
I

CURRICULUM VITÆ ET STUDIORUM

INFORMATIONS PERSONNELLES

BELLOTTI Thomas

Né le 11 mai 1994 à Milan (Italie), de nationalité Française et Italienne.

Marié, sans enfant

Adresse actuelle : 14 Rue de la 1ère armée, 67000 Strasbourg (France).

Téléphone : +33 06 13 66 44 35

Courriel : thom.bellotti@gmail.com

Site web personnel : <https://thomasbellotti.altervista.org/>

INTÉRÊTS SCIENTIFIQUES

Analyse numérique des EDPs, calcul scientifique et mécanique des fluides numérique. En particulier :

- Méthodes de Boltzmann sur réseau sur maillages adaptés par multi-résolution.
- Analyse numérique (consistance, stabilité, convergence et conditions aux limites) des méthodes de Boltzmann sur réseau.
- Développement et analyse de schémas cinétiques d'ordre élevé.
- Simulation d'écoulements multiphasiques par méthode level-set sur maillages adaptifs.

POSITION ACTUELLE

- Octobre 2023 – prés. : **Chercheur post-doctoral en mathématiques appliquées**

Établissement : Université de Strasbourg

Laboratoire et équipe : Institut de Recherche et Mathématiques Avancées - Équipe Modélisation et Contrôle

Superviseur : Philippe Helluy

Collaborations : Philippe Helluy, Victor Michel-Dansac, Laurent Navoret et Clémentine Courtès

Financement : “Contrats Post-Doctoraux 2022” ITI IRMIA++, 1ère place *ex-æquo*.

Sujet : Schémas cinétiques d'ordre élevé pour les système hyperboliques et conditions aux limites entropiques pour les schémas de Boltzmann sur réseau.

PARCOURS ACADÉMIQUE ET ÉTUDES

- 2020 – 2023 : **Doctorat en Mathématiques Appliquées**

Établissement : Institut Polytechnique de Paris

Laboratoire et équipe : Centre de Mathématiques Appliquées de l'École polytechnique – Équipe HPC@Maths

Directeurs : Marc Massot, Benjamin Graille, et Loïc Gouarin

Financement : Financements doctoraux année 2019 de l'École polytechnique

Titre : Analyse numérique des schémas de Boltzmann sur réseau : des questions fondamentales aux méthodes adaptatives efficaces et précises

Soutenance : Soutenue le 1er juin 2023 à Palaiseau (91)

Jury :

Christophe Chalons	Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines	Président du jury
Paul Dellar	University of Oxford (Royaume-Uni)	Rapporteur
Philippe Helluy	Université de Strasbourg	Rapporteur
Pierre Sagaut	Aix-Marseille Université	Rapporteur
Denise Aregba-Driollet	Université de Bordeaux	Examinatrice
Irina Ginzburg	INRAE	Examinatrice
Li-Shi Luo	Old Dominion University (USA)	Examineur
Marc Massot	École polytechnique	Directeur de thèse

- 2017 – 2020 : **Master en Ingénierie Mathématique**

Établissement : Politecnico di Milano (Italie)

Parcours : Science computationnelle et ingénierie

Modules : Analyse fonctionnelle, Analyse des EDPs, Analyse numérique des EDPs, Mécanique des solides et des fluides, Programmation et calcul parallèle.

Note finale : 110/110 *cum Laude*

Mémoire : “A framework for adaptive multiresolution LBMs with applications to the numerical simulation of hyperbolic conservation laws”. Encadrant : Luca Formaggia.

- 2015–2019 : **Diplômé de l’École polytechnique**

Établissement : École polytechnique

Parcours : Mathématiques Appliquées

Modules : Analyse fonctionnelle, Analyse des EDPs, Analyse numérique des EDPs, Mécanique des solides et des fluides, Programmation.

- 2015–2018 : **Ingénieur diplômé de l’École polytechnique**

Établissement : École polytechnique

Classement : Recrutable au Corps des ponts, des eaux et des forêts d’après le classement de sortie

Modules : Analyse fonctionnelle, Analyse des EDPs, Analyse numérique des EDPs, Mécanique des solides et des fluides, Programmation, Probabilités, Physique quantique.

- 2013 – 2017 : **Bachelor en Ingénierie Mathématique**

Établissement : Politecnico di Milano (Italie)

Modules : Algèbre linéaire, Analyse, Programmation, Contrôle, Mécanique, Physique, Chimie, Probabilité, Statistiques

Note finale : 110/110 *cum Laude*

Mémoire : “Modellizzazione dell’effetto loto tramite le equazioni di Allen-Cahn e di Cahn-Hilliard” (en italien). Encadrant : Simona Perotto.

- 2008 – 2013 : **Baccalauréat Scientifique Italien**

Établissement : Liceo Scientifico “A. Tosi” Busto Arsizio (Italie)

Note finale : 100/100

EXPÉRIENCES PROFESSIONNELLES ET STAGES

- Septembre 2019 – Février 2020 : **Stage scientifique niveau recherche - M2**

Établissement : Ecole polytechnique, Palaiseau

Superviseur : Marc Massot, Benjamin Graille, et Loïc Gouarin.

Sujet : Travail préliminaire sur le même sujet que ma thèse de doctorat.

- Avril 2018 – Juillet 2018 : **Stage scientifique niveau recherche - M2**

Établissement : University of California, Merced (USA)

Superviseur : Maxime Theillard

Sujet : Le projet visait à développer des modèles pour la remontée de gouttes en milieu stratifié, suivis de leur implémentation dans un solveur numérique basé sur la méthode des volumes finis/différences finies sur des maillages adaptés dynamiquement. De plus, une nouvelle approche de représentation d’interface a été conçue pour les écoulements diphasiques, combinant les méthodes level-set et la technique de la “reference map”.

- Juin 2017 – Juillet 2017 : **Stage en entreprise**

Établissement : Service Recherche et développement - SNCF Paris

Superviseur : Si-Hai Mai

Sujet : J’ai développé et testé un code dans le logiciel CAST3M pour résoudre des problèmes inverses liés à l’identification paramétrique de lois de comportement élasto-plastiques. Ce projet était spécifiquement axé sur les aciers utilisés dans la construction des rails de chemin de fer. À la fin du stage, un ensemble complet de paramètres mécaniques était disponible et prêt à être utilisé pour prédire des phénomènes tels que l’endommagement du rail par fatigue.

ENSEIGNEMENT ET ACTIVITÉ D’ENCRADREMENT

Les détails concernant mes activités d’enseignement et d’encadrement sont donnés dans la suite du document. Il s’agit ici d’un résumé succinct.

- Janvier 2024 – Mai 2024 : **Optimisation**, M1, Université de Strasbourg.
- Janvier 2024 – Juin 2024 : **Calcul scientifique 1**, Agrégation (M2), Université de Strasbourg.

-
- Avril 2023 – Juin 2023 : **Introduction to Numerical Analysis**, L1, Ecole polytechnique.
 - Janvier 2023 – Avril 2023 : **Bachelor thesis**, L3, Ecole polytechnique.
 - Novembre 2022 – Janvier 2023 : **Systèmes dynamiques pour la modélisation et la simulation des milieux réactifs multi-échelles**, M2, Ecole polytechnique.
 - Août 2022 – Novembre 2022 : **Introduction à l'Analyse Numérique : des fondements mathématiques à l'expérimentation avec Jupyter**, M1, Ecole polytechnique.

-
- Avril 2022 – Juin 2022 : **Introduction to Numerical Analysis**, L1, Ecole polytechnique.
 - Janvier 2022 – Avril 2022 : **Bachelor thesis**, L3, Ecole polytechnique.
 - Novembre 2021 – Janvier 2022 : **Systèmes dynamiques pour la modélisation et la simulation des milieux réactifs multi-échelles**, M2, Ecole polytechnique.
 - Août 2021 – Novembre 2021 : **Introduction à l'Analyse Numérique : des fondements mathématiques à l'expérimentation avec Jupyter**, M1, Ecole polytechnique.

-
- Avril 2021 – Juin 2021 : **Introduction to Numerical Analysis**, L1, Ecole polytechnique.
 - Janvier 2021 – Avril 2021 : **Bachelor thesis**, L3, Ecole polytechnique.
 - Novembre 2020 – Janvier 2021 : **Systèmes dynamiques pour la modélisation et la simulation des milieux réactifs multi-échelles**, M2, Ecole polytechnique.
 - Août 2020 – Novembre 2020 : **Introduction à l'Analyse Numérique : des fondements mathématiques à l'expérimentation avec Jupyter**, M1, Ecole polytechnique.

-
- Novembre 2019 – Janvier 2020 : **Systèmes dynamiques pour la modélisation et la simulation des milieux réactifs multi-échelles**, M2, Ecole polytechnique.

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

	NATURE	NOMBRE
PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES	Articles publiés	8
	Actes de conférence	1
	Articles soumis	2
	Articles en cours de rédaction	3
	Manuscrit de thèse	1

ARTICLES DANS DES REVUES À COMITÉ DE LECTURE

- T. BELLOTTI – Initialisation from lattice Boltzmann to multi-step Finite Difference methods : Modified equations and discrete observability – *Journal of Computational Physics* Vol. 504 (2024) 112871 – DOI : 10.1016/j.jcp.2024.112871
- T. BELLOTTI – Truncation errors and modified equations for the lattice Boltzmann method via the corresponding Finite Difference schemes – *ESAIM : M2AN* 57 (3) (2023) 1225–1255 – DOI : 10.1051/m2an/2023008
- T. BELLOTTI, B. GRAILLE, M. MASSOT – Finite Difference formulation of any lattice Boltzmann scheme – *Numerische Mathematik* Vol. 152 (2022) 1–40 – DOI : 10.1007/s00211-022-01302-2
- T. BELLOTTI, L. GOUARIN, B. GRAILLE, M. MASSOT – Does the multiresolution lattice Boltzmann method allow to deal with waves passing through mesh jumps ? – *Comptes Rendus. Mathématique* Vol. 360 (2022) 761–769 – DOI : 10.5802/crmath.319
- T. BELLOTTI, L. GOUARIN, B. GRAILLE, M. MASSOT – High accuracy analysis of adaptive multiresolution-based lattice Boltzmann schemes via the equivalent equations – *SMAI Journal of Computational Mathematics* Vol. 8 (2022) 161–199 – DOI : 10.5802/smai-jcm.83
- T. BELLOTTI, L. GOUARIN, B. GRAILLE, M. MASSOT – Multidimensional fully adaptive lattice Boltzmann methods with error control based on multiresolution analysis – *Journal of Computational Physics* Vol. 471 (2022) 111670 – DOI : 10.1016/j.jcp.2022.111670
- T. BELLOTTI, L. GOUARIN, B. GRAILLE, M. MASSOT – Multiresolution-Based Mesh Adaptation and Error Control for Lattice Boltzmann Methods with Applications to Hyperbolic Conservation Laws – *SIAM Journal on*

Scientific Computing Vol. 44 Iss. 4 (2022) – DOI : 10.1137/21M140256X

• T. BELLOTTI, M. THEILLARD – A coupled level-set and reference map method for interface representation with applications to two-phase flows simulation – *Journal of Computational Physics* Vol. 392 (2019) 266–290 – DOI : 10.1016/j.jcp.2019.05.003

ARTICLES SOUMIS ET PRÉ-PUBLICATIONS

• T. BELLOTTI, P. HELLUY, L. NAVORET – Fourth-order entropy-stable lattice Boltzmann schemes for hyperbolic systems – *Soumis* (2024) – DOI : Préprint hal-04510582

• T. BELLOTTI – The influence of parasitic modes on “weakly” unstable multi-step Finite Difference schemes – *Soumis* (2023) – DOI : Préprint hal-04358349

ACTES DE CONFÉRENCE

• T. BELLOTTI – Monotonicity for Genuinely Multi-step Methods : Results and Issues From a Simple Lattice Boltzmann Scheme – *Finite Volumes for Complex Applications X* Volume 2, Hyperbolic and Related Problems (2023) 33–41 – DOI : 10.1007/978-3-031-40860-1_4

TRAVAUX EN COURS DE RÉDACTION

Les titres de ces papiers ne sont pas définitifs.

• T. BELLOTTI, P. HELLUY, V. MICHEL-DANSAC – Accurate lattice Boltzmann schemes for hyperbolic conservation laws with boundaries using entropy – (2024) – DOI : –

• T. BELLOTTI, L. GOUARIN, H. LECLERC, M. MASSOT, L. SÉRIES – Interval-based data structure for Cartesian meshes : application to multi-scale PDEs on adaptive meshes – (2024) – DOI : –

• T. BELLOTTI, J. MASSOT, M. MASSOT, L. SÉRIES, C. TENAUD – Modified equation and error analyses of adaptive multiresolution Finite Volume schemes – (2024) – DOI : –

THÈSE DE DOCTORAT

• T. BELLOTTI – Numerical analysis of lattice Boltzmann schemes : from fundamental issues to efficient and accurate adaptive methods – *Institut Polytechnique de Paris* (2023) – DOI : Version HAL : tel-04266822

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

	CONTEXTE	NATURE DE L'ÉVÈNEMENT	NOMBRE
EXPOSÉS SCIENTIFIQUES	International	Conférences	9 (1 plénière)
		Séminaires	1
	National	Conférences	2
		Séminaires/workshops	17

CONTEXTE INTERNATIONAL

Conférence “Finite Volumes for Complex Applications 10” (FVCA10)

Octobre 2023

Exposé

Strasbourg (France)

Monotonicity for genuinely multi-step methods : results and issues from a simple lattice Boltzmann scheme

Conférence “Numerical Analysis in the 21st Century”

Août 2023

Exposé

Oxford (Royaume-Uni)

Finite Difference formulation of any lattice Boltzmann scheme : consistency, stability and convergence

19th International Conference for Mesoscopic Methods in Engineering and Science

Juillet 2023

Exposé plénier invité

Chengdu (Chine)

Initialization from lattice Boltzmann to multi-step Finite Difference methods : modified equations and discrete observability

22th IACM - CFC 2023

Avril 2023

Exposé

Cannes (France)

Initialization from lattice Boltzmann to multi-step Finite Difference methods : modified equations and discrete observability

Séminaire

Septembre 2022

Exposé

Von Karman Institute (Belgique)

Lattice Boltzmann schemes on dynamically adapted meshes relying on multiresolution and recent theoretical breakthroughs in the understanding of lattice Boltzmann methods

32nd International Symposium on Rarefied Gas Dynamics

Juillet 2022

Exposé

Séoul (Corée du Sud)

Limits of the Kinetic Interpretation of Lattice Boltzmann Schemes : A Cure via a Macroscopic Standpoint with Finite Difference Schemes on the Conserved Moments

18th International Conference for Mesoscopic Methods in Engineering and Science

Juin 2022

Exposé

La Rochelle (France)

Finite Difference formulation of lattice Boltzmann schemes : consequences on consistency and stability

17th International Conference for Mesoscopic Methods in Engineering and Science

Juillet 2021

Exposé

En ligne

Fully adaptive lattice Boltzmann methods based on multiresolution analysis : error control, high accuracy, equivalent equations and grid jumps

Conférence WCCM ECCOMAS 2020

Janvier 2021

Exposé

En ligne

A class of multidimensional fully adaptive lattice-Boltzmann methods based on multiresolution analysis

Conférence WCCM ECCOMAS 2020

Janvier 2021

Exposé

En ligne

A coupled level-set and reference map method for interface representation with applications to two-phase flows simulation

CONTEXTE NATIONAL

Séminaire d'analyse numérique de l'IRMAR

Mars 2024

Exposé invité

Université de Rennes (France)

L'importance d'être stable et schémas cinétiques d'ordre élevé

Séminaire "Analyse numérique et équations aux dérivées partielles"

Mars 2024

Exposé

Université de Lille (France)

L'importance d'être stable et schémas cinétiques d'ordre élevé

Séminaire EDP et Applications

Février 2024

Exposé

Université de Lorraine – Nancy (France)

Analyse numérique des schémas de Boltzmann sur réseau : des questions fondamentales aux méthodes adaptatives efficaces et précises

Séminaire A3 (équipe Analyse Appliquée)

Février 2024

Exposé

Université de Picardie – Amiens (France)

Analyse numérique des schémas de Boltzmann sur réseau : des questions fondamentales aux méthodes adaptatives efficaces et précises

Séminaire EDP, Analyse et Applications

Février 2024

Exposé

Université de Lorraine – Metz (France)

Analyse numérique des schémas de Boltzmann sur réseau : des questions fondamentales aux méthodes adaptatives efficaces et précises

Séminaire équipe Calcul scientifique et Modélisation

Janvier 2024

Exposé invité

Université de Bordeaux (France)

Analyse numérique des schémas de Boltzmann sur réseau : des questions fondamentales aux méthodes adaptatives efficaces et précises

Séminaire équipe INRIA ANGE

Janvier 2024

Exposé invité

Sorbonne Université (France)

Numerical analysis of lattice Boltzmann schemes : from fundamental issues to efficient and accurate adaptive methods

Séminaire EDP du LMV

Novembre 2023

Exposé invité

Université Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (France)

Finite Difference formulation of any lattice Boltzmann scheme : consistency, stability, convergence, and monotonicity

Groupe de Travail d'EDP et Calcul Scientifique du LMRS et LMI <i>Exposé invité</i> Finite Difference formulation of any lattice Boltzmann scheme : consistency and stability	Février 2023 <i>Université de Rouen (France)</i>
Séminaire d'analyse numérique de l'IRMAR <i>Exposé invité</i> Finite Difference formulation of any lattice Boltzmann scheme : consistency and stability	Décembre 2022 <i>Université de Rennes (France)</i>
Workshop "Schémas numériques de type Boltzmann" <i>Exposé invité</i> Initialisation pour les schémas de Boltzmann sur réseau : aspects discrets et asymptotiques	Novembre 2022 <i>Université de Bordeaux (France)</i>
Séminaire EDPs de l'IRMA <i>Exposé invité</i> Finite Difference formulation of any lattice Boltzmann scheme : consistency and stability	Octobre 2022 <i>Université de Strasbourg (France)</i>
45ème Congrès d'Analyse Numérique (CANUM) <i>Exposé</i> Consistency and stability of lattice Boltzmann schemes	Juin 2022 <i>Évian-les-Bains (France)</i>
Séminaire Analyse Numérique et EDP <i>Exposé invité</i> Finite Difference formulation of any lattice Boltzmann scheme	Mars 2022 <i>Université Paris-Saclay (France)</i>
44ème séminaire CEA/GAMNI <i>Exposé invité</i> Finite Difference formulation of any lattice Boltzmann scheme	Janvier 2022 <i>Paris (France)</i>
Groupe de travail "Schémas de Boltzmann sur réseau" <i>Exposé</i> Une formulation de type différences finies pour les schémas de Boltzmann sur réseau	Novembre 2021 <i>Paris (France)</i>
Workshop "Modèles et méthodes pour les équations cinétiques" <i>Exposé invité</i> Une formulation de type différences finies pour les schémas de Boltzmann sur réseau	Octobre 2021 <i>Université de Bordeaux (France)</i>
10ème Biennale Française des Mathématiques Appliquées <i>Exposé</i> Fully adaptive lattice Boltzmann methods with error control based on multiresolution analysis	June 2021 <i>La Grande-Motte (France)</i>
Groupe de travail "Schémas de Boltzmann sur réseau" <i>Exposé</i> Adaptive multiresolution-based lattice Boltzmann schemes and their accuracy analysis <i>via</i> the equivalent equations	Mai 2021 <i>Paris (France)</i>

VIE SCIENTIFIQUE, RESPONSABILITÉS ET ORGANISATION

Plus de détails concernant ces activités sont donnés dans la suite du document.

RAPPORTEUR POUR DES REVUES À COMITÉ DE LECTURE

- **ESAIM : Mathematical Modelling and Numerical Analysis** : un papier.
- **SIAM Multiscale Modeling and Simulation** : un papier.
- **Journal of Computational Physics** : onze papiers.
- **Journal of Molecular Liquids** : un papier.

ORGANISATION

- juin 2023 : **Organisateur du workshop "Around numerical analysis of lattice Boltzmann methods"**, École polytechnique.
- 2022 – 2023 : **Co-responsable séminaire d'équipe HPC@Maths**, École polytechnique.
- 2020 – 2023 : **Responsable de bureau**, École polytechnique.
- 2020 – 2021 : **Vice-président du comité d'organisation du congrès CJC-MA 2021 Congrès des Jeunes Chercheuses et Chercheurs en Mathématiques Appliquées**, École polytechnique.

SÉJOURS ET COLLABORATIONS À L'INTERNATIONAL

- Août 2023 : **Séjour invité au Beijing Computational Science Research Center (CSRC) de Pékin (Chine)**

Pendant une semaine, invité par Li-Shi Luo (Old Dominion University et CSRC)

- Septembre 2022 : **Visite à l'Institut von Karman de dynamique des fluides de Bruxelles (Belgique)**

Une journée, invité par Thierry Magin

- Avril 2018 – Juillet 2018 : **Séjour à l'Université de Californie, Merced (USA)**

Stage de cinq mois, encadré par Maxime Theillard

COMPÉTENCES INFORMATIQUES

- **Systèmes d'exploitation** : GNU/Linux, Mac et Microsoft Windows
- **Langages de programmation** : C, C++, Python, Java, SageMath, MATLAB, FreeFEM++, R, Pascal, Bash
- **Langages de balisage** : L^AT_EX, HTML
- **Dessin** : Inkscape, GIMP, TikZ

COMPÉTENCES LINGUISTIQUES

- **Italien** : langue maternelle
- **Français** : bilingue
- **Anglais** : courant

II

ENSEIGNEMENT ET ENCADREMENT

Dans cette partie, je donne plus de détails, comparé à la Partie I, concernant les cours et les actions d'encadrement que j'ai eu l'occasion d'assurer dans ma carrière.

DURANT MON POST-DOCTORAT À L'UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Optimisation

28 heures (première moitié du cours)

Cours intégré

Janvier 2024 – Mai 2024

Master Mathématiques Fondamentales et CSMI (M1)

Université de Strasbourg

Détails de mon intervention : J'ai été chargé de cours et de travaux dirigés pour un public d'environ 30 étudiants. J'ai également élaboré le sujet de l'examen écrit et rédigé un polycopié que j'ai distribué aux étudiants à la fin du cours. Cela visait à les aider à se préparer aux contrôles écrits tout en encourageant l'assiduité en classe. Le cours intégré s'est structuré autour d'une séance hebdomadaire de quatre heures et demie. La première moitié de cette séance, commençant par des rappels sur la séance précédente et des éventuelles questions des étudiants, était consacrée au cours donné au tableau. Cela était suivi d'une seconde moitié dédiée aux travaux dirigés, au cours de laquelle je proposais des exercices en lien avec le cours. Je fournissais ensuite les solutions après avoir accordé aux étudiants le temps nécessaire pour les aborder de manière indépendante.

Programme du cours : Pendant le cours, j'ai couvert environ la première moitié du programme, c'est-à-dire jusqu'au point 7 inclus. Programme du cours :

- | | | |
|-----------------------------------|--|--|
| 1. Introduction à l'optimisation | 6. Conditions d'optimalité pour problèmes sans contrainte | 8. Conditions d'optimalité pour problèmes avec contraintes d'inégalité |
| 2. Rappels de calcul différentiel | | |
| 3. Éléments d'analyse convexe | 7. Conditions d'optimalité pour problèmes avec contraintes d'égalité | |
| 4. Existence d'un minimiseur | | |
| 5. Unicité du minimiseur | | 9. Algorithmes numériques |

Calcul scientifique 1

10 heures

Préparation à l'oral

Janvier 2024 – Juin 2024

Enseignement agrégation (M2)

Université de Strasbourg

Détails de mon intervention : J'ai été préparateur à l'examen oral, pour un public d'environ 20 candidats. Les séances, d'une durée de deux heures, étaient consacrées à deux candidats, allouant une heure à chacun. Chaque candidat devait présenter un exposé, de la durée de 35 minutes, basé sur un texte qui lui avait été préalablement attribué et étudié, en suivant un plan préalablement établi et communiqué. Cette phase était suivie de vingt minutes de questions de ma part, permettant d'approfondir certains aspects du sujet. Enfin, les cinq dernières minutes étaient consacrées à un débriefing pour mieux préparer les candidats à cette épreuve orale de l'agrégation.

Programme du cours : Au programme :

- | | |
|--|---|
| — interpolation polynomiale | — résolution numérique d'équations différentielles et d'équations aux dérivées partielles |
| — intégration numérique | — optimisation élémentaire |
| — résolution numérique de systèmes linéaires | |
| — calcul numérique de valeurs/vecteurs propres | |

Responsable du cours : Laurent Navoret

DURANT MA THÈSE À L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Toutes les activités d'enseignement listées ci-dessous, exception faite pour l'encadrement du mini-projet final du cours MAP551, ont été effectuées à titre d'activité complémentaire d'enseignement du département de Mathématiques Appliquées de l'École polytechnique durant la préparation de ma thèse de doctorat. La charge a été de 64 heures/équivalent-TD par année, durant trois années.

MAA106 Introduction to Numerical Analysis

16 heures

Travaux pratiques

Avril 2021/22/23 – Juin 2021/22/23

Bachelor of Science 1ère année (L1)

École polytechnique

Détails de mon intervention : Chargé de travaux pratiques à réaliser à l'aide de code Python/Numpy sur notebooks Jupyter, sur des squelettes fournis par le responsable du cours, et correcteur de l'examen final portant sur le contenu théorique et pratique du cours. Le groupe d'étudiants que j'ai encadré était constitué d'environ 20 élèves. Chaque séance de travaux pratiques, d'une durée de deux heures, débutait par des rappels sur les sujets abordés en cours, que je complétais par des explications au tableau et des réponses aux éventuelles questions des étudiants. Ensuite, je consacrais du temps aux étudiants pour qu'ils puissent écrire et tester individuellement le code requis, tout en me déplaçant dans la salle afin de suivre individuellement ceux qui demandaient de l'aide. Enfin, je procédais à la correction avec des explications détaillées pour chaque partie.

Programme du cours : Le cours a comme objectif d'introduire les outils de base des mathématiques computationnelles et s'articule autour de trois axes :

1. connaissance des algorithmes numériques de base convergence
2. notions d'erreur, convergence, et vitesse de 3. implémentation pratiques par Python et Jupyter

Le cours se déroule en trois modules de deux cours/travaux pratiques chacun

1. résolution d'équations non-linéaires par méthode itérative
2. approximation polynomiale
3. intégration numérique

Responsable du cours : Maxime Breden

Bachelor thesis : "Numerical solution of non-linear PDEs : from the heat equation to the Nagumo equation"

Janvier 2021/22/23 – Avril 2021/22/23

Bachelor of Science 3ème année (L3)

École polytechnique

Encadrant

Détails de mon intervention : J'ai proposé le sujet et encadré les étudiants :

- 2023 : Adrian Ruisanchez (actuellement étudiant à la London School of Economics, MSc Risk and Finance).
- 2022 : Mohamed Atouife (actuellement doctorant au Mechanical and Aerospace Engineering department, Princeton University).
- 2021 : Naya Khalil (actuellement étudiante à l'Université Columbia, MSc Financial Engineering).

J'ai également fait partie du jury d'évaluation du projet, faite à partir d'un compte-rendu d'une vingtaine de pages et d'une soutenance orale d'environ vingt minutes suivie de questions. Après avoir présenté le sujet à l'étudiant, rappelé les notions d'analyse numérique nécessaires et engagé un dialogue autour de ses intérêts spécifiques et de ses aspirations afin d'adapter le sujet, le suivi était effectué de manière hebdomadaire. Plus précisément, je rencontrais l'étudiant une fois par semaine pendant plusieurs heures afin de vérifier ses résultats, répondre à ses questions sur la théorie et l'implémentation numérique et le guider dans le développement du sujet. Des rendez-vous ponctuels et des échanges par e-mail, au besoin, complétaient l'offre d'encadrement.

Programme du cours : Voici un résumé du projet proposé. L'équation de réaction-diffusion est un modèle mathématique utilisé pour modéliser une vaste classe de phénomènes physiques dans de nombreux domaines tels que la chimie, la biologie et l'écologie. Les mécanismes de base qui sont modélisés par cette équation sont la variation de concentration d'une ou plusieurs substances chimiques en raison de réactions chimiques et la diffusion des espèces dans l'environnement. Les solutions de cette équation aux dérivées partielles parabolique non-linéaire présentent un large éventail de comportements, y compris la formation d'ondes progressives ainsi que d'autres motifs auto-organisés tels que des rayures (zèbres, coquillages, etc.). Très peu de solutions exactes sont connues pour ces équations, de sorte que l'introduction de méthodes numériques pour trouver des solutions approchées est nécessaire. Cette thèse guide l'étudiant dans la construction et le test d'approximations numériques (dans un langage choisi par l'étudiant, d'habitude Python) basées sur des différences finies pour l'équation de Nagumo, en

analysant leurs forces et leurs faiblesses. Cela permet d'introduire de nombreuses idées majeures de l'analyse numérique de manière ludique et pratique, à savoir : consistance et stabilité d'une méthode ; discrétisation explicites *vs.* implicites ; la notion de raideur ; résolution des non-linéarités par une itération de Newton. Le projet guide progressivement l'étudiant vers des problèmes plus complexes, en partant de l'équation de la chaleur, pour ensuite rajouter les non-linéarités et traiter le cas multidimensionnel.

MAP551 Systèmes dynamiques pour la modélisation et la simulation des milieux réactifs multi-échelles

Encadrant mini-projet final

Novembre 2019/20/21/22 – Janvier 2020/21/22/23
Cycle Ingénieur 3ème année (M2)
École polytechnique

Détails de mon intervention : J'ai encadré des binômes (sauf exception) d'étudiants (Thomas Crasson et Sébastien Mélo en 2022 ; Nguyen Quoc en 2021 ; Fangmeng Zhu et Ruikang Liang, Marius Markle et Rodrigo Sánchez-Vera en 2020 ; Bu Yucheng et Zhou Huihui, Camille Demarre et Grégoire Lothe en 2019) dans le projet final, qui contribuait à la note finale. En tant que membre du jury d'évaluation du projet, l'évaluation s'est déroulée sur la base d'un rapport d'environ 15 pages et d'une présentation orale d'environ un quart d'heure. Le suivi du projet a débuté par la présentation du sujet, du travail attendu et l'aide fournie aux étudiants pour utiliser le code élaboré par mon prédécesseur. Par la suite, des rencontres régulières toutes les deux semaines environ ont été organisées pour suivre l'avancement du projet et répondre aux questions des étudiants.

Programme du cours : Le titre du mini-projet est "Convection naturelle de Rayleigh Bénard". Le but de ce projet est de procéder à l'analyse linéaire de stabilité d'une couche de fluide au repos pour identifier la bifurcation sur le nombre de Rayleigh à partir de laquelle on observe des tourbillons qui se mettent en place. La seconde partie propose, à partir d'un code de calcul fourni basé sur un solveur Navier-Stokes incompressible volumes-finis implémenté dans Python avec la librairie `petsc`, de tester la validité de cette analyse numériquement.

Responsable du cours : Marc Massot

MAP412 Introduction à l'Analyse Numérique : des fondements mathématiques à l'expérimentation avec Jupyter

32 heures

Tutorat

Août 2020/21/22 – Novembre 2020/21/22
Cycle Ingénieur 2ème année (M1)
École polytechnique

Détails de mon intervention : Je me suis occupé – pendant 8 séances d'une heure – du support et du suivi hebdomadaire aux étudiants du cours afin de répondre à leurs questions sur le cours et les aider dans la mise en place des notebooks Python/Jupyter pour le contrôle continu. Comme environ 4/5 étudiants parmi les 60 du cours participaient aux séances de tutorat, le suivi était fortement individualisé. J'étais également chargé de la correction et de la notation des rendus de contrôle continu sous forme de notebooks Python/Jupyter (20 rendus par semaine pendant 8 semaines, comptabilisés comme 24 heures/équivalentes-TD). Enfin, je me suis occupé du "cobayage" du sujet du contrôle classant.

Programme du cours : Le cours propose une introduction à l'analyse numérique, partant des fondements mathématiques sur lesquels les méthodes numériques reposent et allant jusqu'à l'implémentation en passant par la compréhension de leur efficacité numérique, ainsi que leur stabilité en lien avec le conditionnement mathématique des problèmes posés. Le lien est fait avec les applications afin de comprendre l'étendue de l'utilisation de ce type de méthode d'un point de vue pratique. Sujets abordés dans le cours :

- représentation des nombres flottants
- conditionnement et stabilité
- interpolation et approximation polynomiale
- intégration numérique
- résolution de systèmes linéaires par méthodes directes
- résolution de systèmes linéaires par méthodes itératives
- résolution d'équations non-linéaires
- équations différentielles ordinaires (méthodes de base)
- équations différentielles ordinaires (méthodes de Runge-Kutta)
- équations aux dérivées partielles (équation de la chaleur et réaction/diffusion)
- équations aux dérivées partielles (équation de transport et Burgers)

Responsable du cours : Marc Massot.