

Journées EDP Auvergne-Rhône-Alpes 2021

Saint-Étienne, 2-3 décembre 2021

PROGRAMME

Jeudi 2 Décembre

09h45 – 10h15 Accueil des participants avec thé et café (*Salle du conseil*)

10h15 – 11h00 **Nicolas ROUGERIE** (UMPA, ENS Lyon)
Limite de champ moyen dans un double puits de potentiel

11h00 – 11h45 **Benjamin TEXIER** (ICJ, Lyon)
Instabilités haute-fréquence en physique des interactions laser-plasma

11h45 – 12h30 **Mickaël DOS SANTOS** (LMBP, Clermont-Ferrand)
Effet et absence d'effet de petites hétérogénéités dans un supraconducteur proche du premier champ critique

12h30 – 14h00 Pause déjeuner

14h00 – 14h45 **Maria KAZAKOVA** (LAMA, Chambéry)
Le résultat d'instabilité de PML surprenant pour les équations de Maxwell

14h45 – 15h30 **Arthur BOTTOIS** (LMBP, Clermont-Ferrand)
Observabilité uniforme pour l'équation des ondes 1D : application à l'optimisation du support de contrôle

12h30 – 14h00 Pause café (*Salle du conseil*)

16h00 – 16h45 **Martin SCHREIBER** (LJK, Grenoble)
Tackling the curse of time integration for future weather and climate simulations

19h45 Dîner de la conférence à L'escargot d'or

Vendredi 3 Décembre

09h30 – 10h15 **Romain JOLY** (IF, Grenoble)
Contrôle de l'équation de Schrödinger dans un domaine variable

10h15 – 11h00 **Paul ALPHONSE** (UMPA, ENS Lyon)
Smoothing and localizing properties for quadratic evolution equations

11h00 – 11h30 Pause café (*Salle du conseil*)

11h30 – 12h15 **Aymeric BARADAT** (ICJ, Lyon)
Représentation multiphasique en physique des plasmas

12h15 – 13h00 **Anatole GALLOUËT** (LJK, Grenoble)
Numerical resolution of semi-discrete generated Jacobian equations

13h00 – 14h30 Pause déjeuner

14h30 – 15h15 **Laetitia PAOLI** (ICJ, Saint-Étienne)

Un modèle thermo-mécanique de commande: existence et approximation des solutions

15h15 – 16h00 **Léo GIRARDIN** (ICJ, Lyon)

Spectral optimization of the periodic principal eigenvalue of a space-time periodic, cooperative, parabolic operator

16h00 – 16h30 Pause café et fin de la conférence (*Salle du conseil*)

RÉSUMÉS DES EXPOSÉS

- **Paul ALPHONSE**

Smoothing and localizing properties for quadratic evolution equations

Résumé:

In this talk, we consider the evolution equations associated with accretive quadratic operators. These non-selfadjoint differential operators are defined as the Weyl quantization of complex-valued quadratic forms defined on \mathbb{R}^{2n} , with non-negative real parts.

The purpose is first to understand how the possible non-commutation phenomena between the selfadjoint and the skew-selfadjoint parts of these operators allow the associated evolution equations to enjoy smoothing and localizing properties in specific directions of the phase space which will be precisely described.

An application to the generalized Ornstein-Uhlenbeck equations, of which the Kramers-Fokker-Planck equation is a particular case, will be given. We will also explain the local smoothing properties and the gains of integrability for these equations, under some assumptions on the class of operators considered.

This a joint work with J. Bernier (LMJL).

- **Aymeric BARADAT**

Représentation multiphasique en physique des plasmas

Résumé:

Dans cet exposé nous verrons comment une formulation multiphasique d'équations cinétiques permet de traiter des questions de stabilité non linéaire pour ce type d'équations autour de solutions stationnaires qui ne sont que des mesures en vitesse.

Je développerai en détail un résultat de ma thèse, à savoir que l'équation d'Euler cinétique (aussi appelée limite quasineutre de l'équation de Vlasov-Poisson) est mal posée au voisinage de solutions stationnaires homogènes instables au sens de Penrose.

Ensuite, je mentionnerai un travail en cours avec Daniel Han-Kwan, dans lequel nous cherchons à décrire la relaxation vers l'équilibre dans l'équation de Vlasov-Navier-Stokes, un problème d'évolution couplant une équation de type Vlasov à une équation de type fluide. Dans ce problème, les profils limites de l'équation de Vlasov se concentrent en vitesse, de sorte que l'approche mutliphasique semble particulièrement adaptée.

- **Arthur BOTTOIS**

Observabilité uniforme pour l'équation des ondes 1D : application à l'optimisation du support de contrôle

Résumé:

On s'intéressera à la contrôlabilité de l'équation des ondes 1D avec un contrôle interne. Plus précisément, on considère une onde évoluant dans un domaine Ω , sur laquelle on peut agir dans un sous-domaine (éventuellement mobile) $\omega(t)$. Alors, en se donnant un état initial et un état cible, le problème de contrôle consiste trouver une commande permettant de mener l'onde de l'état initial à l'état final en un temps fixé. Par dualité, ce problème est équivalent à l'établissement d'une inégalité dite d'observabilité portant sur l'équation

adjointe. Cette inégalité fait apparaître une constante d'intérêt notée C_{obs} . Cette dernière quantifie l'énergie maximale à dépenser pour contrôler le système. La constante C_{obs} dépend a priori du domaine sur lequel on contrôle.

Durant l'exposé, on verra comment lier la valeur de C_{obs} à une propriété géométrique du domaine de contrôle. Pour ce faire, on s'appuie sur les propriétés propagatives de l'équation des ondes, ainsi que sur la formule de d'Alembert.

On terminera par l'étude d'un problème connexe. En fixant l'état initial et l'état final, on s'attache à trouver pour quel domaine de contrôle obtient-on le contrôle le plus économe ? Ce problème sera résolu numériquement par un algorithme de descente.

- **Mickaël DOS SANTOS**

Effet et absence d'effet de petites hétérogénéités dans un supraconducteur proche du premier champ critique

Résumé:

Un supraconducteur de type II soumis à un champ magnétique peu fort ne se laisse pas pénétrer par le champ appliqué, tandis que pour une magnitude suffisamment élevée on observe une pénétration localisée voir globale du champ magnétique.

Dans le cas d'un supraconducteur $\Omega \times \mathbb{R}$ cylindrique infiniment long de section simplement connexe et bornée $\Omega \subset \mathbb{R}^2$, la pénétration du champ magnétique se fait suivant des filaments de vorticités qui sont des lignes parallèles au supraconducteur. Ainsi, une réduction de la dimension permet d'assimiler les filaments de vorticités à des points de Ω appelés vortex.

Depuis la fin des années 90, l'existence d'un premier champ critique H_{ext} est rigoureusement établie. Pour une magnitude inférieure à H_{ext} il n'y a aucun vortex dans Ω . Au dessus de H_{ext} les vortex apparaissent par paquet et le nombre de vortex est croissant en la magnitude.

Pour un nombre borné de vortex (i.e. pour une magnitude proche du premier champ critique H_{ext}), l'emplacement des vortex se fait autour des points de minimum de la fonction de London ξ_0 qui ne dépend que de Ω . L'ajout d'impuretés pas trop petite dans le matériaux (hétérogénéité en température ou en matériau) modifie la position des vortex. Par contre dans le cas de petites hétérogénéités, leur présence peut avoir des effets, ou bien au contraire n'avoir aucun effet sur le nombre de vortex ainsi que sur leur emplacement. L'exposé portera alors sur l'étude de petites hétérogénéités diluées : l'interdistance entre deux hétérogénéités est beaucoup plus grande que la taille de chacune des hétérogénéités. En particulier on démontrera l'existence d'une zone critique tenant compte de différents paramètres dont en particulier la taille des hétérogénéités, leur distance aux points de minimum de ξ_0 et un contraste d'hétérogénéité. On énoncera des résultats qui en substance établissent et quantifient que "Si aucune des hétérogénéités ne se trouve dans cette zone alors leur présence est sans effet sur les vortex tandis que si des hétérogénéités se trouvent dans cette zone alors les vortex sont capturés par des hétérogénéités incluses dans la zone critique.

- **Anatole GALLOUËT**

Numerical Resolution of semi-discrete generated Jacobian equations

Résumé:

In non-imaging optics, we try to optimize the trajectory of the light from a source to a target without trying to form an image of the source on the target. Some non-imaging optic problems can be translated into optimal transport problems in a semi-discrete setting, meaning that the source is a continuous domain and the target is a finite set of points. Other

problems of non-imaging optics can sometimes be rewritten into a slightly more global form than optimal transport, which we call Generated Jacobian Equations.

During this presentation we will see how Optimal Transport and Generated Jacobian Equations can be written as partial differential equations.

We will then introduce these equations in the semi-discrete setting using non- imaging optics problem. The main goal is to present an algorithm to solve Generated Jacobian Equations, which was adapted from an existing algorithm to solve optimal transport problems. Finally we will detail the main lines of the proof of convergence of this algorithm.

- **Léo GIRARDIN**

Spectral optimization of the periodic principal eigenvalue of a space-time periodic, cooperative, parabolic operator

Résumé:

In this talk I will report on recent results obtained in collaboration with Idriss Mazari (Univ. Paris-Dauphine) on the topic of optimization of principal eigenvalues for parabolic operators acting on vector-valued functions.

I will first recall the interest and relevance of such principal eigenvalues, especially in the space-time periodic framework, and then I will present the optimization problem we focused on, that is the optimization of the principal eigenvalue of a space-time periodic cooperative operator with respect to the off-diagonal elements of the coupling matrix.

It turns out that this is not a convex optimization problem and that the construction of optimizers, both minimizers and maximizers, requires a new method. We devise such a method by taking inspiration in a matrix-theory paper of 2007 by Neumann and Sze.

- **Romain JOLY**

Contrôle de l'équation de Schrödinger dans un domaine variable

Résumé:

On considère l'équation de Schrödinger $i\partial_t u = -\Delta u$ sur un domaine $\Omega(t)$ qui se déforme au cours du temps. Dans cet exposé, nous montrons comment bien poser cette équation et comment utiliser des déformations adiabatiques astucieuses pour contrôler l'état quantique à l'intérieur (contrôle global approché de u en norme L^2 par déformations du domaine).

Il s'agit de travaux en collaboration avec Alessandro Duca et Dmitry Turaev.

- **Maria KAZAKOVA**

Le résultat d'instabilité de PML surprenant pour les équation de Maxwell

Résumé:

Dans cette présentation je m'intéresse à l'analyse de stabilité de la méthode de couches absorbantes parfaitement adaptées (PMLs) pour la propagation d'ondes électromagnétiques en régime transitoire dans un milieu anisotrope décrit par un tenseur diélectrique diagonal.

Contrairement aux cas de l'équation d'ondes scalaire 3D et des équations de Maxwell 2D, certaines anisotropies diagonales mènent à l'existence d'ondes inverses qui provoquent des instabilités de la méthode PML. Ce résultat est illustré par des simulations numériques.

Il s'agit d'un travail commun avec Eliane Bécache, Sonia Fliss et Maryna Kachanovska.

- **Laetitia PAOLI**

Un modèle thermo-mécanique de commande: existence et approximation des solutions

Résumé:

Motivé par les applications industrielles dans le domaine de la micro-mécanique, on considère un dispositif thermo-mécanique de commande modélisé par une poutre horizontale reliée à l'extrémité d'une barre verticale. Sous l'effet de vibrations ou de l'expansion thermique, l'autre extrémité de la barre peut entrer en contact avec un autre élément du dispositif, considéré comme un obstacle.

Les échanges thermiques entre la barre et l'obstacle sont décrits par une condition aux limites de Barber conduisant à une inclusion variationnelle non-linéaire.

L'analyse mathématique du problème repose sur une régularisation de la condition de Barber, basée sur l'approximation de Yosida de l'opérateur maximal monotone associé, et l'étude de la convergence de la suite des solutions approchées ainsi obtenue.

- **Nicolas ROUGERIE**

Limite de champ moyen dans un double puits de potentiel

Résumé:

Nous considérons un gaz de particules bosoniques en interaction, piégé par un potentiel à deux puits dans une limite jointe "grand nombre de particules" et "haute barrière de potentiel", i.e. une limite de champ moyen avec effet tunnel.

Nous estimons finement l'énergie fondamentale du système, qui contient principalement un terme de type Bose-Hubbard décrivant la physique dans le bas du spectre du double-puits, ainsi que des contributions dues aux fluctuations quantiques autour de ce modèle.

Un corollaire de ces bornes est que la variance du nombre d'occupation des puits est réduite, une signature de fortes corrélations.

Travail commun avec Alessandro Olgiati et Dominique Spehner

- **Martin SCHREIBER**

Tackling the curse of time integration for future weather and climate simulations

Résumé:

Weather and climate simulations face new challenges due to changes in computer architectures caused by physical limitations. From a pure computing perspective, algorithms are required to cope with stagnating or even decreasing per-core speed and increasing on-chip parallelism. Although this leads to an increase in the overall on-chip compute performance, data movement is increasingly becoming the most critical limiting factor. All in all, these trends will continue and already led to research on partly disruptive mathematical and algorithmic reformulations of dynamic cores, e.g., using (additional) parallelism in the time dimension.

This presentation provides an overview and introduction to the variety of newly developed and evaluated time integration methods for dynamical cores, all aimed at improving the ratio of wall clock time vs. error:

First, I will begin with rational approximations of exponential integrator methods in their various forms: Terry's rational approach of exponential integrators (T-REXI), Cauchy contour integral methods (CI-REXI) on the complex plane and their relationship to Laplace transformations, and diagonalized Butcher's Tableau (B-REXI).

Second, Semi-Lagrangian (SL) methods are often used to overcome limitations on stable time step sizes induced by nonlinear advection. These methods show superior properties in terms of dispersion accuracy, and we have used this property with the Parareal parallel-in-time algorithm.

Third, the multi-level time integration of spectral deferred correction (ML-SDC) will be discussed, focusing on the multi-level induced truncation of nonlinear interactions and the importance of viscosity in this context. Based on this, the "Parallel Full Approximation Scheme in Space and Time" (PFASST) adds a time parallelism that allows even higher accelerations on the time-to-solution compared to ML-SDC and traditional time integration methods.

All studies were conducted with equations related to the ones of dynamical cores for weather and climate simulation. We get improved time-vs.-error rates for all these new time integration methods, but sometimes with additional challenges on the way which needs to be further overcome. Overall, our results motivate further investigation and combination of these methods for operational weather/climate systems.

Joint Work with with Jed Brown, Francois Hamon, Terry Haut, Richard Loft, Michael Minion, Matthew Normile, Nathanaël Schaeffer, Andreas Schmitt, Pedro S. Peixoto.

- **Benjamin TEXIER**

Instabilités haute-frequence en physique des interactions laser-plasma

Résumé:

Les expériences de fusion par confinement inertiel ne parviennent pas à produire de quantités substantielles d'énergie en particulier du fait de l'instabilité Raman.

Je parlerai de ce phénomène dans le cadre des équations d'Euler-Maxwell, pour lesquelles des résonances de type espace-temps sont responsables de l'instabilité Raman.

C'est une étude de type "optique géométrique" qui porte sur le comportement en temps court de solutions rapidement oscillantes de systèmes d'équations aux dérivées partielles quasi-linéaires.

Travail en commun avec Eric Dumas (Grenoble) et Lu Yong (Nanjing).