

# Léopold Trémant

Attaché temporaire d'enseignement et de recherche

Laboratoire Jean Kuntzmann, Université Grenoble-Alpes

@ leopold.tremant@grenoble-inp.fr

✉ 700 avenue Centrale, 38400 Saint-Martin-d'Hères

☎ +33 6 41 69 73 29

🐙 github.com/tremelow

🌐 tremelow.github.io

## Tables des matières

1	Curriculum Vitae	1
2	Publications	3
3	Activités d'enseignement	3
4	Présentations lors de séminaires et congrès	5
5	Ma recherche en bref	5

## 1 Curriculum Vitae

### ➤ Expérience

#### ATER Temps Plein – Grenoble INP

📅 oct. 2021 – août 2022

Enseignements à l'Ensimag (Grenoble INP), niveau L3-M1

Membre du Laboratoire Jean Kuntzmann (Univ. Grenoble-Alpes)

#### Doctorant – Inria Rennes – Bretagne Atlantique

📅 oct. 2018 – déc. 2021

Titre	Méthodes d'analyse asymptotique et d'approximation numérique	
Sous-titre	Problèmes d'évolution multi-échelles de type oscillatoire ou dissipatif	
Directeurs	Philippe Chartier	Mohammed Lemou
	🏠 Inria & ENS Rennes	🏠 CNRS & ENS Rennes
	@ philippe.chartier@inria.fr	@ mohammed.lemou@univ-rennes1.fr
Affiliation	Institut de Recherche Mathématique de Rennes, Univ. Rennes 1 Équipe MINGuS, Inria Rennes – Bretagne Atlantique	
Soutenance	8 décembre 2021	
Manuscrit	https://tremelow.github.io/publication/thesis	

Composition du jury	François CASTELLA	Professeur (IRMAR Univ Rennes 1)	Président
	Pauline LAFITTE	Professeur (CentraleSupélec)	Rapporteur
	Katharina SCHRATZ	Professeur (Sorbonne Université)	Rapporteur
	Gilles VILMART	Maître d'enseignement et recherche (Univ. Genève)	Examineur
	Philippe CHARTIER	Directeur de recherche (Inria, IRMAR Univ. Rennes 1)	Directeur
	Mohammed LEMOU	Directeur de recherche (CNRS, IRMAR Univ. Rennes 1)	Co-directeur

**Stagiaire (M2) – Inria Rennes – Bretagne Atlantique**

📅 avril 2018 – août 2021

Étude d'un développement double-échelle pour les problèmes à relaxation rapide

**Vacataire (126 heqtd) – Univ. Rennes 1**

📅 sept. 2019 – juin 2021

IUT, formation GEII : Encadrement de TP (L1-L2) – 112h

Université : Oraux blancs CAPES et encadrement de TP (L2) – 8+12h

**Stagiaire (M1) – Univ. Roskilde, Danemark**

📅 avril – août 2017

Simulation d'épidémies de rougeole à partir de données réelles

**➤ Formation****Ecole d'été et projet de recherche CEMRACS – CIRM, Marseille**

📅 été 2022

Méthodes de tenseurs pour des problèmes de jeux à champs moyen, en équipe avec Laila BAROUKH et Damien PREL, sous la supervision de Virginie EHRLACHER et Luca NENNA.

**Doctorat en analyse numérique – Univ. Rennes 1**

📅 2018 – 2022

**Master 2 en mathématiques appliquées – Univ. Paris-Saclay**

📅 2017 – 2018

Spécialité en Analyse, Modélisation et Simulation

**Diplôme d'ingénieur généraliste – ENSTA Paris**

📅 2015 – 2018

Spécialisation en Modélisation et Simulation, approche Recherche et Innovation

**Classes préparatoires MPSI/MP\* – Lycée Clemenceau, Nantes**

📅 2013 – 2015

**GCSEs – Ilfracombe Arts College, Angleterre**

📅 2010 – 2011

Diplômes en Mathématiques, Anglais et Musique après une année dans une famille d'accueil

**➤ Programmation**

Pendant ma thèse et au CEMRACS, j'ai implémenté des méthodes de calcul scientifique en Julia. En tant qu'ATER à l'Ensimag, j'ai donné des cours de C++, de Python et de R.

<b>Julia</b>	● ● ● ● ●	<b>Python</b>	● ● ● ● ●	<b>C++</b>	● ● ● ● ●
<b>MATLAB</b>	● ● ● ● ●	<b>R</b>	● ● ● ● ●	<b>LaTeX</b>	● ● ● ● ●

## 2 Publications

---

### ➤ Revues internationales avec comité de relecture

[T1] Philippe Chartier, Mohammed Lemou et Léopold Trémant. « A uniformly accurate numerical method for a class of dissipative systems ». In : *Mathematics of Computation* 91.334 (2022), p. 843-869.

### ➤ En préparation

[T2] Brigitte Bidegaray-Fesquet, Clément Jourdana et Léopold Trémant. « High-order asymptotics and uniform accuracy for a multi-frequency Bloch approximation ». 2022. En prép.

[T3] Philippe Chartier, Mohammed Lemou, Florian Méhats et Léopold Trémant. « Averaging in a Nutshell ». 2021. En prép.

-----

## 3 Activités d'enseignement

---

### ➤ Année 2021–2022 (180 heqtd)

#### Modélisation et programmation – cours & TP 9h (M1)

📍 Ensimag

**Objectif** Fournir des bases de programmation orientée objet en C++ à travers un projet de génération de lois de distribution.

**Responsabilité** Co-référent du cours avec Jean-Baptiste DURAND

#### C++ pour les mathématiques appliquées – TP projet 16h (M1)

📍 Ensimag

**Objectif** Fournir des bases de programmation orientée objets en C++ à travers un projet de simulation de particules.

**Référent** Christophe PICARD

#### Méthodes numériques de base – cours 6h, TD 16.5h (L3)

📍 Ensimag

**Objectif** Présenter certaines notions de méthodes numériques pour la résolution d'équations (linéaires, non-linéaires et différentielles) avec un accent sur la complexité et les risques d'erreur.

**Référents** Stefanie HAHMANN & Guillaume JAMES

#### Principes et méthodes statistiques – TD 24h, TP 9h (L3)

📍 Ensimag

**Objectif** Obtenir de bonnes bases pour l'étude statistique en faisant un lien fort avec des notions de probabilités.

**Référent** Olivier GAUDOIN

#### Tutorat en mathématiques – 20h (L3)

📍 Ensimag

**Description** Accompagnement personnel d'un étudiant étranger en difficulté sur le cursus mathématique. Notions d'algèbre, d'espaces vectoriels et de propriétés sur les fonctions.

**Bases de Données – projet 15h (M1) – projet**

♥ Ensimag

**Description** Mise en place d'une base de données pour un site de vente en ligne à partir d'un cahier des charges, avec Christophe BOBINEAU.

**Probabilités appliquées – TD 19h (L3)**

♥ Ensimag

**Objectif** Fournir des bases de connaissances pour les lois de probabilités usuelles, avec quelques notions de modélisation de phénomènes stochastiques.

**Référent** Clovis GALIEZ

**Analyse pour l'ingénieur – TD 18h, TP 12h (L3)**

♥ Grenoble INP, Ensimag

**Objectif** Introduire la notion d'intégrale de Lebesgue et les espaces fonctionnels associés, en comparaison avec l'intégration selon Riemann. Présenter quelques propriétés de la transformée de Fourier dans  $L^1(\mathbb{R})$ ,  $L^2(\mathbb{R})$ ,  $H^s(\mathbb{R}/\mathbb{Z})$ . Fournir des bases sur la notion de norme et de convergence dans les espaces vectoriels de dimension infinie.

**Référents** Emmanuel MAÎTRE, Valérie PERRIER

---

➤ **Année 2020–2021 (64 heqtd)**

**Outils Logiciels (formation Génie Électrique) – TP 56h (L1, L2)**

♥ IUT Rennes

**Description** Utilisation de Xcas pour l'illustration de concepts mathématiques de base. Implémentation de méthodes de calcul numérique en Scilab. Rédaction de compte-rendus scientifiques avec LibreOffice.

**Référente** Virginie BOUTELOUP

**Oraux blancs CAPES de Mathématiques – 8h (M1)**

♥ Univ. Rennes 1

**Description** Évaluation de la qualité et de la pertinence scientifique de présentations orales pour l'épreuve scientifique du CAPES.

---

➤ **Année 2019–2020 (62 heqtd)**

**Outils Logiciels – TP 50h (L1)**

♥ IUT Rennes

**Description** Même cours qu'en 2020–2021 avec Virginie BOUTELOUP.

**Analyse et Probabilités Appliquées – TP 12h (L2)**















♥ Univ. Rennes 1

**Description** Implémentation de méthodes d'analyse numérique et d'analyse statistique en Python.

**Référent** Stéphane BALAC

## 4 Présentations lors de séminaires et congrès

---

-  **oct. 2022** (à venir) *Développements asymptotiques et aspects géométriques* (exposé 45min)  
 Strasbourg Séminaire de l'équipe Modélisation & Contrôle de l'IRMA
-  **juin 2022** *Développement micro-macro et précision uniforme pour le modèle de Bloch* (exposé 20min)  
 Évian Session parallèle au CANUM 2020
-  **oct. 2021** *Décomposition micro-macro et problèmes à relaxation rapide* (exposé 30min)  
 Bordeaux groupe de travail « Modèles et méthodes pour les équations cinétiques »
-  **oct. 2021** *Développements micro-macro et précision uniforme pour une classe de problèmes dissipatifs* (poster)  
 Palaiseau Congrès Jeunes Chercheurs en Mathématiques Appliquées du CMAP
-  **déc. 2020** *Schémas numériques uniformément précis pour une classe de problèmes dissipatifs* (exposé 30min)  
 en ligne Congrès d'Analyse Numérique pour les Jeunes de la SMAI
-  **mars 2020** *Schéma numériques uniformément précis en tout temps pour une classe de problèmes diffusifs* (exposé 1h)  
 Rennes Séminaire doctorant Landau, Univ. Rennes 1
-  **juin 2019** *Micro-macro methods for stiff central manifold problems* (poster)  
 Nantes Séminaire "Numerical Methods for Multiscale Models arising in Physics and Biology" du projet ANR MoHyCon

## 5 Ma recherche en bref

---

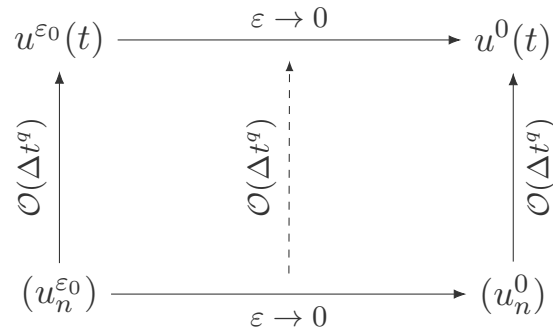
### ◆ Un peu de contexte

Mes travaux concernent les systèmes multi-échelles, plus spécifiquement les équations différentielles dont la raideur (i.e. l'amplitude des dérivées) est caractérisée par un petit paramètre  $\varepsilon$ . Sans souhait d'exhaustivité, on peut y distinguer deux familles : les problèmes à relaxation rapide, dont la dynamique en temps long est non raide et de dimension réduite ; et les problèmes hautement oscillant, dont la dynamique moyenne est dite de *dérive*. La résolution numérique de ces problèmes amène des problèmes bien connus de réduction d'ordre [13] lorsque le pas de temps  $\Delta t$  est grand par rapport à  $\varepsilon$ . Pour les problèmes de relaxation, les méthodes récentes cherchent à être *asymptotiquement stable* (AP) [9], c'est-à-dire qu'elles capturent la dynamique du problème même dans le régime  $\Delta t \gg \varepsilon$  sans réduction d'ordre,<sup>1</sup> mais sans garantie de précision pour les régimes intermédiaires  $\Delta t \sim \varepsilon$ . Pour les problèmes hautement oscillant, les méthodes de développements asymptotiques pour capturer la dynamique moyenne sont nombreuses (BKW [3], formes normales [11], moyennisation [12]), mais ces approximations ne sont valides que pour  $\varepsilon$  petit. Des développements récents (p. ex. dans [6, 1, 10]) ont permis de développer des méthodes

---

1. Dans ce contexte, la notion d'ordre est empirique, à distinguer la notion usuelle de vitesse de convergence dans la limite  $\Delta t \rightarrow 0$  à  $\varepsilon$  fixé.

numériques *uniformément précises* (UA), à savoir dont l'erreur et le coût sont indépendants de  $\varepsilon$ . Ce paradigme est résumé dans le diagramme ci-dessous : un schéma AP est de même ordre sur les flèches pleines, dans les régimes  $\varepsilon$  « grand » (de taille  $\varepsilon_0$ ) et  $\varepsilon$  « petit » (qui tend vers 0), tandis qu'un schéma UA conserve aussi son ordre sur tous les régimes intermédiaires représentés par la flèche en pointillés.



### ◆ Ma contribution

Dans [T3], j'ai travaillé sur les méthodes de moyennisation dans un cadre théorique général. L'objectif n'était pas de trouver de nouveaux résultats mais de les présenter dans un cadre original et concis. Une section est dédiée aux problèmes autonomes avec des oscillations raides engendrées par un opérateur  $G$ , de semigroupe  $\theta \mapsto e^{\theta G}$  périodique. Nous montrons alors que la procédure de moyennisation préserve le caractère autonome du problème et revient à construire  $G^\varepsilon$  et  $f^\varepsilon$  qui commutent et respectent  $G^\varepsilon + \varepsilon f^\varepsilon = G + \varepsilon f$ . Le reste de la réflexion porte sur le cas d'un problème à oscillations forcées—qui peut en particulier provenir d'un « filtrage »  $v^\varepsilon(t) = e^{-tG/\varepsilon} u^\varepsilon(t)$  où  $u^\varepsilon$  respecte un problème autonome. Nous dressons alors des preuves originales pour montrer que la procédure de moyennisation préserve les propriétés géométriques du problème à une fonction plate (en  $\varepsilon$ ) près.

Dans [T1], j'ai développé une méthode de développement micro-macro pour des problèmes en dimension finie avec une partie raide  $A$  linéaire de type relaxation, à valeurs propres entières. Le caractère entier permet au semi-groupe  $\tau \mapsto e^{i\tau A}$  d'être périodique, ce qui dresse un lien original avec des méthodes pré-existantes pour les problèmes hautement oscillant, à savoir [4, 5]. À l'aide de calculs symboliques, nous construisons un nouveau problème moins raide qui peut être résolu avec des méthodes exponentielles [8, 7] sans réduction d'ordre. Nous étendons partiellement cette méthode à une équation de type BGK à deux vitesses  $v \in \{-1, +1\}$ , aussi appelée problème du télégraphe. Au prix de quelques ajustements ad hoc, à savoir l'introduction d'une relaxation dans les développements asymptotiques, nous construisons ainsi une méthode d'ordre 2 à précision uniforme.

Avec C. Jourdana et B. Bidégaray-Fesquet, je travaille actuellement à la résolution avec précision uniforme d'une équation issue d'un modèle de Bloch trouvée dans [2], qui décrit l'évolution de remplissage des niveaux d'énergie dans une boîte quantique. Ce modèle mélange des dynamiques raides de relaxation et d'oscillations multi-fréquences, et sort donc du cadre des méthodes connues, mais il est tout de même possible d'effectuer une décomposition micro-macro sur le problème. Pour s'assurer de la bonne définition de cette décomposition, j'ai étendu les résultats de [4, 5] aux problèmes quasi-périodiques dans le cas linéaire. L'objectif est ensuite d'étendre ces travaux à un modèle de Bloch plus complet qui prend la forme d'une équation de Liouville.

Dans un domaine tout à fait différent, lors du CEMRACS 2022 j'ai travaillé sur l'application de méthodes de tenseurs à des problèmes de jeux à champ moyen. L'information contenue dans

les solutions de ces problèmes est souvent « creuse » dans le sens où les valeurs singulières décroissent rapidement dans la Proper Orthogonal Decomposition (POD). Dans la veine de travaux sur l'équation de la chaleur ou sur des problèmes de transport optimal, on cherche à calculer de manière itérative les termes de cette décomposition de sorte à obtenir une POD tronquée de manière efficace. Ces approximations sont parfois appelées "Low Rank Approximations", puisqu'on obtient une base réduite de l'image.

### ◆ Collaborateurs

- Clément JOURDANA, *Laboratoire Jean Kuntzmann (LJK) – Grenoble*
- Brigitte BIDÉGARY-FESQUET, *CNRS et LJK – Grenoble*
- Philippe CHARTIER, *Inria et ENS Rennes* (directeur de thèse)
- Mohammed LEMOU, *CNRS, Inria et ENS Rennes* (directeur de thèse)

## Références

---

- [1] Weizhu Bao, Yongyong Cai et Xiaofei Zhao. « A Uniformly Accurate Multiscale Time Integrator Pseudospectral Method for the Klein–Gordon Equation in the Nonrelativistic Limit Regime ». In : *SIAM Journal on Numerical Analysis* 52.5 (jan. 2014), p. 2488-2511.
- [2] Brigitte Bidégary-Fesquet, François Castella et Pierre Degond. « From Bloch model to the rate equations ». In : *Discrete & Continuous Dynamical Systems* 11.1 (2004), p. 1.
- [3] Rémi Carles. *Semi-classical analysis for nonlinear Schrödinger equations*. World Scientific, 2008.
- [4] François Castella, Philippe Chartier, Florian Méhats et Ander Murua. « Stroboscopic Averaging for the Nonlinear Schrödinger Equation ». In : *Foundations of Computational Mathematics* 15.2 (avr. 2015), p. 519-559.
- [5] Philippe Chartier, Mohammed Lemou, Florian Méhats et Gilles Vilmart. « A New Class of Uniformly Accurate Numerical Schemes for Highly Oscillatory Evolution Equations ». In : *Foundations of Computational Mathematics* 20.1 (fév. 2020), p. 1-33.
- [6] Philippe Chartier, Joseba Makazaga, Ander Murua et Gilles Vilmart. « Multi-revolution composition methods for highly oscillatory differential equations ». In : *Numerische Mathematik* 128.1 (sept. 2014), p. 167-192.
- [7] Marlis Hochbruck, Jan Leibold et Alexander Ostermann. « On the convergence of Lawson methods for semilinear stiff problems ». In : *Numerische Mathematik* 145 (2020), p. 553-580.
- [8] Marlis Hochbruck et Alexander Ostermann. « Explicit exponential Runge–Kutta methods for semilinear parabolic problems ». In : *SIAM Journal on Numerical Analysis* 43.3 (2005). Publisher : SIAM, p. 1069-1090.
- [9] Shi Jin. « Efficient asymptotic-preserving (AP) schemes for some multiscale kinetic equations ». In : *SIAM Journal on Scientific Computing* 21.2 (1999). Publisher : SIAM, p. 441-454.
- [10] Adrien Laurent et Gilles Vilmart. « Multirevolution integrators for differential equations with fast stochastic oscillations ». In : *SIAM Journal on Scientific Computing* 42.1 (2020), A115-A139.
- [11] James Murdock. *Normal forms and unfoldings for local dynamical systems*. Springer Science & Business Media, 2006.
- [12] Lawrence M. Perko. « Higher Order Averaging and Related Methods for Perturbed Periodic and Quasi-Periodic Systems ». In : *SIAM Journal on Applied Mathematics* 17.4 (juill. 1969), p. 698-724.
- [13] Bruno Sportisse. « An analysis of operator splitting techniques in the stiff case ». In : *Journal of computational physics* 161.1 (2000), p. 140-168.