exacte et pour la solution approchée, voir [6] pour exemple.

Dans le cas général d'un maillage non cartésien, une estimation  $BV$  semble hors de portée, et la preuve de convergence peut être par exemple effectuée en suivant la démarche suivante.

- On considère une suite de discrétisations en espace, indexées par  $m$ , et une suite de pas de temps  $\delta t^{(m)}$ ; pour tout  $m$ , la taille du maillage est définie comme le diamètre maximum des cellules et notée  $h^{(m)}$ . Supposons que  $h^{(m)} \rightarrow 0$  et  $\delta t^{(m)} \rightarrow 0$  lorsque  $m \rightarrow +\infty$ .
- Du fait de l'estimation  $L^\infty$  sur la suite des solutions approchées  $(u^{(m)})_{m \in \mathbb{N}}$ , il existe une sous-suite qui converge dans un « sens non linéaire faible  $\star$  », c'est-à-dire qu'il existe une fonction  $\mu \in L^\infty(\mathbb{R} \times \mathbb{R}_+ \times ]0, 1[)$  telle que pour toute fonction  $\psi \in C(\mathbb{R}, \mathbb{R})$ ,

$$\int_{\mathbb{R}} \int_{\mathbb{R}_+} \psi(u^{(m)}) \varphi \rightarrow \int_{\mathbb{R}} \int_{\mathbb{R}_+} \mu \psi \varphi, \forall \varphi \in L^1(L^1) \text{ avec } \mu_\psi = \int_0^1 \psi(\mu(x, t, \alpha)) \, d\alpha. \quad (14)$$

Cette notion de convergence est équivalente à la convergence vers une mesure de Young [7]; elle est peut-être un peu plus simple à manipuler que les mesure d'Young, dans le sens où elle implique une fonction,  $\mu$ , plutôt qu'une mesure; cependant cette fonction dépend d'un paramètre supplémentaire  $\alpha \in ]0, 1[$ , dont nous devons nous débarrasser *in fine* afin d'atteindre la convergence vers une solution faible entropique.

- En utilisant la diffusion numérique du schéma, on obtient une estimation  $BV$  faible uniforme sur la suite de solutions approchées; cette estimation est qualifiée de « faible » pour deux raisons : d'une part il s'agit des différences  $|(f(u_K) - f(u_L)) \cdot \mathbf{n}_{KL}|$  et non des différences  $|u_K - u_L|$ , où  $(K, L)$  désigne une paire de volumes de contrôle partageant une interface commune; d'autre part, il suffit que la somme de ces différences n'explose pas

trop vite : la différence entre le gradient discret de la fonction test interpolée et le gradient de la fonction test elle-même se comporte comme la taille du maillage, et lors du passage à la limite, il suffit que la somme des différences impliquant les inconnues discrètes soit bornée par un terme variant comme  $C/h^{1-\varepsilon}$  avec  $\varepsilon > 0$  et  $C > 0$  indépendant de  $h$ .

- En utilisant la convergence non linéaire faible  $\star$  et l'estimation  $BV$  faible, on passe à la limite sur une forme faible de l'entropie discrète pour obtenir une solution dite « processus », qui vérifie une inégalité d'entropie à une intégrale sur la variable  $\alpha$  intervenant dans (14) près. Un résultat d'unicité sur les solutions processus [9] est obtenu grâce à une technique de dédoublement de variables « à la Kruskov » [24]; ce résultat diffère de celui de Di Perna [7] en ce qu'il prend en compte la condition initiale dans la formulation faible entropique, ce qui permet d'éviter les conditions plus restrictives sur le maillage [4]. L'unicité de la solution processus entraîne alors que cette dernière est l'unique solution faible entropique. Elle donne aussi la convergence (forte) dans les espaces  $L^p$  de la solution approchée vers la solution exacte.

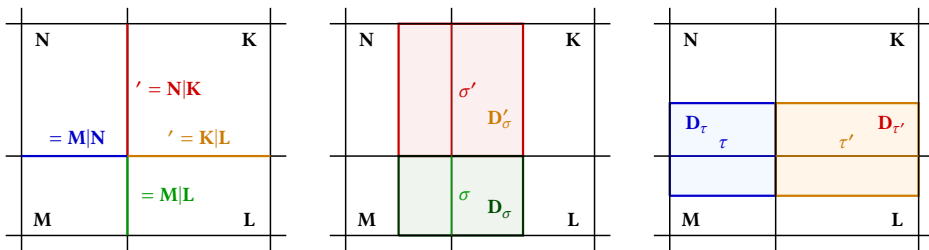
La preuve de convergence de la MVF a été obtenue pour d'autres problèmes non linéaires que celui considéré ici. Cependant, il faut noter que pour les systèmes d'EDP, il est souvent difficile d'obtenir des résultats de compacité, et la consistance au sens de Lax–Wendroff (ou LW-consistance) semble alors un moyen intéressant de s'assurer qu'une éventuelle limite du schéma est bien une solution faible du système. Dans la section suivante, nous montrons comment cela est réalisable même sur des maillages décalés, qui sont souvent utilisés dans les codes industriels pour la simulation numérique des écoulements de fluides.

## 4 LW-consistance et grilles décalées

Les maillages rectangulaires décalés (sur lesquels s'appuie le célèbre schéma MAC [18]) sont utilisés depuis les années 60 en mécanique des fluides [29], y compris pour les écoulements en sciences de l'environnement [1]. L'analyse mathématique du schéma MAC a fait l'objet de plusieurs travaux récents, voir par ex. [16, 17]. Des systèmes d'équations aux dérivées partielles pour lesquels aucune existence ou unicité n'est connue ont également été discrétisés sur des grilles décalées. Citons en particulier les équations d'Euler compressibles : l'un des avantages de l'utilisation d'une grille décalée est de produire un schéma dont on peut prouver mathématiquement qu'il est asymptotiquement stable à la limite incompressible, comme démontré pour le cas isentropique dans [21]. Pour

de tels systèmes, un théorème de type Lax–Wendroff s’avère très utile; en effet, bien qu’une véritable convergence ne puisse être prouvée faute de propriétés de compacité, un tel théorème permet d’affirmer que si le schéma converge, et à condition que les solutions approchées satisfassent certaines estimations (qui ne sont généralement pas prouvables mathématiquement mais vérifiables numériquement), la limite du schéma est une solution entropique faible du système [22, 20]. La preuve de ce résultat peut être obtenue grâce à la généralisation du théorème de Lax–Wendroff aux maillages généraux, qui incluent les grilles décalées comme le maillage MAC [15]. L’une des difficultés supplémentaires majeures pour les grilles décalées est que les inconnues discrètes sont constantes par morceaux sur différentes grilles.

Considérons un domaine rectangulaire  $\Omega \subset \mathbb{R}^2$  (le cas 3D peut être abordé de la même manière), et une grille rectangulaire éventuellement non uniforme. On note  $\mathfrak{F}$  l’ensemble des arêtes du maillage, et l’arête interne séparant les cellules  $K$  et  $L$  est notée  $\sigma = K|L$  (voir Figure 1). Ce maillage sera appelé dans la suite maillage primal, et noté  $\mathcal{P}$ . Deux maillages duaux (trois en 3D) sont considérés, chacun consistant en une partition de  $\Omega$  indexée par les éléments verticaux ou horizontaux de  $\mathfrak{F}$ , c’est-à-dire  $\Omega = \cup_{\sigma \in \mathfrak{F}^{(i)}} D_{\sigma}$ ,  $i = 1, 2$ , où  $\mathfrak{F}^{(1)}$  (resp.  $\mathfrak{F}^{(2)}$ ) désigne l’ensemble des arêtes verticales (resp. horizontales). Les mailles  $(D_{\sigma})_{\sigma \in \mathfrak{F}}$  sont appelées mailles duales, et sont obtenues comme suit. On définit d’abord une demi-maille duale  $D_{K,\sigma}$  comme la moitié du rectangle  $K$  de côté  $\sigma$  (voir Figure 1). Pour une arête interne  $\sigma = K|L$ , on pose  $D_{\sigma} = D_{K,\sigma} \cup D_{L,\sigma}$ ; pour une arête externe  $\sigma$  d’une maille  $K$ , on pose  $D_{\sigma} = D_{K,\sigma}$ .



**FIGURE 1** — Maillages primaux et duaux et notations associées pour le cas MAC. - À gauche : les mailles primales; les arêtes  $\sigma$  et  $\sigma'$  appartiennent à  $\mathfrak{F}^{(1)}$  et les arêtes  $\tau$  et  $\tau'$  à  $\mathfrak{F}^{(2)}$ . Au centre : les mailles duales associées à  $\mathfrak{F}^{(1)}$ . À droite : les mailles duales associées à  $\mathfrak{F}^{(2)}$ .

Pour illustrer l’utilisation du théorème de Lax–Wendroff généralisé de [15],

considérons l'exemple simple de l'équation de conservation de la masse :

$$\partial_t \rho(\mathbf{x}, t) + \operatorname{div}(\rho \mathbf{u})(\mathbf{x}, t) = 0 \quad (\mathbf{x}, t) \in \Omega \times ]0, T[, \quad (15)$$

où  $\partial_t \rho$  désigne la dérivée temporelle de la densité  $\rho$ , et  $\operatorname{div}$  la divergence spatiale. L'inconnue scalaire  $\rho$  est associée aux cellules primales :

$$\rho(\mathbf{x}, t) = \rho_K^n \quad \text{for } \mathbf{x} \in K, K \in \mathcal{P}, t \in [t_n, t_{n+1}[, n \in \llbracket 0, N-1 \rrbracket. \quad (16)$$

Les inconnues associées à la  $i$ -ième composante de  $\mathbf{u}$  sont situées au centre des arêtes du  $i$ -ième maillage dual. La fonction vectorielle approchée associée s'écrit donc :  $\mathbf{u}(\mathbf{x}, t) = (u_1(\mathbf{x}, t), u_2(\mathbf{x}, t))^t$  où, pour  $i = 1, 2$ ,

$$u_i(\mathbf{x}, t) = u_\sigma^n, \text{ pour } \mathbf{x} \in D_\sigma, \sigma \in \mathfrak{F}^{(i)} \text{ et } t \in [t_n, t_{n+1}[, n \in \llbracket 0, N-1 \rrbracket.$$

Soit  $\mathbf{e}^{(i)}$  le  $i$ -ième vecteur unitaire ; la discrétisation de (15) s'écrit :

$$\begin{aligned} \mathcal{C}(\rho, \mathbf{u})_K^n &= (\delta_t \rho)_K^n + \frac{1}{|K|} \sum_{\sigma \in \mathfrak{F}(K)} |\sigma| \mathbf{F}_\sigma^n \cdot \mathbf{n}_{K,\sigma} = 0, \text{ avec } (\delta_t \rho)_K^n = \frac{\rho_K^{n+1} - \rho_K^n}{t_{n+1} - t_n} \\ \text{et } \mathbf{F}_\sigma^n &= \rho_\sigma^n \mathbf{u}_\sigma^n, \text{ où } \mathbf{u}_\sigma^n \text{ est défini comme } u_\sigma^n \mathbf{e}^{(i)} \text{ pour } \sigma \in \mathfrak{F}^{(i)}, i = 1 \text{ ou } 2, \end{aligned}$$

et, pour  $\sigma = K|L$ ,  $\rho_\sigma^n$  représente une combinaison convexe de  $\rho_K^n$  et  $\rho_L^n$  (par exemple le choix décentré amont ou MUSCL par rapport à  $u_\sigma^n$ ). La valeur initiale de l'inconnue scalaire  $\rho$  est définie par

$$\rho_K^0 = \frac{1}{|K|} \int_K \rho_0(\mathbf{x}) \, dx. \quad (17)$$

Pour  $i = 1, 2$ , soit  $\bar{h}^{(i)} = \max\{|\sigma|, \sigma \in \mathfrak{F}^{(i)}\}$  et  $\underline{h}^{(i)} = \min\{|\sigma|, \sigma \in \mathfrak{F}^{(i)}\}$ . On définit le pas d'espace par  $h(\mathcal{P}) = \max(\bar{h}^{(1)}, \bar{h}^{(2)})$ , et le pas de temps par  $\delta t = \max_{n \in \llbracket 0, N-1 \rrbracket} (t_{n+1} - t_n)$ . Une suite de maillages est dite quasi-uniforme si les quotients  $\bar{h}^{(1)}/\underline{h}^{(2)}$  et  $\bar{h}^{(2)}/\underline{h}^{(1)}$  sont bornés par une constante indépendante du maillage.

**Lemme 1** (LW-consistance pour l'équation de masse, maillage MAC). *Soit une suite de maillages MAC quasi-uniformes  $(\mathcal{P}^{(m)})_{m \in \mathbb{N}}$  et de discrétisations temporelles, avec  $h(\mathcal{P}^{(m)})$  et  $\delta t^{(m)}$  tendant vers zéro ; soit  $(\rho^{(m)}, \mathbf{u}^{(m)})_{m \in \mathbb{N}}$  la suite de fonctions discrètes associée.*

*On suppose que les suites  $(\rho^{(m)})_{m \in \mathbb{N}}$  et  $(\mathbf{u}^{(m)})_{m \in \mathbb{N}}$  sont bornées dans  $L^\infty(\Omega \times ]0, T[)$  et  $L^\infty(\Omega \times ]0, T])^2$  respectivement, et que, lorsque  $m$  tend vers  $+\infty$ , elles convergent dans  $L^p(\Omega \times ]0, T[)$  et  $L^p(\Omega \times ]0, T])^2$ ,  $1 \leq p < +\infty$ , vers  $\rho \in L^\infty(\Omega \times ]0, T[)$  et*



$\mathbf{u} \in L^\infty(\Omega \times ]0, T])^2$  respectivement. Alors  $(\rho, \mathbf{u})$  est une solution faible de (15), au sens où, pour toute fonction  $\varphi \in C_c^\infty(\Omega \times [0, T[)$ ,

$$\sum_{0 \leq n \leq N-1} \delta t^{(m)} \sum_{K \in \mathcal{P}^{(m)}} |K| \mathcal{C}(\rho, \mathbf{u})_K^n \varphi_K^n \rightarrow - \int_{\Omega} \rho_0(\mathbf{x}) \varphi(\mathbf{x}, 0) dx - \int_0^T \int_{\Omega} \left( \rho(\mathbf{x}, t) \partial_t \varphi(\mathbf{x}, t) + (\rho \mathbf{u})(\mathbf{x}, t) \cdot \nabla \varphi(\mathbf{x}, t) \right) dx dt \quad \text{quand } m \rightarrow +\infty,$$

où  $\varphi_K^n$  représente la valeur moyenne de  $\varphi(\mathbf{x}, t_n)$  sur la cellule  $K$ , et donc le membre de droite de cette assertion s'annule.

La preuve du lemme 1 est donnée dans [14] et est facilitée par l'utilisation d'outils développés dans [14, 15] pour cela. Ces outils peuvent alors être appliqués à des opérateurs plus complexes, pour traiter par exemple les équations de quantité de mouvement et de bilan d'énergie des équations d'Euler compressibles, même si les preuves sont plus techniques.

## 5 Conclusion

Nous avons présenté ici quelques concepts pour l'analyse mathématique des schémas VF, en portant une attention particulière au problème de consistance des flux et à sa conséquence la plus directe, c'est-à-dire la LW-consistance du schéma. Bien sûr, nous n'avons donné ici qu'une image très partielle du monde mathématique des volumes finis. Dans de nombreux problèmes (certains d'entre eux évoqués ici), la convergence de la solution discrète est prouvée au moyen d'arguments de compacité en normes suffisamment fortes pour permettre de passer à la limite dans le schéma; *in fine*, cela donne un résultat plus fort que la simple consistance, à savoir la convergence (à une sous-suite près si l'unicité de la solution du problème continu n'est pas connue) des solutions approchées vers une ou la solution du problème continu (voir par exemple [16]). De nombreuses équations paraboliques entrent dans ce cadre, notamment en mécanique des fluides : les équations de Navier-Stokes incompressibles, éventuellement à densité variable, ou barotropes. Dans certains problèmes, la solution continue peut raisonnablement être supposée (ou même prouvée) régulière, et une analyse d'erreur est possible.

La notion de LW-consistance reste toutefois particulièrement importante pour certaines applications pratiques de mécanique des fluides. En effet, il subsiste de nombreux cas d'intérêt où la démonstration de convergence du schéma

est hors de portée (elle donnerait d'ailleurs l'existence, souvent inconnue, d'une solution au problème continu), et cette propriété est donc bien utile pour éclairer mathématiquement la conception des schémas. C'est le cas pour les écoulements multidimensionnels régis par des systèmes hyperboliques, comme les équations de Saint-Venant, les équations d'Euler ou la plupart des modèles macroscopiques d'écoulements polyphasiques. Par exemple, l'étude évoquée dans la section 4 est motivée par une telle situation : au cours des dix dernières années, une classe de schémas sur grilles décalées a été conçue pour des problèmes hyperboliques [22, 23, 20], et implémentée dans le logiciel open source CALIF<sup>3</sup>S développé à l'IRSN [2] ; ces schémas sont maintenant couramment utilisés pour des applications de sûreté industrielle comme les problèmes d'explosion accidentelle d'hydrogène, qui impliquent des écoulements dont la viscosité peut être considérée comme nulle. La validité théorique des schémas numériques mis en œuvre est alors essentiellement justifiée par la preuve de leur LW-consistance [20].

## Références

- [1] A. ARAKAWA et V. LAMB. A Potential Enstrophy and Energy Conserving Scheme for the Shallow Water Equations. *Monthly Weather Review*, 109 :18-36, 1981.
- [2] CALIF<sup>3</sup>S. A software components library for the computation of reactive turbulent flows. <https://gforge.irsnn.fr/gf/project/calif3s>.
- [3] S. CHAMPIER et T. GALLOUËT. Convergence d'un schéma décentré amont sur un maillage triangulaire pour un problème hyperbolique linéaire. *Modélisation mathématique et analyse numérique*, 26(7) :835-853, 1992.
- [4] B. COCKBURN, F. COQUEL et P. G. LEFLOCH. Convergence of the finite volume method for multidimensional conservation laws. *SIAM J. Numer. Anal.*, 32(3) :687-705, 1995. ISSN : 0036-1429.
- [5] R. COURANT, K. FRIEDRICHS et H. LEWY. Über die partiellen Differenzengleichungen der mathematischen Physik. *Math. Ann.*, 100(1) :32-74, 1928. ISSN : 0025-5831. DOI : [10.1007/BF01448839](https://doi.org/10.1007/BF01448839). URL : <https://doi.org/10.1007/BF01448839>. voir IBM J. Res. Develop. 11, 215-234 (1967) pour une version en anglais.

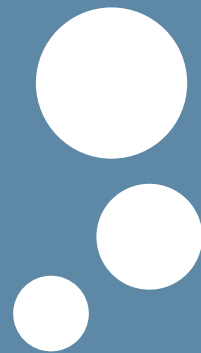
- [6] M. G. CRANDALL et A. MAJDA. Monotone Difference Approximations for Scalar Conservation Laws. *Mathematics of Computation*, 34(149):1-21, 1980. ISSN : 00255718, 10886842. URL : <http://www.jstor.org/stable/2006218>.
- [7] R. J. DiPERNA. Measure-valued solutions to conservation laws. *Arch. Rational Mech. Anal.*, 88(3) :223-270, 1985. ISSN : 0003-9527.
- [8] J. DRONIOU. Finite volume schemes for diffusion equations : introduction to and review of modern methods. *Math. Models Methods Appl. Sci.*, 24(8) :1575-1619, 2014. ISSN : 0218-2025. DOI : [10.1142/S0218202514400041](https://doi.org/10.1142/S0218202514400041). URL : <http://dx.doi.org/10.1142/S0218202514400041>.
- [9] R. EYMARD, T. GALLOUËT et R. HERBIN. Existence and uniqueness of the entropy solution to a nonlinear hyperbolic equation. *Chinese Ann. Math. Ser. B*, 16(1) :1-14, 1995. ISSN : 0252-9599. A Chinese summary appears in *Chinese Ann. Math. Ser. A* 16 (1995), no. 1, 119.
- [10] R. EYMARD, T. GALLOUËT et R. HERBIN. Finite Volume Methods. In J. L. LIONS et P. CIARLET, éditeurs, *Techniques of Scientific Computing (Part 3)*. Tome 7, Handbook of Numerical Analysis, pages 713-1020. Elsevier, 2000. DOI : [10.1016/S1570-8659\(00\)07005-8](https://doi.org/10.1016/S1570-8659(00)07005-8). URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02100732>.
- [11] R. EYMARD, T. GALLOUËT, R. HERBIN et J.-C. LATCHÉ. Finite volume schemes and Lax-Wendroff consistency. *submitted*, <https://arxiv.org/abs/2106.06380>, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03257774/>.
- [12] I. FAILLE, T. GALLOUËT et R. HERBIN. Des mathématiciens découvrent les volumes finis. *Matapli*, 28 :37-48, oct. 1991. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03140480>.
- [13] T. GALLOUËT et R. HERBIN. *Mesure, intégration, probabilités*. Ellipses, 2013. <https://hal.archives-ouvertes.fr/cel-00637007v2>. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/cel-00637007v2>.
- [14] T. GALLOUËT, R. HERBIN et LATCHÉ. On the weak consistency of finite volume schemes for conservation laws on general meshes. *SeMA Journal*, 76 :581-594, 2019.
- [15] T. GALLOUËT, R. HERBIN et LATCHÉ. Weak Consistency of Finite Volume Schemes for Systems of Non Linear Conservation Laws : Extension to Staggered Schemes. *submitted*, *arxiv 2103.09516*, 2021.

- [16] T. GALLOUËT, R. HERBIN, J.-C. LATCHÉ et K. MALLEM. Convergence of the Marker-And-Cell scheme for the incompressible Navier-Stokes equations on non-uniform grids. *Found. Comput. Math.*, 18(1) :249-289, 2018. ISSN : 1615-3375. DOI : [10.1007/s10208-016-9338-4](https://doi.org/10.1007/s10208-016-9338-4). URL : <https://doi.org/10.1007/s10208-016-9338-4>.
- [17] T. GALLOUËT, D. MALTESE et A. NOVOTNY. Error estimates for the implicit MAC scheme for the compressible Navier-Stokes equations. *Numer. Math.*, 141(2) :495-567, 2019. ISSN : 0029-599X. DOI : [10.1007/s00211-018-1007-x](https://doi.org/10.1007/s00211-018-1007-x). URL : <https://doi.org/10.1007/s00211-018-1007-x>.
- [18] F. HARLOW et J. WELSH. Numerical calculation of time-dependent viscous incompressible flow of fluid with free surface. *Physics of Fluids*, 8 :2182-2189, 1965.
- [19] A. HARTEN. On a class of high resolution total-variation-stable finite-difference schemes. *SIAM J. Numer. Anal.*, 21(1) :1-23, 1984. ISSN : 0036-1429. DOI : [10.1137/0721001](http://dx.doi.org/10.1137/0721001). URL : <http://dx.doi.org/10.1137/0721001>. With an appendix by Peter D. Lax.
- [20] R. HERBIN, J.-C. LATCHÉ, S. MINJEAUD et N. THERME. Conservativity and weak consistency of a class of staggered finite volume methods for the Euler equations. *Math. Comp.*, 90(329) :1155-1177, 2021. ISSN : 0025-5718. DOI : [10.1090/mcom/3575](https://doi.org/10.1090/mcom/3575). URL : <https://doi.org/10.1090/mcom/3575>.
- [21] R. HERBIN, J.-C. LATCHÉ et K. SALEH. Low Mach number limit of some staggered schemes for compressible barotropic flows. *Math. Comp.*, 90(329) :1039-1087, 2021. ISSN : 0025-5718. DOI : [10.1090/mcom/3604](https://doi.org/10.1090/mcom/3604). URL : <https://doi.org/10.1090/mcom/3604>.
- [22] R. HERBIN, LATCHÉ, J.-C. et T. NGUYEN. Consistent segregated staggered schemes with explicit steps for the isentropic and full Euler equations. *ESAIM : Mathematical Modelling and Numerical Analysis*, 52(3), 2018. DOI : <https://doi.org/10.1051/m2an/2017055>. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01436996v1>.
- [23] R. HERBIN, J.-C. LATCHÉ, Y. NASSERI et N. THERME. A decoupled staggered scheme for the shallow water equations, soumis. arXiv : [1906.11001](https://arxiv.org/abs/1906.11001) [math.NA].
- [24] S. N. KRUŽKOV. First order quasilinear equations with several independent variables. *Mat. Sb. (N.S.)*, 81 (123) :228-255, 1970.
- [25] N. N. KUZNETSOV et S. A. VOLOŠIN. Monotone difference approximations for a first order quasilinear equation. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 229(6) :1317-1320, 1976. ISSN : 0002-3264.

- [26] P. LAX et R. RITCHMYER. Survey of the stability of linear finite difference equations. *Communications on Pure and Applied Mathematics*, 9(2) :267-293, 1956.
- [27] P. LAX et B. WENDROFF. Systems of conservation laws. *Communications in Pure and Applied Mathematics*, 13 :217-237, 1960.
- [28] R. J. LEVEQUE. *Finite volume methods for hyperbolic problems*. Cambridge Texts in Applied Mathematics. Cambridge University Press, Cambridge, 2002, pages xx+558. ISBN : 0-521-81087-6; 0-521-00924-3.
- [29] S. PATANKAR. *Numerical heat transfer and fluid flow*. Series in Computational Methods in Mechanics et Thermal Sciences. Washington - New York - London : Hemisphere Publishing Corporation; New York etc. : McGraw-Hill Book Company. XIII, 197 p., 1980.
- [30] J. C. STRIKWERDA. *Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations, Second Edition*. Society for Industrial et Applied Mathematics, 2004. DOI : 10.1137/1.9780898717938. eprint : <https://epubs.siam.org/doi/pdf/10.1137/1.9780898717938>. URL : <https://epubs.siam.org/doi/abs/10.1137/1.9780898717938>.



# Les écoles d'ingénieurs à composante mathématiques importante : épisode 2



*par :* \_\_\_\_\_

*Olivier LAFITTE – Responsable de la rubrique « Du côté des écoles d'ingénieurs »*

## Introduction

---

*Voici la suite de notre série de textes sur les écoles d'ingénieurs ayant une composante mathématique importante dans leurs cursus ou leurs débouchés, qui pourraient nous donner une idée de la diversité des méthodes employées par les écoles pour promouvoir (par exemple) une formation par la recherche, surtout en mathématiques appliquées. Ici, c'est au tour de l'école des Mines de Nancy*

## L'ÉCOLE DES MINES DE NANCY

*par :* \_\_\_\_\_

*Antoine HENROT<sup>1</sup> – École des Mines de Nancy et IECL, Université de Lorraine*

*Denis VILLEMONAIS<sup>2</sup> – École des Mines de Nancy et IECL, Université de Lorraine*

Nous allons aborder dans ce petit document la place des mathématiques dans le Tronc Commun de l'école, l'organisation et les finalités de l'option « Ingénierie Mathématique » et les actions menées pour diriger une partie de nos élèves vers la recherche.

---

1. [antoine.henrot@univ-lorraine.fr](mailto:antoine.henrot@univ-lorraine.fr)

2. [denis.villemonais@univ-lorraine.fr](mailto:denis.villemonais@univ-lorraine.fr)

## Les mathématiques dans le tronc commun

En 1<sup>re</sup> année, tous les élèves ne suivent que des cours de tronc commun. Il y a neuf cours scientifiques dont trois de maths (analyse numérique et optimisation, théorie de la mesure et probabilités, statistique) et un de maths/info (recherche opérationnelle). En 2<sup>e</sup> année, les élèves intègrent un Département de spécialité, mais il reste néanmoins deux cours de tronc commun, un en maths (analyse de données), un en maths/info (introduction à l'apprentissage automatique). Nous intervenons donc dans la moitié des cours de tronc commun.

## L'option Ingénierie Mathématique

La création d'une option de mathématiques à l'École des Mines de Nancy est relativement récente (1999). Initialement destinée à former des ingénieurs mathématiciens dans le domaine des mathématiques financières et du calcul scientifique, elle s'est également développée ces dernières années vers les métiers de la science des données. C'est sans doute l'option la plus populaire à l'école : nous avons limité le nombre de places à 30 (les promotions aux Mines de Nancy sont environ de 160 élèves) et nous sommes amenés régulièrement à opérer une sélection. Les cours qui y sont dispensés sont classiques et amènent nos élèves à un niveau de M<sub>1</sub> de maths lors de la 2<sup>ème</sup> année (même si le volume horaire est moindre). En dernière année, plus de la moitié de nos élèves vont faire un Master à l'étranger, soit à l'étranger (Columbia est une de leurs destinations favorites, mais aussi Imperial College, la TUM, Politechnico Milano,...), soit dans l'un des Masters parisiens réputés.

## La formation par la recherche

L'École des Mines de Nancy a la particularité d'être une composante de l'Université de Lorraine. À ce titre, l'équipe des mathématiciens de l'école est pleinement intégrée à l'Institut Élie Cartan de Lorraine, le grand laboratoire de mathématiques de l'université. Nous y sommes physiquement à mi-temps (les deux lieux sont distants d'environ 1 km) ce qui facilite les relations avec, par exemple, le Département de mathématiques de la faculté des sciences. Ainsi, en accord avec ce dernier, les étudiants de deuxième année de l'option Ingénierie Mathématique ont la possibilité de suivre, en parallèle de leur formation à l'école, le M<sub>1</sub> de mathématiques de l'université de Lorraine suivant un cursus aménagé. Enfin, la formation en troisième année est fortement liée aux M<sub>2</sub>



de mathématiques de l'université de Lorraine, de nombreux cours étant partagés entre les deux formations. Nos étudiants ont ainsi la possibilité d'obtenir en double diplôme le M2 de mathématiques appliquées ou le M2 de mathématiques fondamentales de l'université.

Il y a 7 ans, nous (mathématiciens) avons œuvré à la création du **parcours recherche** à l'école. Il s'agit, pour un élève désireux de tester son envie de faire la recherche, d'y consacrer une journée et demi par semaine pendant toute l'année, sous la direction d'un enseignant-chercheur ou un chercheur d'un laboratoire de l'Université de Lorraine. L'objectif affiché est que ce travail débouche sur une vraie publication. C'est sans doute un petit peu trop ambitieux, car il n'est pas toujours facile de trouver un sujet sur lequel peut contribuer significativement un élève de niveau M<sub>1</sub>, mais néanmoins environ 30 à 40% de ces parcours recherche sont suivis par une publication (souvent finalisée un an après). Il est vrai que les élèves qui choisissent ce parcours sont sélectionnés parmi les meilleurs et sont particulièrement motivés. L'école a choisi de limiter à 25 le nombre d'élèves suivant ce parcours (pour des raisons un peu longues à expliquer ici) et les mathématiciens sont régulièrement les plus nombreux (une dizaine par promotion). Sur cette dizaine d'élèves, en moyenne 6 à 7 choisissent un sujet au sein de l'équipe probabilités-statistique du laboratoire, 2 à 3 dans l'équipe équations aux dérivées partielles et occasionnellement certains se dirigent vers les mathématiques fondamentales (théorie analytique des nombres, géométrie différentielle), vers l'économétrie ou vers l'informatique (géométrie algorithmique, apprentissage...). Une majorité de ces élèves, ayant trouvé l'expérience positive, se dirige ensuite vers une thèse. Cette thèse est réalisée le plus souvent en dehors de Nancy, mais cela ne nous chagrine pas outre mesure, car cela participe du rayonnement de l'école et du laboratoire.

Les élèves qui ne font pas le parcours recherche en deuxième année font un projet classique, de type académique le plus souvent et ont un véritable projet d'initiation à la recherche pendant leur troisième année. Dans tous les cas, ces projets sont encadrés par des collègues de l'Institut Élie Cartan, mais aussi du Loria (informatique) ou du CRAN (automatique).

### Antoine HENROT



Antoine Henrot est Professeur à l'École des Mines de Nancy, responsable du Département « Génie Industriel et Mathématiques Appliquées ». Il effectue sa recherche à l'Institut Elie Cartan de Lorraine. Ses sujets de recherche sont l'optimisation de forme, la géométrie spectrale, la géométrie convexe et les problèmes à frontière libre.

**Email :** [antoine.henrot@univ-lorraine.fr](mailto:antoine.henrot@univ-lorraine.fr)

**Site web :** [iecl.univ-lorraine.fr/membre-iecl/henrot-antoine/](http://iecl.univ-lorraine.fr/membre-iecl/henrot-antoine/)

### Denis VILLEMONAIS

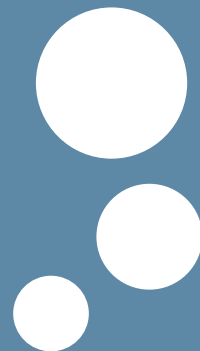


Denis Villemonais est Maître de Conférences à l'École des Mines de Nancy, où il y assure la responsabilité de la filière Ingénierie Mathématique, et à l'Institut Elie Cartan de Lorraine, le laboratoire de mathématiques de l'Université de Lorraine. Il est également affilié à l'équipe BIGS d'Inria Grand Est. Son sujet de recherche principal porte sur l'étude des processus stochastiques, et plus particulièrement des dynamiques non-conservatives.

**Email :** [denis.villemonais@univ-lorraine.fr](mailto:denis.villemonais@univ-lorraine.fr)

**Site web :** <http://www.normalesup.org/~villemonais/>

# Du côté de la recherche partenariale



par :

Christian GOUT – INSA Rouen

## CHALLENGE ENTREPRISE - LABEX AMIES

Le challenge Mathématiques Entreprises est organisé par AMIES ([challenge-maths.sciencesconf.org/](http://challenge-maths.sciencesconf.org/)), parrainé par la SFdS, la SMF et la SMAI. Il vise à favoriser les échanges entre les doctorantes, doctorants de mathématiques et les entreprises. Des groupes de doctorantes, doctorants travaillent sur des problèmes posés par des entreprises et nécessitant des approches mathématiques innovantes.

**PARTICIPATION :** Pour participer, vous devez former une équipe de 1 à 3 personnes maximum et choisir un nom qui vous sera demandé lors de l'inscription.

**RENDU :** Les groupes transmettent un rapport final au jury via l'adresse

[contact@agence-maths-entreprises.fr](mailto:contact@agence-maths-entreprises.fr)

Une présentation publique en visio-conférence sera organisée ultérieurement. A l'issue de cette présentation, le jury délibère et rend son verdict.

**PRIX :** Le challenge récompense le groupe dont les travaux, évalués par un jury sont jugés les plus innovants. Pour chaque sujet, le groupe vainqueur remporte 1500€ répartis en égales parts entre les membres du groupe. Le jury se réserve le droit de ne pas délivrer de prix si les travaux sont jugés insuffisamment innovants.

**LES LAUREATS :** [challenge-maths.sciencesconf.org/resource/page/id/1](http://challenge-maths.sciencesconf.org/resource/page/id/1).



[eurecam.net/fr/](https://eurecam.net/fr/)

## Le mot de Sylvain Faure (Paris Saclay) et Thomas Carrière (Dirigeant, Eurecam)

---

La participation d'Eurecam à ce challenge a été motivée par ses besoins R&D concernant le calcul de trajectoires de personnes. Dans ces capteurs la société dispose d'une solution capable de faire ce type de calcul très efficacement cependant elle était curieuse de voir si le « brainstorming » engendré par le challenge allait déboucher vers de nouvelles approches. En fournissant des données « brutes » non filtrées tirées de situations réelles complexes (foule dense, marche rapide, croisements,...), la société souhaitait d'une part montrer aux participants une réalité métier et d'autre part pouvoir évaluer rapidement les approches proposées.

Les résultats des travaux des différents groupes furent très intéressants, certains ont repris et adaptés des méthodes existantes, d'autres se sont lancés dans de nouvelles directions très prometteuses. Les participants ont sollicité l'entreprise au début du challenge afin de bien comprendre les données puis ils ont travaillé ensuite en totale autonomie.

Eurecam a embauché il y a quelques années un docteur en traitement du signal et elle interagit régulièrement avec des mathématiciens. Elle compte poursuivre dans cette voie afin de pouvoir développer de nouveaux capteurs et de valoriser les données récoltées.



<https://www.foyer.lu>

## Entretien avec Geoffrey Nichil (Resp Data studio, FOYER)

▶ **Qu'est ce qui vous a poussé à vous lancer dans ce challenge ?**

▶ **Geoffrey Nichil :** *Des membres de notre équipe avaient pu participer à ce challenge pendant leur formation à l'université (de Lorraine). Nous connaissions donc le processus et les potentiels livrables qui pouvaient être adressés en une semaine de Challenge. Nous entretenons également de très bon rapport avec l'université de Lorraine et en particulier avec Madalina Deaconu et Antoine Lejay qui co-encadre un doctorant qui réalise sa thèse avec l'université du Luxembourg.*

▶ **Qu'en avez-vous pensé ?...(déroulement, organisation, participants)...**

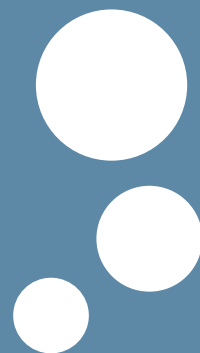
▶ **Geoffrey Nichil :** *Nous avons été contacté quelques mois avant le début du challenge pour voir nous étions intéressé. Deux équipes ont participé à notre sujet 'Comment détecter de manière automatique des problèmes de qualité de données'. Ils ont montré beaucoup d'enthousiasme et de motivation sur ce sujet tout au long du Challenge.*

▶ **Qu'en retire votre entreprise ?**

▶ **Geoffrey Nichil :** *Nous avons été agréablement surpris des résultats qui ont pu être atteint en une semaine de challenge. Nous réfléchissons à poursuivre une collaboration avec les 4 doctorants qui y ont participé pour intégrer de manière opérationnelle les éléments mis en lumière durant cette semaine.*



# La collaboration Math $\phi$ A et centre Mersenne



par :

Filippo A. E. NUCCIO MORTARINO MAJNO DI  
CAPRIGLIO<sup>1</sup> — Université de Lyon et Université Jean  
Monnet de Saint-Étienne

*Suite de notre série sur l'édition scientifique. Après avoir abordé dans le numéro 124 la question des modèles de financement, dans le numéro 125 celle des dépôts, nous nous intéressons maintenant aux différents modèles pour les revues autonomes.*

Le discours sur la «science ouverte» ou des revues en «accès ouvert» peut s'adresser à différents acteurs : parfois, ce sont les auteurs, parfois les lecteurs, ou les bibliothèques (universitaires ; des centres de recherche publics, ou privés ; etc.), parfois l'ensemble des citoyens ; et la liste peut continuer. Après les contributions [Ram21] de Karim Ramdani et [Hel21] de Frédéric Helein dans les deux derniers numéros de ce bulletin, je vais me concentrer ici sur le rôle des *éditeurs* dans la science ouverte, tant du point de vue des enjeux auxquels un comité éditorial est confronté pour publier en science ouverte, que des opportunités qui s'ouvrent à lui grâce à l'essor de la publication numérique.

## Différentes options éditoriales

En simplifiant au maximum, un comité éditorial qui souhaite se mettre à la tête d'un journal «ouvert» — ou qui souhaite faire basculer un journal déjà existant vers un modèle ouvert — a trois choix principaux à sa disposition : les éditeurs classiques, les épijournaux qui reposent sur une archive ouverte, et l'option des revues autonomes. Après un survol minimal des deux premières, je discuterai plus en détail de la troisième option.

1. [filippo.nuccio@univ-st-etienne.fr](mailto:filippo.nuccio@univ-st-etienne.fr)

## Les éditeurs classiques

Petit à petit, presque tous les éditeurs classiques, tels que Springer-Nature, Elsevier ou Wiley, sont en train d'anticiper les démarches de basculement vers la science ouverte. Ils proposent plusieurs formes d'hybridation à mi-chemin entre les modèles à abonnement habituels et l'accès ouvert «diamant»<sup>2</sup> — ce dernier, en général, n'étant proposé que moyennant un prix payé par le comité éditorial. Certaines de ces formes rentrent dans le cadre assez dangereux décrit dans [Ram21], d'autres sont des solutions bien moins agressives; citons, par exemple, le modèle *Subscribe to Open* (S2O), où les abonnements sont maintenus et l'accès restreint aux abonnés, jusqu'à l'atteinte d'un montant préétabli : après, tous les articles de l'année en question deviennent libres d'accès, et ce sans limite dans le temps. Un avantage de ce modèle est que la publication reste gratuite pour les auteurs et, si suffisamment de laboratoires souscrivent à une revue, l'accès aussi devient libre pour les lecteurs. C'est le modèle proposé par la European Mathematical Society Press, chez qui les *Annales de l'IHP - Série C* et les *Annales de l'IHP - Série D* vont paraître à partir de janvier 2022; je renvoie à [EMS21] pour plus d'informations à ce sujet. La même démarche a été suivie par l'intégralité du bouquet de revues publiées conjointement par la SMAI et EDP Sciences<sup>3</sup>, qui paraissent depuis mai 2021 sous le modèle S2O; je renvoie à l'article [RuiVeb21] de Anne Ruimy et Amandine Véber, paru dans le dernier numéro de MATAPLI, pour tous les détails de cette transition, ainsi que pour l'«appel à la communauté» qui y est lancé par les autrices.

## Les épijournaux

Sans rentrer dans trop de détails, il s'agit de faire vraiment coïncider une revue avec son comité éditorial, alors que l'archivage et le dépôt des soumissions s'appuient sur les archives ouvertes usuelles, telles que arXiv ou HAL. Le travail du comité éditorial consiste à évaluer les soumissions, typiquement avec le procédé usuel de relecture par les pairs, et de sélectionner les articles qui composeront les numéros de l'épirevue. La plateforme Épisciences<sup>4</sup> propose aux comités éditoriaux le soutien et la coordination tant pour la création de nouvelles épirevues, que pour le basculement de revues existantes vers leur modèle.

2. Je renvoie à [Hel21] pour la définition de ce terme.

3. Il s'agit des cinq revues ESAIM : M2AN, ESAIM : COCV, ESAIM : P&S, RAIRO : OR et MMNP.

4. Qui est développé par le centre pour la Communication Scientifique Directe, voir <https://www.episciences.org/#>



## Les revues autonomes

Par «revue autonome» j’entends ici (sans que le terme ne soit vraiment officiel) une revue qui est la propriété de son comité éditorial. Cette définition de *propriété* a — ou moins — trois sens distincts : l’aspect de la propriété intellectuelle, celui de la personnalité juridique, et enfin le sens strictement économique.

En ce qui concerne la propriété intellectuelle du contenu, et donc typiquement des articles scientifiques qui apparaissent dans le journal, les choses sont simples : tout comme pour les ép journaux, ou pour l’option «verte» décrite dans [Hel21], il est normal en science ouverte de publier les travaux sous une forme de licence CC-BY<sup>5</sup>. En particulier, les auteurs (par opposition aux éditeurs ou au comité éditorial — je reviendrai sur la différence dans un instant) gardent tous les droits sur leur travail.

La question de la personnalité juridique est plus épineuse. Déjà, en français, on parle d’«éditeur» à la fois pour les membres du comité éditorial (parfois aussi appelés « rédacteurs ») et pour l’institution qui publie la revue et qui est légalement responsable de la publication — l’anglais fait la distinction entre *editor* et *publisher*<sup>6</sup>. Pour les lecteurs accoutumés à la publication mathématique, la différence devrait être claire : (presque ?) aucune des revues scientifiques publiées par Springer-Nature ou Elsevier, ou même par la vertueuse MSP<sup>7</sup> à but non-lucratif, n’a un comité éditorial interne à la maison d’édition. Il est important de souligner la différence de rôles : l’éditeur est la figure juridique responsable devant la Loi du contenu des parutions, alors que le comité éditorial effectue les choix sur ce contenu. En particulier, alors qu’un groupe de chercheurs peut s’auto-déclarer «comité éditorial», il leur faut un cadre juridique rigoureux afin de pouvoir publier légalement du contenu.

Finalement, il y a les aspects financiers qui concernent la propriété de la revue : jadis, il eût été évident qu’il s’agit de «bénéfices» mais aujourd’hui, si l’on parle de science ouverte<sup>8</sup>, il est souvent question de «frais de publication». Les coûts pour produire une revue de qualité peuvent être importants et trouver un équilibre financier n’est pas toujours évident. Dans ce contexte, un quatrième acteur entre en jeu, bien qu’il ne soit pas directement concerné par les questions de propriété : il s’agit de la structure de production, qui compose matériellement

5. Une des licences Creative Commons : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Licence\\_Creative\\_Commons](https://fr.wikipedia.org/wiki/Licence_Creative_Commons)

6. Pour pallier ce problème, j’utilise systématiquement dans ce texte l’expression, quelque peu redondante, de «comité éditorial» et je ne parle d’«éditeur» que pour indiquer la structure responsable de l’édition.

7. Voir <https://msp.org/>

8. Hélas, comme les articles [Ram21] et [Hel21] l’expliquent très bien, pour les éditeurs commerciaux le mot «bénéfice» reste fort approprié!

les numéros. Même pour des journaux électroniques, ce travail est conséquent : gestion des flux éditoriaux, mise aux normes pour une expérience de lecture cohérente et professionnelle, archivage, gestion du site web, répertoriage dans les bases de données (telles que *MathSciNet*, *zbMATH Open*, *Web of Science*, ...), obtention du DOI, etc.

## Le centre Mersenne avec MathOA – l'exemple de *Algebraic Combinatorics*

Lorsque, en 2017, les membres du comité éditorial du *Journal of Algebraic Combinatorics* décidèrent de quitter leur éditeur Springer-Nature, ils se trouvèrent confrontés aux problèmes de « propriété » discutés ci-dessus. En particulier, n'étant pas propriétaires du titre, ils durent bâtir une nouvelle revue (voir [MurRei18] pour l'éditorial introductif) : c'est ainsi que *Algebraic Combinatorics* vit le jour, tandis que le *Journal of Algebraic Combinatorics* continue d'exister, publié chez Springer-Nature, avec un comité éditorial entièrement rénové. En 2017, la fondation MathOA<sup>9</sup> venait de voir le jour et le centre Mersenne<sup>10</sup> finalisait sa structuration, pour être lancé début 2018. Né de l'expérience du Cedram et développé par l'unité d'appui et de recherche Mathdoc du CNRS et de l'Université Grenoble Alpes, le centre Mersenne est un centre de production de revues scientifiques, principalement mathématiques, publiées en accès libre « diamant ». Il offre à tout comité éditorial — moyennant l'acceptation du projet par le comité de pilotage du centre Mersenne après avis du conseil scientifique de Mathdoc — un soutien dans le processus éditorial, la publication et la diffusion de son journal, la maintenance du site web, éventuellement l'impression des volumes, et garantit la pérennisation des archives. Il est important de souligner que la production d'un journal par le centre Mersenne n'est pas gratuite : en tant que structure du CNRS et de l'Université Grenoble Alpes, elle n'a pas vocation à engendrer de bénéfices mais les coûts de gestion doivent partiellement être repartis sur les revues qui utilisent ses services. En outre, le centre Mersenne n'a pas la possibilité de jouer le rôle d'éditeur légal, n'ayant pas de personnalité juridique, et c'est ici que MathOA entre en jeu.

Fondation néerlandaise à but non-lucratif, MathOA fait partie de la structure Fair Open Access Alliance<sup>11</sup> et a pour mission d'accélérer la transition vers l'accès ouvert en Mathématique, en simplifiant la tâche des comités éditoriaux qui

9. Voir <http://www.mathoa.org/about/>

10. Voir <https://www.centre-mersenne.org/>

11. Voir <https://www.fairopenaccess.org/>

envisagent soit de bâtir une nouvelle revue, soit d'œuvrer pour le basculement d'un titre existant vers un modèle d'accès ouvert «diamant». Elle a également pour vocation de sensibiliser la communauté mathématique à propos des enjeux et des opportunités actuels dans la science ouverte. MathOA est de plus dotée d'une personnalité juridique lui permettant de faire office d'éditeur pour une revue autonome, et de lever des fonds pour sa production. C'est exactement la structure à la base de *Algebraic Combinatorics* : la revue reste propriété exclusive de son comité éditorial, elle est produite et maintenue par le centre Mersenne, et elle est officiellement publiée par MathOA, à qui certaines universités versent des contributions bénévoles qui permettent de solder les factures du travail fourni par le centre Mersenne. Bien évidemment, si le comité éditorial venait à décider, pour une quelconque raison, de cesser la collaboration soit avec MathOA soit avec le centre Mersenne, il serait autonome et légitime dans son choix.

## Conclusion

---

Nous avons décrit certaines options qui s'offrent à un comité éditorial lorsque celui-ci souhaite publier son journal en accès ouvert «diamant», surtout pour ce qui concerne les revues qu'on a qualifiées d'«autonomes». En nous appuyant sur l'exemple de *Algebraic Combinatorics* nous avons détaillé comment la collaboration entre le centre Mersenne et MathOA peut permettre aux comités éditoriaux de pallier les difficultés légales et techniques qu'une telle démarche pourrait comporter.

## Bibliographie

---

- [CM] La page de synthèse de l'histoire qui a mené à la création du centre Mersenne : [https://www.centre-mersenne.org/page/historique\\_fr/](https://www.centre-mersenne.org/page/historique_fr/) — url consultée le 17 septembre 2021.
- [EMS21] La page de la EMS Press dédiée au modèle Subscribe to Open (S2O) : <https://ems.press/subscribe-to-open> — url consultée le 17 septembre 2021.
- [Hél21] Frédéric Helein, *Du vert pour remettre les revues scientifiques à leur juste place?*, MATAPLI, 125, Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles, Juin 2021, 51–57.

- [MOA] La page de description de MathOA, avec les liens à d'autres articles sur la science ouverte en Mathématique : <http://www.mathoa.org/press/> — url consultée le 17 septembre 2021.
- [MurRei18] Satoshi Murai et Victor Reiner. *Editorial*. Algebraic Combinatorics, Volume 1 (2018) no. 1, p. 1. doi : 10.5802/alco.o. <https://alco.centre-mersenne.org/articles/10.5802/alco.0/>
- [Ram21] Karim Ramdani, *Demain, faudra-t-il payer pour publier?*, MATAPLI 124, Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles, Mars 2021, 65–69.
- [RuiVéb21] Anne Ruimy et Amandine Véber, *Les revues EDP Sciences & SMAI en Open Access Diamant en 2021*, MATAPLI, 125, Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles, Juin 2021, 59–61.

### Filippo A. E. NUCCIO MORTARINO MAJNO DI CAPRIGLIO



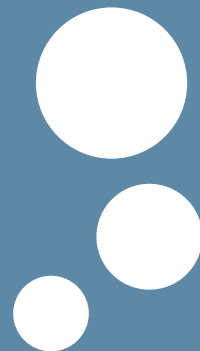
Filippo Nuccio est Maître de Conférences à l'Institut Camille Jordan de l'Université Jean Monnet de Saint-Étienne. Il a travaillé en arithmétique, en particulier en théorie d'Iwasawa des corps de nombres, des courbes elliptiques et des formes modulaires. Actuellement, il s'intéresse à la formalisation mathématique et a collaboré au Liquid Tensor Experiment, le défi lancé par Peter Scholze visant à formaliser dans l'assistant de preuve Lean la démonstration d'un théorème très récent de Clausen–Scholze. En parallèle de ses intérêts scientifiques, il s'occupe de Science Ouverte en Mathématique. Il a participé à la naissance de la revue *Algebraic Combinatorics* et fait partie du comité de pilotage de l'organisation MathOA.

**Email :** [filippo.nuccio@univ-st-etienne.fr](mailto:filippo.nuccio@univ-st-etienne.fr)

**Site web :**

<https://perso.univ-st-etienne.fr/nf51454h/>

# Du côté du réseau Modélisation, Simulation, Optimisation



par :

Christian GOUT — Laboratoire de Mathématique  
de l'INSA Rouen

Philippe HEINRICH — Laboratoire Paul Painlevé,  
UMR 8524, Université de Lille

Nicolas WICKER<sup>1</sup> — Laboratoire Paul Painlevé,  
UMR 8524, Université de Lille

## JOURNÉES INTELLIGENCE AR- TIFICIELLE & ENTREPRISES - APPLICATIONS ET DÉFIS MA- THÉMATIQUES (AMIES / INSMI)

*1 septembre 2021, Laboratoire Paul Painlevé, université de Lille*

*30 septembre 2021, Laboratoire Mathématiques de l'INSA Rouen Normandie.*

AMIES<sup>2</sup> organise à l'automne 2021, un cycle de journées nationales co-financées par l'Insmi : Intelligence Artificielle et Entreprises. L'objet de cet article est de présenter deux brèves résumant les journées qui ont eu lieu à Lille et Rouen en septembre 2021.

---

1. [nicolas.wicker@univ-lille.fr](mailto:nicolas.wicker@univ-lille.fr)

2. AMIES - Agence pour les Mathématiques en interaction avec l'Entreprise et la Société, <https://www.agence-maths-entreprises.fr> - est à la fois un LabEx et une Unité d'Appui à la Recherche - UAR - de l'université Grenoble Alpes et du CNRS, en partenariat avec Inria. La mission d'AMIES depuis sa création en 2011 est de développer les interactions entre entreprises et mathématiques académique sur l'ensemble du territoire français.

Le Laboratoire Paul Painlevé a réuni à Lille le 1er septembre 2021, un panel d'entreprises pour parler aux étudiantes, étudiants, et collègues de l'intelligence artificielle <https://www.mathconf.org/caic2021>.

Le Laboratoire de Mathématique de l'INSA Rouen (LMI) a organisé une journée à Rouen le 30 septembre 2021, <http://lmi.insa-rouen.fr/122.html>. Cette journée a été accolée au salon national Big Data de Paris (28 et 29 septembre) où le LMI était présent sur le site du DataLab Normandie, stand piloté par la Région Normandie mêlant de nombreuses entreprises et des laboratoires académiques.

### Conférence IA et entreprises, Lille le 1 septembre 2021

Avec le soutien de l'AMIES, du département de mathématiques et du laboratoire Paul Painlevé, le 1er septembre dernier étaient réunies à Lille des entreprises de différentes tailles pour parler aux étudiantes et étudiants de mathématiques, des perspectives et des enjeux de l'intelligence artificielle.

#### Les invités

- Jean-Claude BELFIORE (Director of the Advanced Wireless Lab, Huawei Paris),
- Nicolas BRUNEL (Directeur scientifique, Quantlab, Quantmetry),
- Rémi COULOM (CEO, Kayufu),
- Dalila HATTAB (Head of Financial Services Lab, Wordline Global),
- Véronique MAUME-DESCHAMPS (Directrice de l'AMIES),
- Aurèle MORVAN (Senior Data Scientist, Mercedes-Benz),
- Norman POH (Chief Science Officer, TrustStamp),
- Liva RALAIVOLA (Research Director of AI, Criteo),
- Marie SACKSICK (Senior Data Scientist, CybelAngel).

#### Pourquoi une telle journée ?

Les étudiantes, étudiants de licence, à la différence des élèves de grandes écoles, ont une formation très focalisée sur la théorie mathématique jusqu'à trois ans et plus après le baccalauréat. Ils et elles sont peu au fait des

différents métiers des mathématiques. En fin de licence, ils et elles ont une idée souvent imprécise des possibilités qui leurs sont offertes. Beaucoup ont surtout en ligne de mire la recherche et l'enseignement, mais peu le secteur de l'industrie ou des services, pensé davantage réservés aux ingénieurs. On constate fréquemment une sous-évaluation de leur potentiel, de leur part comme parfois de la part des entreprises. Celles-ci ne les prennent ensuite en stage que lorsqu'ils se sont orientés vers un master professionnel et sont souvent satisfaites de la qualité de leur recrutement si bien que des étudiantes et étudiants qui devaient simplement réaliser un stage sont finalement embauchés.

La conférence avait pour objectif justement de confronter nos jeunes étudiantes et étudiants en mathématiques à des mathématiciennes et mathématiciens en exercice dans diverses sociétés afin de leur montrer là de réelles opportunités de travail tout aussi enrichissantes que la recherche académique ou l'enseignement dans le secondaire.

## Les intervenants, les problématiques et les perspectives

Deux exposés en particulier étaient très didactiques et s'adressaient principalement aux étudiantes et étudiants. Le premier, d'Aurèle Morvan chez Mercedes, ancien étudiant du master Ingénierie Statistique et Numérique de Lille, a évoqué son parcours et montré les différentes facettes du métier de statisticien (data engineer, data analyst, data scientist) incitant l'auditoire à la prudence dans la recherche d'emploi afin de choisir le poste le plus adapté à aux aspirations avec un bon équilibre maths / info, mais aussi à porter attention à une bonne adéquation entre l'environnement de travail et le profil du poste. C'était l'occasion de rappeler une fois de plus que sans accès à des données de qualité on ne peut faire de statistique et encore moins de l'apprentissage.

Le second exposé de Rémi Coulom fondateur de Kayufu a permis une introduction très en douceur à l'IA et en particulier aux réseaux de neurones convolutifs avec des applications séduisantes pour les jeunes (et les moins jeunes aussi) comme le jeu de Go et les jeux vidéo de tir comme Call of Duty. Il a surpris en indiquant développer des algorithmes sans utiliser les bibliothèques classiques disponibles. Cela constitue une approche originale à contre-courant de ce que les étudiantes et étudiants peuvent imaginer, surtout lorsqu'ils ont déjà fait eux-mêmes de l'IA. Cela les a amené à questionner la pertinence de l'utilisation de boîtes noires ou à se demander ce qu'elles peuvent exactement contenir.

Ensuite, plusieurs exposés avaient pour thème la sécurité, au sens large. Norman Poh de TrustStamp a parlé de l'usurpation d'identité à différentes fins : obtenir un virement bancaire d'un tiers, passer une frontière, etc, et des moyens que sa société met en œuvre pour lutter contre, avec notamment la vérification de documents physiques (photo, typographie, etc.), la reconnaissance faciale et biométrique par la photo, mais aussi la vidéo. Il a rappelé que les enjeux financiers sont importants avec un grand nombre d'usurpations d'identités, notamment depuis l'épisode de la Covid-19, et que les mathématiques sont à la base des algorithmes utilisés.

Liva Ralaivola de Criteo a introduit la notion de confidentialité différentielle, une sécurité particulière. Ce type d'approche s'attache à éviter que des données personnelles, par exemple dans le domaine médical, puissent être retrouvées de manière indirecte en modifiant les données utilisées pour l'apprentissage. En particulier, il a présenté des résultats où elle est obtenue par projections aléatoires des données à protéger.

Dalila Hattab chez Wordline s'est focalisée sur l'IA au service des transactions bancaires sur des sujets allant de la détection d'anomalie de transaction à l'anticipation de panne sur les automates bancaires en passant par les fraudes de paiement. Elle utilise notamment de l'apprentissage supervisé sur des données de type séries temporelles pour distinguer ce qui est hors norme.

La sécurité c'est aussi celle des modèles d'apprentissage auxquels on demande naturellement des garanties en prédiction et en interprétation. Chez Quantmetry, l'équipe de Nicolas Brunel se penche sur ces questions. L'entreprise est complètement focalisée sur l'IA, ce qui explique un positionnement recherche assez fort sur le sujet. À son actif, on peut souligner une amélioration récente des scores de Shapley, approche qui permet une meilleure interprétation des variables explicatives dans des modèles prédictifs. Cette explicabilité est un des enjeux de l'IA au-delà de ses performances prédictives.

Les risques du sur-apprentissage ont été mis en relief par Marie Sacksick de CybelAngel qui fait face à données déséquilibrées comme cela se produit souvent en travaillant sur des problèmes de détection d'incidents. Le sur-apprentissage peut alors être évité par l'utilisation de bornes théoriques mais aussi par une étude fine des courbes de sensibilité. Le type d'incident recherché est la présence indue de documents techniques de grandes sociétés qui se retrouveraient sur la toile de manière malveillante ou accidentelle. Un exemple marquant lors de la conférence était la description détaillée du prototype d'un nouveau moteur d'avion d'un grand constructeur.



L'avenir de l'IA a été dessiné lors de l'intervention de Jean-Claude Belfiore (Huawei). En prévision de la future 6G, il pose la problématique de la duplication inutile et coûteuse de calculs sur les réseaux de communication. Une réponse à cela serait une fédération d'IA qui réaliserait de petites tâches et une communication plus sémantique. Par exemple, au lieu d'envoyer des centaines d'images de chat, on enverrait simplement le concept chat qui aurait été appris par ailleurs. L'approche sémantique amène à se concentrer davantage sur la notion d'invariant dans les apprentissages pour se rapprocher de ce que l'homme fait lorsqu'il apprend. Jean-Claude Belfiore définit un cadre très général issu de la théorie des catégories pour intégrer tous les modèles d'apprentissage proposés, faisant ainsi la part belle aux mathématiques fondamentales, sans doute l'une des caractéristiques de l'IA de demain.

## Bilan

---

Organisée facilement grâce à l'AMIES et au secrétariat du laboratoire Painlevé, cette journée IA et entreprises, marquait la rentrée universitaire pour les étudiantes et étudiants de mathématiques. Elle a vraisemblablement atteint son but : faire découvrir un éventail de problématiques et métiers liés à l'IA où les mathématiques (y compris fondamentales) ont toute leur place, permettre de diffuser le cas échéant des offres de stages ou alternances, mais aussi constater en marge que lorsque des entreprises recherchent des étudiants en mathématiques, elles ont parfois du mal à les cibler, faute de point d'entrée précis, et peuvent ainsi perdre du temps avant de trouver le bon relais. Nous espérons reconduire cette expérience qui a réuni une soixantaine de personnes cette année afin d'éclairer les étudiants sur leur avenir professionnel tout en promouvant les mathématiques dans le monde socio-économique.

## Intelligence Artificielle - Applications et défis mathématiques, Rouen le 30 septembre 2021

---

La journée du 30 septembre a été organisée en présentiel, et diffusée en direct en visio-conférence (des vidéos seront mises en ligne). Organisée par

Hasnaa Zidani (titulaire de la Chaire COPTI<sup>3</sup> à l'INSA Rouen au LMI), Nicolas Forcadel et Christian Gout, cette journée a rassemblé une soixantaine de personnes, il s'agissait de la première manifestation en présentiel depuis plusieurs mois, et c'est avec grand plaisir que les participantes et participants ont pu échanger dans des conditions favorisant largement les interactions!



<http://lmi.insa-rouen.fr/122.html>

Incluant des industriels (Criteo, Momenttech, Saagie, Caisse d'Epargne, Siemens Gamesa Renewable Energy...) et de nombreux académiques (laboratoire, mésocentre du CRIANN, MNSN...), les échanges ont couvert un large spectre d'applications mêlant mathématiques et IA.

Le choix avait fait de faire un focus sur des présentations orientées maths applis avec des orateurs très identifiés dans la communauté, après (évidemment!) une présentation introductive d'AMIES par Magalie Frédoc.

Le programme était le suivant :

**09:45 - 10:00** : Magalie Fredoc (AMIES)

*Labex Amies (Agence Maths-Entreprise)*

**10:00 - 10:45** : Stéphanie Allasoinière (Université de Paris & PR[AI]RIE)

*Geometry-Aware Variational Autoencoders for Medical Data Augmentation.*

**10:45 - 11:15** : Pause café

---

3. Contrôle OPTImal pour la modélisation mathématique et simulation numérique appliquées à l'environnement, au transport et au traitement d'images, Chaire financée par la Région Normandie et l'Europe (ERD Fund)

- 11:15 - 12:00** : Jalal Fadili (ENSICAEN & CNRS)  
*A dynamical system perspective of optimization in data science*
- 12:00 - 12:45** : Alexandre Gramfort (Inria & Univ. Paris Saclay)  
*Learning to learn on EEG signals : From bilevel optimization to automatic data-augmentation*
- 12:45 - 14:15** : Déjeuner HALL MAGELLAN - INSA ROUEN
- 14:15 - 15:00** : Ioana Manolescu (Inria & Institut Polytechnique de Paris)  
*What do the Sources Say? Interweaving Data Sources with the Help of AI for Journalistic Data Integration*
- 15:00 - 15:45** : Christophe Prieur (CNRS & Gipsa-Lab)  
*Navigation avec données magnéto-inertielles : de Kalman aux réseaux de neurones*
- 15:45 - 16:15** : Pause Café
- 16:15 - 17:00** : Alain Rakotomamonjy (Criteo AI Lab)  
*Solving Machine Learning Domain Adaptation problems through Optimal Transport*

Avec plus d'une centaine de participantes et participants (entre le présentiel et les connectés en distanciel), cette journée a été un beau succès, et le souhait de la réorganiser en 2022 est déjà acté sur un format de 1/2 journées : une consacrée aux entreprises, l'autre aux académiques. Le LMI remercie le CNRS (INSMI), AMIES, la Fédération Normandie Mathématiques (FR CNRS 3335), la Chaire COPTI et le projet M2SiNum (Région Normandie et Europe).

## À venir

---

D'autres manifestations mathématiques pour l'Intelligence Artificielle en entreprise sont prévues, dans le cadre de cette série organisée par AMIES et financée par l'Insmi :

- À Nice - Sophia Antipolis, organisée à l'université de Côte d'Azur, une semaine "AI & Companies" du 22 au 26 novembre 2021, permettra à des jeunes chercheuses et chercheurs de travailler sur des sujets proposés par des entreprises et liés à l'intelligence artificielle (<https://3ia.univ-cotedazur.eu/mathematics-study-group-for-industry>).
- À Marseille, le 6 décembre 2021, est organisée une journée Intelligence Artificielle à destination notamment des étudiantes et étudiants de master.

Un grand merci à toutes les équipes d'organisation!

### Nicolas WICKER



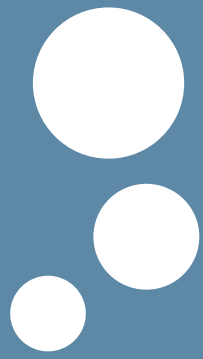
Nicolas Wicker a commencé sa carrière en faisant de la bioinformatique à l'IGBMC avant de rejoindre l'équipe de probabilités et statistiques de Lille où il est actuellement professeur. Il s'intéresse à l'analyse de données, aux statistiques computationnelles et à l'intelligence artificielle. Ses domaines d'application préférés sont la biologie et les jeux vidéo.

**Email :** [nicolas.wicker@univ-lille.fr](mailto:nicolas.wicker@univ-lille.fr)

**Site web :**

<http://labomath.univ-lille1.fr/~wicker/>

# Quand deux revues de l'IHP prennent la direction de l'Open Access...



par :

Grégoire ALLAIRE

Maria J. ESTEBAN<sup>1</sup> — CEREMADE, Université  
Paris-Dauphine, PSL, CNRS

Sylvie BENZONI-GAVAGE<sup>2</sup> — Institut Henri  
Poincaré

## ...POSSIBILITÉS, DIFFI- CULTÉS ET SOLUTIONS.

Créée en 1984 pour accompagner le développement de l'analyse non-linéaire<sup>3</sup>, la série C des Annales de l'Institut Henri Poincaré fut d'abord publiée par la maison d'édition Gauthier-Villars. Depuis la cession de cette maison à la fin des années 1990, les **Annales de l'IHP C** ont été publiées par Elsevier, sous format papier puis aussi en ligne<sup>4</sup>.

Au fil des années, la revue a su asseoir sa réputation, le comité éditorial se montrant très sélectif. Elle est aujourd'hui reconnue comme l'une des toutes meilleures revues dans le domaine de l'analyse et des équations aux dérivées partielles.

La série D des Annales de l'Institut Henri Poincaré est plus récente. Créée en 2014 autour des interactions entre la physique et la combinatoire, elle

1. [esteban@ceremade.dauphine.fr](mailto:esteban@ceremade.dauphine.fr)

2. [benzoni@math.univ-lyon1.fr](mailto:benzoni@math.univ-lyon1.fr)

3. Voir l'éditorial de Jean-Pierre Aubin [http://www.numdam.org/item/AIHPC\\_1984\\_\\_1\\_1\\_R1\\_o.pdf](http://www.numdam.org/item/AIHPC_1984__1_1_R1_o.pdf)

4. Voir <https://www.journals.elsevier.com/annales-de-linstitut-henri-poincare-c-analyse-non-lineaire>, les archives étant disponibles sur <http://www.numdam.org/journals/AIHPC/>

est publiée par la maison d’édition de la Société mathématique européenne, EMS Press<sup>5</sup>, sous format papier et électronique.

Ces deux revues<sup>6</sup>, les Annales de l’IHP C et D appartiennent à l’**Association Publications de l’Institut Henri Poincaré** (PIHP), fondée en 1982 sous le nom « Institut Henri Poincaré » par Jean-Pierre Aubin, renommée en 1999 et présidée depuis lors par les directeurs successifs de l’IHP.

La publication par Elsevier des Annales de l’IHP C s’est faite en bonne intelligence entre les éditeurs-en-chef, Maria J. Esteban et Éric Séré, et le responsable des mathématiques chez Elsevier, Giovanni Raneri, pendant de nombreuses années. Cependant le mouvement de boycott lancé en 2012 par Tim Gowers<sup>7</sup> se fait sentir, notamment dans la difficulté à trouver des referees. À partir de 2018, année d’arrivée de Sylvie Benzoni-Gavage comme présidente de PIHP, une réflexion est engagée par les éditeurs-en-chef en association avec le comité éditorial des Annales de l’IHP C sur l’évolution du modèle de publication. Leur souhait est d’aller vers de l’accès libre (Open Access) sans frais pour les auteurs et autrices.

La réflexion est portée au niveau de l’association PIHP, qui approuve en 2019 un « **projet associatif** » soutenant la transition des revues vers des modèles ouverts. Le bureau de l’association et les éditeurs-en-chef des Annales de l’IHP C étudient les différentes possibilités en matière d’accès libre, en tenant compte de l’estimation de leurs coûts. L’idée est de trouver une solution la plus pérenne possible.

Parmi les options se trouve la plateforme du Centre Mersenne<sup>8</sup>. Financée par le CNRS, elle publie des revues en « **Diamond Open Access** », c’est-à-dire en accès libre et gratuit en version électronique, sans frais pour les auteurs et autrices. Cependant ces revues comme les autres ont un **coût** : le coût du **système éditorial**, servant notamment au processus de relecture par les pairs et de sélection des articles, celui de la « **mise aux normes** » des articles (présentation, questions de langue, méta-données), ainsi que le coût d’**hébergement** des revues (archivage et mise à disposition en ligne).

La plateforme **Mersenne** offre un système éditorial (OJS) et l’hébergement, comme le faisait auparavant le CEDRAM (Centre de diffusion de revues académiques mathématiques<sup>9</sup>). Quant à la mise aux normes, lorsqu’elle n’est pas assurée par des collègues volontaires, elle nécessite de faire appel à des

5. Voir <https://ems.press/journals/aihp>

6. Tout comme les Annales de l’IHP B et les Annales Henri Poincaré – ces dernières en copropriété avec la Société Suisse de Physique.

7. Voir <https://gowers.files.wordpress.com/2012/02/elsevierstatementfinal.pdf>

8. Voir <https://www.centre-mersenne.org/>

9. Voir <http://www.cedram.org/>

prestataires, et elle est par conséquent payante : l'ordre de grandeur est de 10€ par page pour une mise aux normes professionnelle.

Personne parmi les éditeurs et éditrices des Annales de l'IHP C ne souhaite avoir à s'occuper de la mise aux normes. Elles et ils souhaitent trouver une solution leur permettant de se concentrer sur leur travail de sélection des articles. Par ailleurs, les fonds propres de l'association peuvent couvrir des coûts de mise aux normes, mais seulement pour quelques années.

Se pose ainsi la question du devenir des revues après épuisement des réserves financières de l'association. Revenir à un modèle plus classique sur abonnement, si tant est qu'il existe encore à ce moment là, se heurte au fait que les bibliothèques n'auraient plus ces revues dans leur radar pendant plusieurs années : par définition, elles n'ont pas à s'abonner à des revues en Open Access. Cette difficulté serait levée si un format papier perdurait sur abonnement. Mais ce n'est pas un service proposé par le Centre Mersenne, ni d'ailleurs par Elsevier qui fait une offre avec un tarif comparable de Diamond Open Access aux Annales de l'IHP C.

Au delà du souhait d'aller vers un modèle ouvert pour cette revue, il y a la volonté de la faire publier par une maison d'édition plus attachée au monde académique qu'à l'aspect commercial de l'édition scientifique. Une option aurait pu être la Société mathématique de France. Cependant les discussions se tournent vers la Société mathématique européenne et sa maison d'édition EMS Press, qui publie déjà les Annales de l'IHP D.

Là, deux possibilités sont offertes à la revue. La première est d'être publiée en Diamond Open Access, moyennant le financement des coûts sur les fonds propres de l'association jusqu'à leur épuisement. La seconde option est de rentrer dans le modèle « **Subscribe To Open** » (S2O<sup>10</sup>) promu par EMS Press<sup>11</sup> et d'autres éditeurs liés au monde académique, dont EDP Sciences qui publie les revues de la Société de mathématiques appliquées et industrielles.

La volonté d'assurer l'avenir de la revue sur le long terme fait pencher la balance du côté du modèle S2O. Car même s'il est nouveau, il est conçu pour être viable de manière pérenne, tout en ayant comme but de rendre les revues en accès libre. Atteindre ce but repose néanmoins sur un **pari** chaque année : celui que les bibliothèques ayant les moyens de s'abonner le fassent et qu'il y en ait assez pour couvrir les coûts. Si le pari est tenu, à partir d'un certain nombre d'abonnements enregistrés pendant une année N-1, la maison d'édition rend la revue en accès libre pour l'année N.

10. Voir <https://subscribetoopencommunity.org/>.

11. Voir <https://ems.press/subscribe-to-open>.

Ce modèle repose bien entendu sur un **contrat de confiance** entre la revue et la maison d'édition, qui ne doit pas chercher à maximiser ses profits. Elle doit aussi maintenir des **tarifs d'abonnement modestes**, de façon à inciter les bibliothèques à s'abonner.

À première vue, un **risque** est que les bibliothèques jouent au **passager clandestin**, et ne s'abonnent pas en espérant que d'autres le feront. Le risque est néanmoins limité, dans une période où les négociations ne se font plus bibliothèque par bibliothèque mais par des **consortia nationaux**, qui peuvent comprendre l'intérêt d'un tel modèle afin de limiter les frais d'abonnement. La maison EMS Press a opté pour ce modèle après avoir étudié toutes sortes de possibilités. Elle s'y est lancée l'an dernier, avec un **beau début** puisque ses 10 revues publiées en mode S2O sont en accès libre en 2021. Elle propose de plus des abonnements au format papier, ce qui est une incitation supplémentaire pour les bibliothèques engagées dans un **plan de conservation**.

Après de nombreuses discussions, l'association PIHP décide de quitter Elsevier et de conclure avec EMS Press un contrat dans le modèle S2O. Celui-ci ne porte pas seulement sur les **Annales de l'IHP C**, mais également sur les **Annales IHP D**. À partir de début 2022 ces deux revues feront donc partie de l'ensemble de revues mathématiques qu'**EMS Press** proposera à l'abonnement en **S2O** aux bibliothèques du monde entier.

C'est un pari que prend l'association, et seul le futur nous dira s'il s'agissait d'un bon choix pour rendre ces revues en accès libre. Mais quoi qu'il arrive, les Annales de l'IHP – Analyse non linéaire, seront désormais publiées par une maison d'édition liée au monde de la recherche au travers de la Société mathématique européenne, ce qui est en soi une très bonne nouvelle!

Enfin, le changement de contrat des Annales de l'IHP C et D se fait sans coût, contrairement à ce qui se serait passé avec une solution en Diamond Open Access. Aussi l'association a décidé d'utiliser une partie des fonds prévus dans son projet associatif à la création d'un programme de **subvention d'abonnements** aux deux revues pour des bibliothèques de pays en voie de développement qui le demanderaient. L'appel à candidatures est ouvert jusqu'au **15 Octobre 2021** à l'adresse <https://sondages.ihp.fr/index.php/698883?lang=fr>.

**Grégoire ALLAIRE**

Grégoire Allaire est membre du CA de l'Association PIHP



## Maria J. ESTEBAN



Maria J. Esteban est directrice de recherche au CNRS et est affectée au CEREMADE, labo de mathématiques appliquées de l'Université Paris-Dauphine. Ses principaux thèmes de recherche sont l'étude des meilleures constantes et propriétés qualitatives des fonctions extrémales d'inégalités fonctionnelles ainsi que la physique mathématique et en particulier l'étude de problèmes linéaires et non-linéaires en mécanique quantique relativiste. (Photo : Didier Goupy)

**Email :** [esteban@ceremade.dauphine.fr](mailto:esteban@ceremade.dauphine.fr)

**Site web :**

<https://www.ceremade.dauphine.fr/~esteban/>

## Sylvie BENZONI-GAVAGE

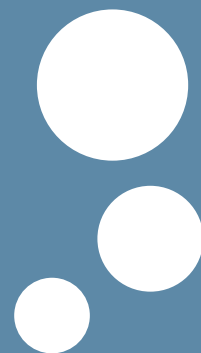


Sylvie Benzoni-Gavage est professeure à l'Université Claude Bernard Lyon 1, membre de l'Institut Camille Jordan dans l'équipe modélisation mathématique et calcul scientifique. Ses thématiques de recherche portent sur les équations aux dérivées partielles appliquées à la physique des fluides et des ondes non-linéaires. Elle est actuellement directrice de l'Institut Henri Poincaré et présidente de l'association des publications de l'IHP. (photo : Camille Cier)

**Email :** [benzoni@math.univ-lyon1.fr](mailto:benzoni@math.univ-lyon1.fr)

**Site web :** <http://math.univ-lyon1.fr/~benzoni/>





par : \_\_\_\_\_  
Cécile LOUCHET<sup>1</sup> – 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.*

## THÈSES DE DOCTORAT D'UNIVERSITÉ

- ▶ *Thèse soutenue par* : Alain BEROD
- ▶ *Sous la direction de* : Franck Nicoud (IMAG, Montpellier) et Simon Mendez (IMAG, Montpellier).

**Modélisation in-silico des effets hémodynamiques des prothèses endovasculaires dans le traitement des anévrismes cérébraux : application à l'estimation des chances de succès.**

*Soutenue le 19 mai 2021  
Université de Montpellier*

### Résumé :

L'hémodynamique présente dans les anévrismes intracrâniens traités par voie endovasculaire s'est avérée être l'un des mécanismes essentiels à la réussite du traitement en raison de sa relation étroite avec les processus impliqués dans la thrombose et conduisant à la formation

1. [cecile.louchet@univ-orleans.fr](mailto:cecile.louchet@univ-orleans.fr)

d'un caillot stable à l'intérieur de l'anévrisme. Donnant accès à l'hémodynamique, la mécanique des fluides numériques (MFN) utilisée sur des géométries réelles de patients a été largement utilisée au cours de la dernière décennie afin d'améliorer les dispositifs existants et de prédire les chances de succès en amont de l'acte chirurgical. Néanmoins, les simulations CFD "classiques", dites conformes, entraînent des coûts de calcul et de maillage élevés en raison de l'hétérogénéité des échelles de longueur entre le tressage dense des fils fins composant le dispositif et le volume artériel. Les stratégies homogènes récemment développées pour contourner ce problème substituent les dissipations locales dues aux fils par un effet global sous la forme d'une perte de charge à travers la surface du dispositif. Cependant, ces méthodes ne peuvent pas reproduire avec précision l'écoulement local au niveau des fils, en dépit du fait que ce dernier dicte fortement l'hémodynamique intra-sacculaire en aval. Cette thèse vise à développer un modèle de calcul reproduisant correctement les hétérogénéités d'écoulement locales induites par les fils tout en maintenant la consommation de mémoire, le maillage et les temps de calcul aussi bas que possible. Une approche basée sur la méthode des frontières immergées (IBM) est introduite et validée sur des géométries à la fois idéalisées et réelles de patients traités avec des dispositifs endovasculaires. Il est démontré que le modèle actuel se compare qualitativement et quantitativement bien aux résultats conformes pour les diverteurs de flux (FDs) mais, plus important encore, il donne des résultats qui sont soit comparables soit meilleurs que les méthodes homogènes, avec des gains respectivement d'un et trois ordres de grandeur en mémoire vive et temps de calcul par rapport à la méthode conforme. De plus, l'approche proposée a prouvé sa polyvalence à modéliser fidèlement d'autres dispositifs endovasculaires tressés tels que les WEBs intra-sacculaires. Enfin, une base de données de calculs numériques utilisant le modèle actuel a été construite à partir de 27 géométries réelles de patients traités avec des WEBs et pour lesquels le résultat du traitement est connu. Des outils numériques semi-automatiques utilisés pour construire cette base de données et destinés aux non-spécialistes de la MFN sont présentés.

Les résultats préliminaires d'une étude consacrée à la prédiction du résultat du traitement en utilisant à la fois des indices géométriques et hémodynamiques dérivés de cette base de données sont donnés et discutés. Plusieurs limites importantes sont soulignées et doivent être prises en compte dans des travaux futurs.

► *Thèse soutenue par* : **Georis BILLO**

► *Sous la direction de* : Pierre Sagaut (M2P2 Marseille) et Michel Belliard (CEA Cadarache).

---

**Numerical modeling of an in-vessel flow limiter : A second order finite element penalized direct forcing immersed boundary method for infinitely thin obstacles in a dilatible flow**

*Soutenue le 20 juillet 2021  
École Centrale de Marseille*

---

**Résumé :**

Dans le cadre du développement de nouveaux systèmes passifs de sûreté pour les réacteurs nucléaires à eau pressurisée, les simulations numériques d'écoulements diphasiques turbulents autour de géométries complexes sont des outils privilégiés pour modéliser, évaluer et optimiser de nouvelles formes ou de nouveaux designs. Afin de satisfaire les exigences de l'industrie, les outils de mécanique des fluides numérique doivent être le plus rapide, robuste et précis possible. Le but de mon projet de thèse est de développer un outil de cet acabit. Les contraintes susmentionnées tendent à écarter une approche de type "body-fitted". Nous avons en effet choisi une approche de type domaine fictif pour traiter ce problème. Plus précisément, l'outil développé résout les équations de Navier-Stokes pour un mélange équivalent dilatible à l'aide d'un schéma de projection, d'une méthode de frontière immergée appelée Penalized Direct Forcing adaptée à des obstacles infiniment fins et d'une formulation éléments finis. Différentes conditions limites immergées peuvent être modélisées en imposant des valeurs Dirichlet pour le champ de vitesse au voisinage de la paroi immergée. Pour imposer ces valeurs Dirichlet, deux variantes ont été étudiées : la première consiste à directement utiliser la vitesse de l'obstacle comme valeur Dirichlet et la seconde à interpoler linéairement le champ de vitesse en proche

paroi (pour une augmentation de l'ordre de convergence en espace). Plusieurs méthodes d'interpolation (directionnelle, multidirectionnelle, hybride) ont été développées mais, dans tous les cas, ces méthodes nécessitaient de nouvelles données concernant la géométrie de l'obstacle. Ainsi, le traitement des données géométriques, provenant généralement de maillages créés par des outils de conception assistée par ordinateur, est une question centrale et, encore une fois, différentes approches ont été testées. Dans un premier temps, des cas tests académiques (écoulement de Poiseuille, de Taylor-Couette, autour d'un cylindre) ont été utilisés pour mener des études de convergence. Les résultats obtenus sont en accord avec les solutions analytiques et les données expérimentales. De plus, conformément à la théorie, l'ordre 2 est atteint en espace lorsque l'interpolation linéaire est utilisée. Ensuite, des cas quasi-industriels (dont un en 3D) ont été utilisés, d'une part, pour démontrer la capacité de notre méthode à traiter des géométries complexes et, d'autre part, pour dresser ses avantages et ses inconvénients. En termes de perspectives à venir, dans le but de réaliser des simulations d'écoulements diphasiques et turbulents, des modifications de la méthode sont envisagées, telles que l'adaptation du schéma de projection à un modèle faiblement compressible et l'ajout de loi de paroi immergée (i.e. interpolation via des lois de paroi turbulentes).

► *Thèse soutenue par* : **Radia BOUABDALLAH**

► *Sous la direction de* : Bijan Mohammadi (IMAG, Montpellier) et en souvenir de Prof. Marc-Olivier Czarnecki (IMAG, Montpellier).

---

**Optimisation en présence d'incertitudes de la répartition de la charge dans les problèmes elliptiques : Application à la mécanique des structures**

*Soutenue le 6 juillet 2021*

*Université de Montpellier*

---

**Résumé :**

Cette thèse porte sur l'application d'une méthode directe d'optimisation de répartition des charges mécaniques sur une structure. Le but est d'amener la structure à une déformation prescrite. On montre comment tirer avantage de la présence de linéarité entre les variables d'optimisation et la solution de l'équation d'état pour décliner explicitement la

solution optimale au sens des moindres carrés, et ceci sans aucune méthode itérative de type gradient. On montre, par ailleurs, comment cette méthode permet une analyse de sensibilité de la solution par rapport aux petites perturbations d'une part des charges, et d'autre part, de la déformation cible. Ces analyses de sensibilités utilisent des stratégies à faible complexité de propagation directe et rétrograde des incertitudes, et on montre que là aussi les opérations peuvent être déclinées de façon explicite.

- ▶ *Thèse soutenue par* : Etienne BOURSIER
- ▶ *Sous la direction de* : Vianney Perchet (ENS Paris-Saclay).

---

### **Apprentissage séquentiel dans un environnement stratégique**

*Soutenue le 30 septembre 2021*

*Université Paris-Saclay, ENS Paris-Saclay, Centre Borelli*

---

#### **Résumé :**

En apprentissage séquentiel (ou jeux répétés), les données sont acquises et traitées à la volée et un algorithme (ou stratégie) apprend à se comporter aussi bien que s'il avait pu observer l'état de nature, par exemple les distributions des gains. Dans de nombreuses situations réelles, de tels agents intelligents ne sont pas seuls et interagissent ou interfèrent avec d'autres. Ainsi, leurs décisions ont un impact direct sur les autres agents et indirectement sur leurs propres gains à venir. Nous étudions de quelle manière les algorithmes d'apprentissage séquentiel peuvent se comporter dans des environnements stratégiques quand ils sont confrontés à d'autres agents. Cette thèse considère différents problèmes où certaines interactions entre des agents intelligents apparaissent, pour lesquels nous proposons des algorithmes efficaces en termes de calcul avec de bonnes garanties de performance (faible regret). Lorsque les agents sont coopératifs, la difficulté du problème vient de son aspect décentralisé, étant donné que les agents prennent leurs décisions en se basant seulement sur leurs propres observations. Dans ce cas, les algorithmes proposés non seulement coordonnent les agents afin d'éviter des interférences entre eux, mais ils utilisent également ces interférences pour transférer de l'information entre les agents. Cela permet d'obtenir des performances comparables aux meilleurs algorithmes

centralisés. Avec des agents en concurrence, nous proposons des algorithmes avec des garanties satisfaisantes, à la fois en terme de performance et de stratégie ( $\epsilon$ -équilibre de Nash par exemple).

► *Thèse soutenue par* : **Linda CHAMAKH**

► *Sous la direction de* : Emmanuel Gobet et Zoltán Szabó (École Polytechnique), Jean-Philippe Lemor (BNP Paribas).

---

**Quantification des incertitudes en gestion d'actifs :  
méthodes à noyaux et fluctuations statistiques**

*Soutenue le 31 août 2021  
CMAP, École Polytechnique*

---

**Résumé :**

Le traitement des incertitudes est un problème fondamental dans le contexte financier. Les variables étudiées sont souvent dépendantes du temps, avec des queues de distribution épaisses. Dans cette thèse, on s'intéresse à des outils permettant de prendre en compte les incertitudes sous ses formes principales : incertitudes statistiques, paramétriques et erreur de modèle, tout en gardant en tête qu'on souhaite les appliquer à ce contexte. La première partie est consacrée à l'établissement d'inégalités de concentration dans le cadre de variables à queues épaisses. L'objectif de ces inégalités est de quantifier quelle confiance on peut donner à un estimateur basé sur une taille finie d'observations. Dans cette thèse, nous établissons de nouvelles inégalités de concentration, qui couvrent notamment le cas d'estimateur à distribution log-normale. Dans la seconde partie, on traite de l'impact de l'erreur de modèle pour l'estimation de la matrice de covariance sur des rendements boursiers, sous hypothèse qu'il existe un processus de covariance instantanée entre les rendements dont la valeur présente dépend de sa valeur passée. On peut alors construire explicitement la meilleure estimée de la matrice de covariance pour un instant et un horizon d'investissement donnés, et montrer qu'elle fournit la variance réalisée la plus faible avec grande probabilité dans le cadre du portefeuille minimum variance. Dans la troisième partie, on propose une approche pour estimer le ratio de Sharpe et l'allocation de portefeuille lorsqu'ils dépendent de paramètres jugés incertains. Notre approche passe par l'adaptation



d'une technique d'approximation stochastique pour le calcul de la décomposition en polynômes du chaos de la quantité d'intérêt. Enfin, dans la dernière partie de cette thèse, on s'intéresse à l'optimisation de portefeuille avec distribution cible. Cette technique peut être formalisée sans avoir recours à aucune hypothèse de modèle sur les rendements. Nous proposons de trouver ces portefeuilles en minimisant des mesures de divergence basées sur les fonctions noyau et la théorie du transport optimal.

► *Thèse soutenue par* : **Alessandro CUCCHI**

► *Sous la direction de* : Nicolas Meunier (Université d'Evry Val d'Essonne).

---

### **Études mathématique et numérique de modèles décrivant la motilité cellulaire**

*Soutenue le 6 juillet 2021*

*Laboratoire MAP5 - Université de Paris*

---

#### **Résumé :**

La motilité cellulaire est un phénomène complexe qui intervient dans de nombreux processus biologiques fondamentaux. En effet, elle est le résultat d'un grand nombre d'interactions faisant intervenir différentes échelles de temps et d'espace. Cette thèse est consacrée à l'étude de plusieurs modèles mathématiques décrivant la motilité cellulaire par reptation. Nous avons développé deux approches différentes de modélisation. Dans une première partie, nous considérons la cellule comme un domaine déformable qui se déplace grâce à sa dynamique interne. Nous étudions un modèle de champ de phase de type Canh-Hilliard couplé à une équation de réaction-diffusion et nous montrons que ce modèle converge formellement vers un problème à frontière libre de type Hele-Shaw avec tension surface qui inclut un terme de bord non standard déstabilisant et qui dépend de la vitesse du bord. Nous effectuons une analyse rigoureuse dans les cas 1D et 2D et nous montrons l'apparition de deux phénomènes : l'existence de solutions de type Traveling Wave et le phénomène d'Hystérésis. Ces phénomènes se produisent lorsque le terme déstabilisant du bord est suffisamment fort. Dans une deuxième partie, nous considérons la cellule comme une particule active et nous

étudions les effets d'un environnement externe complexe sur le mouvement de la cellule. Nous étudions la compétition de trois quantités : la dynamique interne, l'action d'un signal qui attire la cellule et la présence d'obstacles fixes de forme circulaire. Nous observons numériquement l'existence d'une valeur de la vitesse que la cellule ne dépasse pas, même si l'intensité du signal augmente. Cette valeur seuil de la vitesse dépend du nombre d'obstacles. Nous pensons que ces modèles pourront permettre de mieux comprendre certains aspects de la motilité cellulaire puisqu'ils sont capables de décrire la polarisation et l'interaction avec l'environnement extérieur.

► *Thèse soutenue par* : **Gauthier DELVOYE**

► *Sous la direction de* : Déborah Closset-Kopp (Edysan, université de Picardie Jules Verne) et Olivier Goubet (Laboratoire Paul Painlevé).

---

**Modélisation de la dynamique d'une métacommunauté forestière**

*Soutenue le 12 juillet 2021*

*LAMFA, Université de Picardie Jules Verne*

---

**Résumé :**

L'objet de cette thèse est l'étude de la dynamique des métacommunautés, aussi bien d'un point de vue théorique que numérique, ainsi que l'élaboration d'un modèle applicable à la conservation de la biodiversité. Nous étudions dans un premier temps un modèle neutre de communauté, la chaîne de Markov de Wright-Fisher. Dans le cas de deux espèces, nous démontrons la convergence en grande population de ce modèle vers la diffusion de Wright-Fisher via la convergence d'opérateurs vers un semi-groupe. De ce résultat, nous déduisons que les temps moyens d'absorption de la chaîne convergent, en grande population, vers le temps d'absorption de la diffusion. Nous modélisons ensuite la dynamique d'une métacommunauté de deux patchs et deux espèces via une méthode de pas fractionnaires, appliquant une étape de migration inter-patch suivie, indépendamment sur chaque patch, d'un processus de Wright-Fisher. En adaptant la stratégie présentée dans le cas unidimensionnel, nous obtenons la convergence du modèle discret vers un semi-groupe dont le générateur est composé d'un terme de convection dû à la migration et d'une diffusion issue des processus

de Wright-Fisher. L'étude des temps d'absorption est elle aussi abordée. Nous analysons ensuite numériquement le cas d'une métacommunauté de  $\Pi$  patches et  $\Sigma$  espèces. Nous exposons des conjectures quant à l'influence de la topologie du graphe de patches sur le temps d'extinction d'une espèce. Enfin, nous confrontons les algorithmes développés à des données de terrain. Après estimation des différents paramètres, nous disposons d'un modèle parvenant à reproduire divers motifs des métacommunautés empiriques. Le modèle calibré est utilisé pour explorer la question de la fragmentation *per se*, encore ouverte en écologie. Nous observons, sous réserve de l'hypothèse de neutralité, que celle-ci n'a pas d'effet sur la diversité  $\gamma$  d'une métacommunauté.

► *Thèse soutenue par* : **Ruben DI BATTISTA**

► *Sous la direction de* : Marc Massot (École Polytechnique).

---

**Vers un cadre unifié de modélisation eulérienne pour les écoulements diphasiques : phénomènes géométriques à petite échelle et stratégies de calcul flexibles associées**

*Soutenue le 29 septembre 2021  
CMAP, École Polytechnique*

---

**Résumé :**

Nous assistons actuellement à une "deuxième course à l'espace" : des entreprises privées comme SpaceX ouvrent la voie à une nouvelle génération de systèmes de lanceurs spatiaux optimisés pour leur rentabilité et leurs performances extrêmes, qui permettront à l'humanité d'atteindre Mars pour la première fois dans son existence. L'un des aspects essentiels de ces systèmes est d'offrir un niveau élevé de réutilisation, ce qui entraîne une baisse drastique des coûts de lancement. Cela se traduit par des systèmes de propulsion qui doivent fonctionner dans des enveloppes de vol plus larges, avec des paires d'ergols plus avantageuses comme le méthane et l'oxygène liquides, ce qui exige une conception plus rigoureuse des systèmes d'injection. Les injecteurs sont responsables de la nébulisation correcte des ergols et ils ont un impact direct sur les performances des moteurs. Les stratégies de modélisation actuelles ne parviennent pas à prédire les distributions correctes de gouttelettes dans la chambre de combustion. L'objectif de cette thèse est donc d'offrir un cadre de modélisation unifié permettant la dérivation

de systèmes d'équations pour les écoulements diphasique, caractérisé par une structure mathématique solide obtenue avec un principe variationnel appelé "Principe d'Action stationnaire" (SAP). Cet effort est soutenu par un ensemble d'outils informatiques adaptés qui permettent le choix rationnel des hypothèses de modélisation et la simulation efficace des modèles développés, éventuellement sur des architectures modernes. Ce travail identifie trois points principaux d'amélioration : le développement de modèles d'ordre réduit avec le SAP, comportant un ensemble d'équations qui incluent des propriétés géométriques telles que la densité de la surface interfaciale et les courbures moyenne et de Gauss; la mise en œuvre d'un outil de post-traitement géométrique pour les simulations à haute-fidélité utilisé pour recueillir des informations utiles afin d'élaborer un modèle d'ordre réduit précis, et le développement d'une bibliothèque Python qui agit comme un outil de prototypage rapide visant à tester rapidement des idées dans le contexte des schémas numériques, des conditions limites, des configurations de domaine, avec la possibilité d'exploiter des architectures de calcul modernes comme les GPU.

► *Thèse soutenue par* : **Mathilde FEKOM**

► *Sous la direction de* : Nicolas Vayatis (ENS Paris-Saclay).

---

### **Sequential Resource Allocation for network diffusion control**

*Soutenue le 21 janvier 2021*

*Université Paris-Saclay, Centre Borelli*

---

#### **Résumé :**

In this thesis we extend the Dynamic Resource Allocation (DRA) problem and propose a multi-round dynamic control framework, which we realize through the derived Sequential DRA model (SDRA). Contrary to the standard full-information and full-access DRA considerations, at each intervention round, the DM gains information and access only a fraction of the nodes, in a sequential fashion. Standard SSP variants, such as the very well-known secretary problem, begin with an empty selection set (cold-start) and perform the selection process once over a single candidate set (single-round). These two limitations are addressed in this thesis. First, we introduce the novel Warm-starting SSP setting

that considers having at hand a reference set, which is a set of previously selected items, and tries to update optimally that set while examining the sequence of arriving candidates. The Multi-round Sequential Selection Process, the new online-within-online problem, is then introduced as a natural extension of the warm-starting selection. Both rank-based and score-based objective functions over the final selection are considered. A cutoff-based approach is proposed for the former, while the optimal strategy based on dynamic thresholding is derived for the latter assuming that the score distribution is known. These strategies are then put in comparison for their efficiency in the traditional selection setting as well as in solving network control problems that motivated this thesis. The generality of the introduced models allow their application to a wide variety of fields and problems; for instance, reoccurring recruiting processes or management of resources (e.g. beds, staff) in healthcare units.

► *Thèse soutenue par* : **Guillaume FERRIERE**

► *Sous la direction de* : Matthieu Hillairet (IMAG, Montpellier) et Rémi Carles (IRMAR, Rennes 1).

---

### **Équation de Schrödinger non linéaire avec non linéarité logarithmique**

*Soutenue le 22 juin 2021  
Université de Montpellier*

---

#### **Résumé :**

Cette thèse est centrée sur l'analyse de l'équation de Schrödinger non-linéaire avec non-linéarité logarithmique (logNLS). Dans un premier temps, nous étudions le comportement en temps long en régime défocalisant, dont un comportement universel a été observé. Nous précisons ce comportement par une vitesse de convergence optimale en distance de Wasserstein (aussi appelée distance de Kantorovich-Rubinstein). Nous montrons en parallèle que les propriétés de cette équation permettent d'obtenir via la transformée de Wigner un objet limite à la limite semi-classique vérifiant également le même comportement en temps long. Cette commutation entre limite semi-classique et comportement en temps long est une caractéristique inhabituelle pour une équation de Schrödinger. Par la suite, nous nous intéressons au régime focalisant,

et plus particulièrement aux interactions entre solitons (qui sont dans ce cadre des fonctions gaussiennes appelées Gaussons) et même plus généralement entre les solutions gaussiennes explicites que cette équation admet. Nous montrons d'abord qu'une solution de logNLS ayant pour donnée initiale une somme de gaussiennes éloignées entre elles reste proche de la somme des solutions gaussiennes correspondantes jusqu'à un temps de l'ordre du carré de la distance minimale entre les gaussiennes. Ensuite, nous démontrons l'existence de multi-Gaussons et même de multi-gaussiennes (solution se comportant en temps grand comme une somme de solutions gaussiennes) ayant une vitesse de convergence plus rapide qu'exponentielle, ainsi que leur unicité sous cette hypothèse de vitesse de convergence. Pour finir, nous effectuons une analyse BKW de cette équation. Les équations limites de cette analyse étant le système d'Euler isotherme, dont la résolution a été faite via les variables de Riemann, nous établissons une théorie de Cauchy en utilisant des inconnues similaires aux variables de Riemann, correspondant à des solutions de la forme  $e^{\psi/2+\phi/\epsilon}$  pour logNLS dans un cadre semi-classique, sous hypothèse d'analyticité. Nous montrons en outre que ces variables convergent à la limite semi-classique, et que les fonctions limites sont solutions du système d'Euler isotherme sous la forme "variables de Riemann".

► *Thèse soutenue par* : Marouan HANDA

► *Sous la direction de* : Jean-Paul Chehab (LAMFA) et Vivien Desveaux (LAMFA).

---

**Modélisation, optimisation et simulation  
des réseaux de distribution d'électricité**

*Soutenu le 13 juillet 2021*

*LAMFA, Université de Picardie Jules Verne*

---

**Résumé :**

La planification et la gestion des réseaux de distribution d'électricité a pour objectif l'acheminement de l'électricité depuis le réseau de répartition jusqu'aux consommateurs, tout en garantissant un bon niveau de qualité, de sécurité et un coût le plus bas possible. La meilleure stratégie de gestion peut alors être vue comme la solution d'un problème d'optimisation, où l'on cherche à minimiser une fonction repré-

sentant un objectif économique ou technoéconomique, sous certaines contraintes physiques du réseau. Plusieurs échelles de description du réseau sont possibles selon l'objectif souhaité (impact du stockage, minimisation des pertes en ligne, minimisation du coût d'achat d'énergie, utilisation des énergies renouvelables, etc). Dans cette thèse, on propose deux échelles de description du réseau de distribution : l'échelle macroscopique où la spatialité du réseau n'est pas considérée et l'échelle microscopique qui décrit de manière réaliste la topologie du réseau. Pour l'échelle macroscopique, on étudie deux modèles de distribution incluant le stockage d'énergie, correspondant chacun à une situation économique donnée. Le but de ces modèles est d'étudier l'impact de l'utilisation du stockage d'énergie sur l'économie du réseau. On propose ensuite un algorithme de type fenêtre glissante permettant de réduire le temps de calcul, avec pour objectif de faire des simulations en temps réel. Pour l'échelle microscopique, on étudie un problème connu dans la littérature sous le nom de « AC-Optimal Power Flow ». Ce problème est non-convexe et donc très difficile à résoudre. On propose une relaxation convexe de ce problème après l'avoir écrit sous forme matricielle. On démontre deux résultats portant sur les conditions pour que cette relaxation soit exacte.

► *Thèse soutenue par* : **Benjamin HEUCLIN**

► *Sous la direction de* : Catherine Trottier (IMAG, Montpellier), Frédéric Mortier (CIRAD) et Marie Denis (CIRAD).

---

**Sélection bayésienne de variables pour données longitudinales  
avec effets différentiels dans le temps : application à  
l'amélioration génétique**

*Soutenu le 22 juin 2021  
Université de Montpellier*

---

**Résumé :**

En agronomie et plus spécifiquement en amélioration génétique, le génotypage haut débit a été largement mis à profit, depuis maintenant plus de 20 ans, pour accéder à une information génétique toujours plus riche et abondante. Celle-ci a permis d'identifier les positions le long du génome impliquées dans la variabilité de caractères d'intérêt. Plus récemment, les méthodes de phénotypage haut débit ont fait leur apparition.

tion. Elles donnent accès au suivi de l'évolution de plusieurs caractères phénotypiques au cours du temps. Ces données, longitudinales, permettent d'étudier finement la dynamique évolutive de ces caractères tout en identifiant les facteurs environnementaux qui influencent leur variabilité selon les stades de développement. Cependant, l'analyse de telles données soulève plusieurs défis statistiques. Cette thèse propose des développements méthodologiques afin de prendre en compte les dépendances entre observations et entre variables, de sélectionner les variables génétiques ou environnementales pertinentes, ou encore d'estimer des effets qui évoluent au cours du temps. Le cadre bayésien est un formalisme statistique élégant pour répondre à ces différentes problématiques notamment au travers de la construction de lois a priori. Nous étudions et comparons différentes lois a priori pour simultanément inférer et sélectionner les effets fixes et/ou aléatoires quand ceux-ci peuvent être nombreux. Nous considérons différents cadres de modélisation statistique classiquement utilisés pour l'analyse de données longitudinales. En particulier, nous nous focaliserons sur les modèles à coefficients variants, les modèles linéaires mixtes ou encore la régression sur signal. Ce travail a été motivé par différentes applications pratiques portant sur l'évolution temporelle de l'architecture génétique, la détection de QTL ou l'impact des variations climatiques sur la variabilité phénotypique. Trois jeux de données, issus de contextes agronomiques variés, sont utilisés pour illustrer ces nouvelles approches.

► *Thèse soutenue par* : **Pierre HUMBERT**

► *Sous la direction de* : Nicolas Vayatis et Laurent Oudre (ENS Paris-Saclay).

---

**Tensors and graphs for multivariate signal analysis  
– application to neuroscience**

*Soutenue le 22 janvier 2021  
Université Paris-Saclay, Centre Borelli*

---

**Résumé :**

How to extract knowledge from multivariate data has emerged as a fundamental question in recent years. Indeed, their increasing availability has highlighted the limitations of standard models and the need to move towards more versatile methods. The main objective of



this thesis is to provide methods and algorithms taking into account the structure of multivariate signals. Well-known examples of such signals are images, stereo audios, multichannel ElectroEncephaloGrams (EEGs), and signals recorded by sensor networks. Among the existing approaches, we specifically focus on those based on graph or tensor-induced structure which have already attracted increasing attention because of their ability to better exploit the multivariate aspect of data and their underlying structure. Although this thesis takes the study of patients under general anesthesia as a privileged applicative context, methods developed are also adapted to a wide range of multivariate structured data.

► *Thèse soutenue par* : **Benoit KUGLER**

► *Sous la direction de* : Florence Forbes et Sylvain Douté (Univ. Grenoble Alpes).

---

**Analyse massive d'images multi-angulaires hyperspectrales de la planète Mars par régression inverse de modèles physiques**

*Soutenue le 7 juillet 2021*

*Laboratoire Jean Kuntzmann et Université Grenoble Alpes*

---

**Résumé :**

L'objectif de la thèse est de mettre au point une technique d'apprentissage statistique adaptée à l'inversion de modèles physiques complexes. Les deux principales difficultés adressées sont d'une part la quantité massive d'observations à analyser et d'autre part la nécessité de quantifier l'incertitude sur l'inversion, qui peut provenir du modèle physique ou des mesures. Dans un cadre d'inversion bayésienne, nous proposons donc une approche en deux temps : une phase d'apprentissage d'un modèle statistique paramétrique (GLLiM), commune à toutes les observations, puis une phase de prédiction, répétée pour chaque mesure, mais suffisamment rapide pour prendre en charge un large jeu de données. Nous montrons que la loi a-posteriori, qui prend la forme d'un mélange gaussien, peut être exploitée pour détecter et estimer d'éventuelles solutions multiples. De plus, nous explorons des techniques d'échantillonnages pour chercher le meilleur compromis entre temps de calcul et précision de l'inversion. Bien que générale, l'approche proposée est appliquée principalement sur un problème inverse complexe en télédétection

planétaire. Il s'agit d'utiliser un modèle photométrique semi-empirique (le modèle de Hapke) pour analyser des mesures spectrales de réflectance bidirectionnelle et retrouver indirectement la caractérisation texturale du matériau examiné. Plusieurs jeux de données sont étudiés, provenant aussi bien de mesures de laboratoire que d'une grande collection d'images satellitaires hyperspectrales multi-angulaires. Enfin, nous exploitons la polyvalence du modèle GLLiM pour explorer plusieurs problématiques liées à l'inversion bayésienne. En particulier, nous proposons un indicateur pour évaluer l'influence du choix du modèle direct sur la qualité de l'inversion. Nous utilisons aussi le modèle GLLiM pour prendre en compte une information a-priori, le rendant adapté à la résolution de problèmes d'assimilation de données.

- ▶ *Thèse soutenue par* : Anne-Françoise LEMPEREUR de GUERNY
- ▶ *Sous la direction de* : Yvon Maday (Sorbonne université) et Jean-François Dufrêche (Institut de Chimie Séparative de Marcoule).

---

**De l'influence des conditions aux bords périodiques pour la simulation de quelques quantités d'intérêt pour la chimie séparative**

*Soutenue le 23 avril 2021  
LJLL, Sorbonne Université*

---

**Résumé :**

L'objectif de cette thèse est d'étudier l'influence des conditions périodiques et notamment les corrections à apporter, en fonction de la période considérée, dans le calcul de certaines quantités d'intérêt tirées de simulations de dynamique moléculaire. Ces dernières sont particulièrement profitables pour la compréhension des phénomènes de solvation de molécules en solution et voient naturellement leur utilité pour l'étude de la gestion des déchets radioactifs. Nous nous intéressons notamment à l'étude du potentiel de Force moyenne, décrit dans le formalisme de McMillan et Mayer entre deux solutés chargés en solution. On commence par calculer analytiquement le potentiel d'un tel système en considérant des conditions aux bords périodiques de période  $L$ . Le calcul se base sur les forces agissant sur l'une des particules et sur la réunion astucieuse des termes de la somme obtenue. On peut finalement vérifier que, à grande distance, le potentiel converge vers un

potentiel coulombien, et on obtient un terme correctif en  $L^{-5}$ . A partir de simulations à partir de la méthode du Umbrella Sampling combinée à la méthode WHAM, on corrige le potentiel de McMillan et Mayer de chlorure de sodium, et de lanthanides, à partir du terme obtenu afin d'observer la constante d'association qui en résulte. Par ailleurs, on étudie le coefficient de diffusion d'une particule en milieu confiné. Notre calcul repose sur le passage de l'équation de Stokes en Fourier, ce qui nous donne des EDO avec distributions que l'on résout pour obtenir la vitesse de la particule. Ensuite, des développements limités aboutissent au coefficient de diffusion comprenant un terme correctif en  $L^{-1}$ .

► *Thèse soutenue par* : Liu-Di LU

► *Sous la direction de* : Julien Salomon (INRIA, Sorbonne université) et Olivier Bernard (INRIA, Sorbonne Université).

---

### **Approches lagrangiennes pour la modélisation et l'optimisation du couplage hydrodynamique - photosynthèse**

*Soutenue le 29 octobre 2021*

*LJLL, Sorbonne Université*

---

#### **Résumé :**

Les microalgues sont des micro-organismes photosynthétiques dont le potentiel a été mis en évidence au cours de la dernière décennie. Des applications peuvent être trouvées dans la production d'énergie renouvelable ou dans le traitement des eaux usées par exemple. Elles peuvent être utilisées dans beaucoup de produits commerciaux à haute valeur ajoutée comme par exemple dans l'alimentation, la pharmacie ou les cosmétiques. Néanmoins, trouver des conditions optimales pour la production des microalgues à grande échelle reste un défi en pratique. Les modèles mathématiques sont donc d'une grande aide pour mieux gérer ce système dynamique complexe et non linéaire. L'objectif de cette thèse est de mieux comprendre comment différents facteurs affectent la croissance des microalgues. Dans un premier temps, nous étudions l'influence de l'atténuation lumineuse et obtenons une condition d'optimalité pour maximiser la productivité. De cette façon, nous introduisons une productivité optique qui nous permet de caractériser la fonction d'extinction de la lumière optimale dans un cadre général. On trouve une profondeur optique optimale globale qui consiste à annuler le taux

de croissance net des algues au fond des réacteurs pour maximiser la productivité optique. Cette étude nous permet de caractériser la productivité surfacique optimale dans certains cas particuliers, et de décrire le comportement asymptotique des autres cas dans certains régimes. On se limite ensuite à un réacteur spécifique, le raceway pond, qui est un bassin de circuit extérieur associé à une roue à aubes. Nous commençons par étudier un problème d'allocation de ressources issu de la redistribution de la ressource lumineuse aux algues par la roue à aubes. Un dispositif de mélange générique est envisagé pour affecter à chaque tour la ressource lumineuse aux algues qui se situent sur différentes couches dans le raceway. Nous déterminons les stratégies d'allocation optimales pour maximiser la croissance des algues. Dans une troisième partie, nous montrons comment la forme de la topographie affecte (ou non) la croissance des algues dans le raceway. De cette façon, nous considérons un modèle hydrodynamique-biologique couplé et introduisons un problème d'optimisation associé à la topographie pour maximiser la croissance des algues. Nous combinons également l'optimisation des topographies avec les stratégies d'allocation précédentes pour étudier leur influence sur la production d'algues. Des topographies non triviales sont obtenues numériquement pour améliorer la croissance des algues. L'étude mathématique de ces problèmes d'optimisation conduit à de nouvelles directions de travail, améliore et clarifie la compréhension de l'influence de différents facteurs sur la croissance des algues. Nous concluons par quelques discussions et perspectives de ce travail.

► *Thèse soutenue par* : **Arthur MACHERY**

► *Sous la direction de* : Anthony Nouy (Centrale Nantes), Clémentine Prieur (Univ. Grenoble Alpes) et Marie Billaud-Friess (Centrale Nantes).

---

**Approximation et réduction de modèle pour les équations aux dérivées partielles avec interprétation probabiliste**

*Soutenue le 28 juin 2021*

*Laboratoire Jean Kuntzmann, Centrale Nantes et Université de Grenoble*

---

**Résumé :**

Nous nous intéressons dans cette thèse à la résolution numérique de modèles régis par des équations aux dérivées partielles admettant une interprétation probabiliste. Dans un premier temps, nous considérons des équations aux dérivées partielles en grande dimension. En nous basant sur une interprétation probabiliste de la solution qui permet d'obtenir des évaluations ponctuelles de celle-ci via des méthodes de Monte-Carlo, nous proposons un algorithme combinant une méthode d'interpolation adaptative et une méthode de réduction de variance pour approcher la solution sur tout son domaine de définition. Dans un deuxième temps, nous nous intéressons aux méthodes de bases réduites pour les équations aux dérivées partielles paramétrées. Nous proposons deux algorithmes gloutons reposant sur une interprétation probabiliste de l'erreur. Nous proposons également un algorithme d'optimisation discrète probably approximately correct en précision relative qui nous permet, pour ces deux algorithmes gloutons, de sélectionner judicieusement un snapshot à ajouter à la base réduite en se basant sur la représentation probabiliste de l'erreur d'approximation.

► *Thèse soutenue par* : **Farah OUMRI-ZERIOUH**

► *Sous la direction de* : Stephanie Lohrengel (Université de Reims Champagne Ardenne), Stéphanie Salmon (Université de Reims Champagne Ardenne) et Fabrice Wallois (Université de Picardie Jules Verne - CHU AMIENS).

---

**Modélisation mathématique, simulation numérique et application en tomographie optique chez l'enfant prématuré**

*Soutenue le 18 février 2021*

*Université de Reims Champagne Ardenne*

---

**Résumé :**

Dans le cadre du projet ANR MAIA (Analyse multiphysique par imagerie pour l'étude du développement cérébral chez le prématuré ANR-15-CE23-0009) qui s'intéresse à différentes techniques d'imagerie pour le nouveau-né, ces travaux de thèse portent sur la modélisation mathématique de la Tomographie Optique Diffuse (TOD). La tomographie optique diffuse est une méthode d'imagerie médicale basée sur l'absorption de la lumière dans l'échelle proche infrarouge des tissus biologiques et en particulier ceux du cerveau. Cette technique, non-invasive

et non-irradiante, peut être mise en place au lit du patient, elle est donc particulièrement adaptée au nouveau-né ou au prématuré. Pour cela, on pose un casque sur la tête des enfants, muni d'optodes qui servent à la fois de sources et de détecteurs de lumière. Après son passage par les différents tissus qui composent la tête, la quantité de lumière qui arrive au détecteur est mesurée. Cette mesure constitue l'observable de cette technique et permet alors de reconstruire les paramètres optiques des tissus traversés. Dans un premier temps, on s'intéresse à la modélisation et à la simulation numérique du problème direct de propagation de la lumière. Nous utilisons pour cela l'approximation de la diffusion pour modéliser le phénomène. Nous étudions alors la possibilité de détecter la présence d'inclusions de propriétés optiques différentes dans un milieu traversé et d'en trouver une localisation. Nous montrons par l'étude de la sensibilité mathématique que la présence de liquide cérébrospinal (LCS) gêne cette localisation, car nous sommes en limite de validité du modèle de la diffusion. Nous développons alors un nouveau modèle pour mieux prendre en compte la couche de LCS et montrons que cette couche contient des trabécules arachnoïdiennes qui agissent comme des diffuseurs discrets. L'analyse des résultats montre que ce nouveau modèle améliore la sensibilité des mesures à une inclusion. Enfin, nous définissons le problème inverse qui permet de reconstruire les propriétés optiques des milieux traversés pas la donnée de mesures sur le bord. Les premiers résultats obtenus montrent qu'il est possible de reconstruire les valeurs des paramètres dans une inclusion dont la géométrie est connue. Par contre, la reconstruction de paramètres optiques variables dépend fortement des choix des paramètres de régularisation.

► *Thèse soutenue par* : Aya OUSSAILY

► *Sous la direction de* : Ahmad El Hajj (Université de Technologie de Compiègne).

---

**Étude théorique et numérique des systèmes  
modélisant la dynamique des densités de dislocation**

*Soutenue le 11 octobre 2021*

*Université de Technologie de Compiègne*

---

**Résumé :**

Dans cette thèse, nous nous intéressons à l'analyse théorique et numérique de la dynamique des densités de dislocation. Les dislocations sont des défauts linéaires qui se déplacent dans les cristaux lorsque ceux-ci sont soumis à des contraintes extérieures. D'une manière générale, la dynamique des densités de dislocation est décrite par un système d'équations de transport, où les champs de vitesse dépendent de manière non-locale des densités de dislocation. Au départ, notre travail se focalise sur l'étude d'un système unidimensionnel ( $2 \times 2$ ) de type Hamilton-Jacobi dérivé d'un système bidimensionnel proposé par Groma et Balogh en 1999. Pour ce modèle, nous montrons un résultat d'existence globale et d'unicité. De plus, nous nous intéressons à l'étude numérique de ce problème, complété par des conditions initiales croissantes, en proposant un schéma aux différences finies implicite dont on prouve la convergence. Ensuite, en s'inspirant du travail effectué pour la résolution de la dynamique des densités de dislocation, nous mettons en oeuvre une théorie plus générale permettant d'obtenir un résultat similaire d'existence et d'unicité d'une solution dans le cas des systèmes de type eikonal unidimensionnels. En considérant des conditions initiales croissantes, nous faisons une étude numérique pour ce système. Sous certaines conditions de monotonie sur la vitesse, nous proposons un schéma aux différences finies implicite permettant de calculer la solution discrète et simuler ainsi la dynamique des dislocations décrite par ce modèle.

- ▶ *Thèse soutenue par* : **Gwenaël PELTIER**
- ▶ *Sous la direction de* : Matthieu Alfaro (IMAG, Montpellier) et Ophélie Ronce (ISEM, Montpellier).

---

### **Analyse mathématique de modèles non-locaux en écologie évolutive**

*Soutenue le 17 juin 2021  
Université de Montpellier*

---

#### **Résumé :**

Le sujet de ma thèse concerne l'étude d'équations aux dérivées partielles qui servent de modèles en dynamique des populations, une branche qui vise à décrire et prédire comment évolue au cours du temps une population (d'animaux, de végétaux ou encore de micro-organismes). En écologie, on s'intéresse également à la répartition de cette population en espace. On étudie ainsi les questions liées à l'extinction, la survie et l'invasion d'une espèce dans un environnement donné. La situation devient autrement plus complexe lorsqu'on prend en compte l'aspect évolutif. Une population, au cours de sa migration, peut ainsi s'adapter, par mutations successives, à des environnements de plus en plus hostiles, pour au final survivre dans des conditions extrêmes. Ce double aspect migration-mutation est une des questions centrales de l'écologie évolutive. Les phénomènes d'invasion en écologie évolutive sont de toute première importance face à de nombreux défis actuels : certaines sont souhaitables (adaptation d'espèces à des changements climatiques ou environnementaux), d'autres indésirables (espèces invasives, résistance d'une bactérie à un antibiotique). Dans un premier temps, nous envisageons une population affrontant un gradient environnemental linéaire, i.e. le trait génétique optimal pour la survie dépend linéairement de la position en espace (par exemple la température selon l'axe Nord-Sud). On montre que, sous certaines conditions sur la donnée initiale, la solution se propage en espace en accélérant. Nous donnons également une estimation fine de la position asymptotique des ensembles de niveau de la solution. Dans un deuxième temps, nous considérons un modèle avec un gradient environnemental non-linéaire. Par des techniques de perturbation, nous construisons des états stationnaires et, lorsque le gradient est périodique, des fronts pulsatoires. Notre analyse révèle ainsi comment la répartition à l'équilibre de la population et sa dynamique d'invasion sont affectées par le gradient



non-linéaire. Enfin, nous introduisons de nouveaux modèles de diffusion non-locale, hétérogène et anisotrope. Nous en étudions les liens avec des modèles de diffusion locale présents dans la littérature ainsi que les états stationnaires. Notre approche fait intervenir la notion de "points décideurs", et apporte un éclairage nouveau sur la "position préférentielle des individus".

► *Thèse soutenue par* : **Alexandre POULAIN**

► *Sous la direction de* : Benoît Perthame (Sorbonne Université), Tommaso Lorenzi (Politecnico di Torino).

---

**Modèles de tissus vivants, simulations numériques  
et immunothérapie des cancers**

*Soutenue le 27 septembre 2021  
LJLL, Sorbonne Université*

---

**Résumé :**

Nous étudions deux types de modèles couramment utilisés pour la représentation en temps et en espace des tumeurs : l'équation de Cahn-Hilliard pour les tissus vivants et le modèle de Keller-Segel. Les méthodes numériques que nous développons cherchent à représenter de manière précise et efficace ces équations tout en préservant leurs propriétés. Pour l'équation de Cahn-Hilliard, notre étude s'appuie sur une méthode de relaxation dont nous prouvons la convergence vers le modèle initial. Même si elles représentent mathématiquement des phénomènes physiques proches de ceux étudiés en dynamique des fluides, les équations utilisées pour les tissus vivants sont souvent différentes pour rendre compte du caractère actif des cellules. Les équations résultantes contiennent de nombreuses singularités et dégénérescences qui sont difficiles à analyser théoriquement et simuler numériquement de manière efficace. La méthode de relaxation a été introduite pour faciliter l'implémentation de nos schémas numériques; nous proposons ainsi des schémas numériques éléments finis simples à adapter dans les codes pré-existants. Afin de préserver les propriétés des équations continues lors des simulations numériques, nous proposons des schémas numériques basés sur la Méthode de Variable Auxiliaire. L'adaptation de cette méthode pour les équations des tissus vivants n'ayant pas été réalisée, nous proposons dans cette thèse d'y remédier et d'étu-

dier les propriétés analytiques de ces schémas numériques. Sur la base de ces travaux numériques, nous présentons l'étude de deux phénomènes biologiques. En collaboration avec des biologistes de l'Université de Nantes, nous étudions la compactification des sphéroïdes de glioblastome in-vitro en réponse à un médicament utilisé en chimiothérapie. Notre deuxième application s'intéresse à l'étude des effets physiques jouant un rôle dans l'émergence d'instabilités à la surface de certaines tumeurs invasives.

► *Thèse soutenue par* : **Abraham SYLLA**

► *Sous la direction de* : Boris Andreianov, Vincent Perrollaz (université de Tours).

---

**Hétérogénéité dans les lois de conservation scalaires :  
approximation et applications**

*Soutenue le 8 juillet 2021*

*Université François Rabelais de Tours*

---

**Résumé :**

Dans cette thèse, on traite la prise en compte de l'hétérogénéité dans les lois de conservation scalaires, c'est-à-dire les lois de conservation non invariantes par translation en espace. Ces équations apparaissent notamment dans les modèles de trafic. Par exemple, les mécanismes suivants introduisent de l'hétérogénéité : la présence de feux de circulation, des portions de route où la vitesse maximale est limitée, la variabilité de l'état de la route, etc... La prise en compte de l'hétérogénéité permet d'enrichir les modèles de trafic. On aborde trois classes de problèmes inhomogènes pour lesquelles on complète et approfondit le cadre mathématique pour l'analyse théorique et l'approximation numérique. Nous explorons en détail le cadre où l'hétérogénéité est matérialisée par l'ajout d'une ou plusieurs interfaces mobiles. Le long des interfaces, on impose une condition de majoration sur le flux de la loi de conservation. Cette classe de modèles permet de tenir compte de la présence d'un petit nombre de véhicules encombrants et lents (ou alors, de véhicules autonomes qui ont pour rôle la régulation du trafic). Dans ce cadre, l'évolution des interfaces et des contraintes est couplée de façon non locale à l'état du trafic et/ou à des paramètres spécifiant l'état du véhicule ou du conducteur. En outre, nous élaborons une description

de l'hétérogénéité du trafic résultant des variations du degré d'organisation des conducteurs, dans le cadre des modèles dits "du second ordre". L'aspect numérique est prépondérant pour les modèles de trafic que nous étudions. On construit des schémas numériques robustes et on élabore des techniques de compacité spécifiques. La convergence de ces schémas conduit à des résultats d'existence. Enfin, en lien avec le modèle décrivant l'évolution d'une densité de véhicules sur une route hétérogène, on étudie théoriquement une loi de conservation dans laquelle la dépendance spatiale du flux est explicite. Des résultats classiques sur le caractère bien posé ou la correspondance avec l'équation de Hamilton-Jacobi associée sont obtenus sous des hypothèses plus en adéquation avec la modélisation que celles rencontrées dans la littérature. Les applications allant au-delà de la description du trafic, on se donne pour objectif l'analyse approfondie des problèmes d'identification de données initiales.

► *Thèse soutenue par* : **Josué TCHOUANTI FOTSO**

► *Sous la direction de* : Sylvie Méléard (École Polytechnique), Carl Graham (École Polytechnique), Jérôme Harmand (LBE - INRAE, Narbonne).

---

**Approches déterministes et stochastiques de modélisation de l'hétérogénéité métabolique chez les bactéries**

*Soutenue le 28 septembre 2021  
CMAP, École Polytechnique*

---

**Résumé :**

Cette thèse porte sur l'étude de l'hétérogénéité métabolique au sein de populations bactériennes grâce aux outils de modélisation déterministe et stochastique. Nous proposons pour cela des approches compartimentales sur milieu mixte dans lesquelles les individus sont rangés par classe en fonction des substrats métabolisés, et des approches individu-centrées sur milieu simple dans lesquelles la population est structurée en fonction d'une ou plusieurs caractéristiques génétiques. Dans le cas des modèles compartimentaux, les travaux présentés visent à mieux comprendre la croissance diauxique observée pour la première fois par Monod. Nous y étudions la sensibilité du lag diauxique puis grâce à l'algorithme d'optimisation stochastique CMA-ES et aux jeux

de données obtenus de cultures d'*Escherichia coli* sur un mélange homogène de glucose + xylose en batch, nous montrons l'impact de la protéine xylR en quantifiant la capacité des individus à switcher du glucose vers le xylose pour deux souches différentes. Dans le cas des modèles individu-centrés, nous commençons par une approche consistant à structurer la population en fonction de la quantité individuelle, du point de vue de la masse, d'une protéine qui pilote le métabolisme (cas du xylR). Nous montrons alors qu'à l'échelle macroscopique, la population est décrite par une équation de diffusion-croissance-fragmentation qui est dégénérée et couplée à une ressource. Nous montrons ensuite que ce système est bien posé et que la solution de l'EDP décrivant la population est une fonction Besov régulière. Nous introduisons ensuite une seconde approche qui est multi-échelle et s'intéresse toujours à une structuration de la population en fonction de la quantité individuelle de protéines impliquées dans le métabolisme, mais cette fois vue en terme de concentration massique. Nous supposons que les erreurs de fragmentation à la division sont de petites variances, et montrons différentes limites d'échelle en distinguant les cas où les mécanismes démographiques sont lents et rapides.

► *Thèse soutenue par* : **Victor TRAPPLER**

► *Sous la direction de* : Arthur Vidard (Inria), Élise Arnaud (Univ. Grenoble Alpes) et Laurent Debreu (Inria).

---

### **Contrôle de paramètre en présence d'incertitudes**

*Soutenue le 11 juin 2021*

*Laboratoire Jean Kuntzmann et Université Grenoble Alpes*

---

#### **Résumé :**

De nombreux phénomènes physiques sont modélisés afin d'en mieux connaître les comportements ou de pouvoir les prévoir. Cependant pour représenter la réalité, de nombreux processus doivent être simplifiés, car ils sont souvent trop complexes, ou apparaissent à une échelle bien inférieure à celle de l'étude du phénomène. Au lieu de complètement les omettre, les effets de ces processus sont souvent retranscrits dans les modèles à l'aide de paramétrisations, c'est-à-dire en introduisant des termes les quantifiant, et qui doivent être ensuite estimées. Les méthodes classiques d'estimation se basent sur la définition d'une fonction

objectif qui mesure l'écart entre le modèle numérique et la réalité, qui est ensuite optimisée. Cependant, au delà de l'incertitude sur la valeur du paramètre à estimer, un autre type d'incertitude peut aussi être présent. Cela permet de représenter la variabilité intrinsèque de certains processus externes, qui vont avoir un effet sur la modélisation. Ces variables vont être qualifiées d'environnementales. En les modélisant à l'aide d'une variable aléatoire, la fonction objectif devient à son tour une variable aléatoire, que l'on va chercher à minimiser dans un certain sens. Si on omet ce caractère aléatoire, on peut se retrouver avec un paramètre optimal uniquement pour la valeur nominale du paramètre environnemental, et le modèle peut s'éloigner de la réalité pour d'autres réalisations. Ce problème d'optimisation sous incertitudes est souvent abordé en optimisant les premiers moments de la variable aléatoire, l'espérance en particulier. Dans cette thèse, nous nous intéressons plutôt à la notion de regret, qui mesure l'écart entre la fonction objectif et la valeur optimale qu'elle peut atteindre, pour la réalisation de la variable environnementale donnée. Cette idée de regret (additif ou bien relatif) nous permet de proposer une notion de robustesse à travers l'étude de sa probabilité de dépasser un certain seuil, ou inversement à travers le calcul de ses quantiles. À l'aide de ce seuil, ou de l'ordre du quantile choisi, on peut donc définir une famille d'estimateurs basés sur le regret. Néanmoins, le calcul du regret, et donc des quantités dérivées peut vite devenir très coûteux, car il nécessite une optimisation par rapport au paramètre de contrôle. Nous proposons donc d'utiliser des processus Gaussiens (GP) afin de construire un modèle de substitution, et donc de réduire cette contrainte en pratique. Nous proposons aussi des méthodes itératives basées notamment sur la stratégie SUR (Stepwise Uncertainty Reduction, Réduction d'incertitudes séquentielle) : le point à évaluer ensuite est choisi selon un critère permettant d'améliorer au mieux des quantités associées au regret-relatif. Enfin, nous appliquons les outils présentés dans cette thèse à un problème académique d'estimation de paramètre. Nous étudions ainsi la calibration sous incertitudes du paramètre de friction de fond d'un modèle océanique, représentant la façade atlantique des côtes françaises, ainsi que la Manche dans un cadre d'expériences jumelles.

- ▶ *Thèse soutenue par* : Alexander ZASS
- ▶ *Sous la direction de* : Sylvie Roelly (Universität Potsdam) and Gilles Blanchard (Université Paris-Saclay).

---

### A multifaceted study of marked Gibbs point processes

*Soutenue le 14 juin 2021*

*Universität Potsdam*

---

#### Résumé :

Cette thèse se concentre sur l'étude de processus ponctuels gibbsiens marqués, et notamment sur leur existence et/ou unicité, en empruntant diverses idées et méthodes venant de la mécanique statistique : méthode entropique; développement en amas; équations de Kirkwood-Salsburg; principe de contraction de Dobrushin; percolation. Nous présentons d'abord un résultat d'existence en volume infini. Plus précisément, nous contruisons dans l'espace euclidien  $\mathbb{R}^d$  un processus ponctuel gibbsien marqué sous des hypothèses assez faibles : la marque aléatoire est élément d'un espace normé très général et est a priori non bornée. Nous autorisons aussi la fonctionnelle d'interaction (éventuellement non bornée) à avoir une portée aléatoire. La méthode entropique permet alors de prouver la tension d'une suite approximante de processus ponctuels gibbsiens définis sur des volumes finis, en vérifiant que leur entropie est uniformément bornée. Dans un deuxième temps, nous considérons un système infini de diffusions de Langevin interconnectées de façon gibbsienne. Dans ce contexte les résultats évoqués ci-dessus s'appliquent et permettent d'aboutir à l'existence du processus ponctuel correspondant en volume infini. De plus, grâce au développement en amas des fonctions de corrélation associées, nous obtenons l'unicité de ce champ gibbsien dès lors que le paramètre de température inverse  $\beta$  et l'activité  $z$  appartiennent à un certain domaine. Notre preuve se décompose en plusieurs étapes : les fonctions de corrélation satisfaisant des inégalités dites bornes de Ruelle, elles résolvent ainsi – pour certaines valeurs de  $\beta$  et de  $z$  – un problème de point fixe dans un espace de Banach adéquat. Dans une dernière partie nous explorons des critères variés (entre autres développement en amas et disagreement percolation) impliquant l'unicité de processus ponctuels gibbsiens sur  $\mathbb{R}^d$  et nous les comparons. Notre cadre de travail comprend des interactions répulsives avec hard-core. Nous présentons en particulier une nouvelle approche dans le cadre continu du critère que Dobrushin a énoncé

pour des systèmes réticulés. Tout au long de la thèse nous illustrons nos résultats théoriques à l'aide d'exemples provenant de la mécanique statistique ou de la géométrie stochastique.

► *Thèse soutenue par* : **Mingmin ZHANG**

► *Sous la direction de* : François Hamel (Aix-Marseille Université), Xing Liang (University of Science and Technology of China).

---

### **Spatial Dynamics of Some Reaction-Diffusion Models in Heterogeneous Media**

*Soutenue le 28 septembre 2021*

*Aix-Marseille Université*

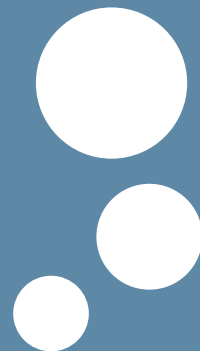
---

#### **Résumé :**

We first study the effect of the geometry of the underlying domain on propagation phenomena of bistable equations. We consider bistable equations in funnel-shaped domains of  $\mathbb{R}^N$  made up of straight parts and conical parts with positive opening angles. We investigate the large time dynamics of entire solutions emanating from a planar front in the straight part of such a domain and moving into the conical part. We show a dichotomy between blocking and spreading. We also show that any spreading solution is a transition front having a global mean speed, which is the unique speed of planar fronts, and that it converges at large time in the conical part of the domain to a well-formed front whose position is approximated by expanding spheres. Moreover, we provide sufficient conditions on the size  $R$  of the straight part of the domain and on the opening angle  $\alpha$  of the conical part, under which the solution emanating from a planar front is blocked or spreads completely in the conical part. We finally show the openness of the set of parameters  $(R, \alpha)$  for which the propagation is complete. Then, we consider a one-dimensional patchy model made up of a succession of reaction-diffusion equations in homogeneous media, where novel interface matching conditions are introduced to reflect the movement behavior of individuals when they come to the edge of a patch. Firstly, we consider this model in a spatially periodic environment. We establish the well-posedness rigorously for the Cauchy problem. We then investigate the spreading properties and the existence of pulsating traveling waves in the positive and negative directions. Secondly, we study a simplified

two patchy model in  $\mathbb{R}$  which consists of two homogeneous habitats. Our interest is to investigate propagation dynamics of solutions to the Cauchy problem with compactly supported initial data in different reaction combinations. We first derive the spreading properties of solutions in the KPP-KPP case. Then, in the KPP-bistable framework we investigate different conditions under which the solutions of the Cauchy problem may show different dynamics in the bistable patch, that is, blocking, virtual blocking or propagation. In particular, when propagation occurs, a global stability result is proved. The results in the KPP-bistable frame can also be extended to the bistable-bistable setting with certain hypotheses.





*par :*

*Thomas HABERKORN<sup>1</sup> – Université d'Orléans,  
Responsable de la rubrique « Annonces de  
colloques »*

## NOVEMBRE 2021

► ASCOT-NUM WORKSHOP ON "KERNEL AND SAMPLING METHODS FOR DESIGN AND QUANTIZATION"

*le 15 Novembre 2021, à l'IHP, Paris*

<https://www.gdr-mascotnum.fr/nov21.html>

► ASYMPTOTIC BEHAVIORS OF SYSTEMS OF PDES ARISING IN PHYSICS AND BIOLOGY (4TH EDITION)

*du 16 au 19 Novembre 2021, à Lille*

<https://indico.math.cnrs.fr/event/6588/>

► ECOLE SUR LES PROBLÈMES MATHÉMATIQUES LIÉS À L'IMPACT MORPHOLOGIQUE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE (1ÈRE ÉCOLE DE L'IMPT)

*du 23 au 26 Novembre 2021, à Lyon*

<https://impt-2021.sciencesconf.org/>

## DÉCEMBRE 2021

---

1. [thomas.haberkorn@univ-orleans.fr](mailto:thomas.haberkorn@univ-orleans.fr)

► ADVANCES IN THE SIMULATION OF REACTIVE FLOW AND TRANSPORT IN POROUS MEDIA (SITRAM 21)

*du 8 au 10 Décembre 2021, à l'INRIA, Paris*

<https://sitram21.sciencesconf.org/>

## JANVIER 2022

► A RANDOM WALK IN THE LAND OF STOCHASTIC ANALYSIS AND NUMERICAL PROBABILITY

*du 3 au 7 Janvier 2022, au CIRM, Marseille*

<https://conferences.cirm-math.fr/2390.html>

## MARS 2022

► MASCOT-NUM WORKSHOP ON "OPTIMAL SAMPLING FOR APPROXIMATION"

*le 10 Mars 2022, à l'IHP, Paris*

<https://www.gdr-mascotnum.fr/mar22.html>

► BRANCHING AND PERSISTENCE

*du 14 au 16 Mars 2022, à Angers*

<https://site-branpers2022.apps.math.cnrs.fr/>

## JUIN 2022

► THE 9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIFFERENTIAL AND FUNCTIONAL DIFFERENTIAL EQUATIONS

*du 28 Juin au 5 Juillet 2022, à Moscou (Russie)*

<https://dfde2022.mi-ras.ru/>

## JUILLET 2022

► SINGULAR PROBLEMS, BLOW-UP, IN QUASILINEAR NONLINEAR PDE

*du 25 au 30 Juillet 2022, à Moscou (Russie)*

<https://icm2022.org/singular-problems-blow-up-in-quasilinear-nonlinear-pde>



# 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 MICCS, 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** *Antoine Zurek*  
 Laboratoire de Mathématiques  
 Appliquées de Compiègne  
 Univ. de Technologie, BP 20529  
 60205 Compiègne CEDEX  
 antoine.zurek@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@cmla.ens-cachan.fr

**ENS Paris** *Bertrand Maury*  
 DMA, Ecole Normale Supérieure  
 45 rue d'Ulm,  
 75230 Paris CEDEX  
 📠 01 44 32 20 80  
 bertrand.maury@ens.fr

**EHESS** *Amadine Aftalion*  
 CAMS, EHESS  
 54, bd. Raspail,  
 75270 Paris CEDEX 06  
 ☎ 01 49 54 20 84  
 amadine.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 Informa-  
 tique IREMA  
 Univ. de La Réunion  
 BP 7151  
 97715 Saint-Denis Messag CEDEX 9  
 ☎ 02 62 93 82 81 – 📠 02 62 93 82 60  
 Philippe.Charton@univ-reunion.fr

**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 Calgario*  
 Lab. de Mathématiques Appliquées  
 Univ. des Sciences et Technologies de  
 Lille  
 Bat. M2, Cité Scientifique  
 59655 Villeneuve d'Ascq CEDEX  
 ☎ 03 20 43 47 13 – 📠 03 20 43 68 69  
 Caterina.Calgario@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<sup>d</sup> du 11 novembre 1918  
 69622 Villeurbanne CEDEX  
 fabreges@math.univ-lyon1.fr

**Marne la Vallée** *Alain Prignet*  
 Univ. de Marne-la-Vallée, Cité Des-  
 cartes  
 5<sup>b</sup>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 Miné-  
 rale  
 B<sup>d</sup> 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  
 Anaïs.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'Économie 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<sup>al</sup> 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  
 mickaël.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<sup>d</sup> 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



Join 14,000+ of your peers in applied mathematics  
and computational science when you join SIAM!

**GET 25% OFF NOW.**

**As a SIAM Member, you'll get:**

- Subscriptions to *SIAM News*, *SIAM Review*, and *SIAM Unwrapped* e-newsletter
- Discounts on SIAM books, journals, and conferences
- Eligibility to join SIAM Activity Groups
- The ability to nominate two students for free membership
- Eligibility to vote for or become a SIAM leader
- Eligibility to nominate or to be nominated as a SIAM Fellow

**You'll Experience:**

- Networking opportunities
- Access to cutting edge research
- Visibility in the applied mathematics and computational science communities
- Career resources

**You'll Help SIAM to:**

- Increase awareness of the importance of applied and industrial mathematics
- Support outreach to students
- Advocate for increased funding for research and education

“SIAM is the premier professional society for applied and computational mathematicians. It serves the research community through its excellent publications, conferences, and activity groups, and SIAM Student Chapters provide great opportunities for career development. It is an honor to serve as President during 2021–2022. I hope that you will join me in supporting SIAM as a member.”



Susanne C. Brenner, SIAM President and Boyd Professor, Louisiana State University

**SAVE 30%  
AND GET AN  
ADDITIONAL 25%  
OFF WITH CODE  
MBNW22**

**Join SIAM today at [siam.org/joinsiam](https://siam.org/joinsiam)**

SMAI members who live outside the U.S. get a reciprocal member rate that is 30% less than the regular member rate. And if you join by December 31, 2021, you'll get an additional 25% off your membership when you enter promo code **MBNW22** at check out.

**siam**®

Society for Industrial and Applied Mathematics  
3600 Market Street, 6th Floor, Philadelphia, PA 19104-2688 USA  
Phone: +1-215-382-9800 · [membership@siam.org](mailto:membership@siam.org) · [www.siam.org](http://www.siam.org)