

Promotion IUF 2016
Rapport d'activité (2016-2021)

NOM : Despres

PRÉNOM : Bruno

DATE DE NAISSANCE : 31/07/1965

GRADE : PR-Excep

DISCIPLINE PRINCIPALE : Mathématiques appliquées (26)

CNU : 26

UNIVERSITÉ OU ÉTABLISSEMENT D'APPARTENANCE : Sorbonne Université

UNITÉ DE RECHERCHE D'APPARTENANCE : Laboratoire Jacque Louis Lions

CATÉGORIE : SENIOR

THÉMATIQUE DE RECHERCHE : ANALYSE NUMÉRIQUE ET RÉOLUTION
D'ÉQUATIONS AUX DÉRIVÉES PARTIELLES POUR LES SCIENCES PHYSIQUES

RÉSUMÉ SCIENTIFIQUE À PROPOS DE LA RÉALISATION DU PROJET DE
RECHERCHE IUF (2 pages maximum) :

Avancées majeures / Etat d'achèvement / réorientations éventuelles au cours des 5 ans / Perspectives ouvertes par le travail réalisé

L'axe principal a été l'étude des modèles d'équations aux dérivées partielles pour les modèles de plasma de fusion magnétique de type ITER. Un deuxième axe secondaire a concerné l'analyse numérique de modèles de type Friedrichs. Enfin des études diverses ont été menées le plus souvent sur des questions d'analyse numérique fondamentale ou sur les nouvelles méthodes de réseaux de neurones en liaison avec la résolution d'équations de transport.

Pour l'axe principal, un point fondamental concerne l'analyse systématique des modèles de Vlasov-Poisson linéarisés sous la forme Vlasov-Ampère. Cela a permis d'intégrer ces modèles au sein de l'analyse spectrale des opérateurs hamiltoniens et de la théorie du scattering à la Kato, Reed-Simon, Lax, ... Mathématiquement cela permet d'appliquer les objets centraux de la théorie du scattering (opérateurs d'ondes, décomposition spectrale) en bénéficiant de la complétude que procure le cadre Hamiltonien. Dans la thèse d'Alexandre Rege, nous avons appliqué cette technique aux équations de Vlasov-Poisson-Ampère avec champ magnétique, et le résultat est une décomposition spectrale complète qui explique que l'amortissement Landau linéaire ne peut pas exister (dans la polarisation adéquate). Un autre point a été l'analyse des équations de Maxwell avec le tenseur du plasma froid en 2D dans le cadre de la thèse d'Anouk Nicolopoulos. Nous avons proposé une prise en compte faible qui permet in fine d'analyser et de calculer numériquement les singularités à la résonance. Le cadre complètement tridimensionnel est encore hors d'atteinte.

Pour l'axe secondaire, l'analyse numérique des modèles de type Friedrichs s'est poursuivie en considérant systématiquement des modèles de moments et des méthodes de Trefftz adaptées. Le résultat mathématique principal est la convergence spectrale avec un taux asymptotique en fonction du nombre de moments/fonctions de base plus rapide qu'avec une méthode d'éléments finis. Cette stratégie numérique est en train d'être étendue aux équations de Vlasov magnétisées (évoquées dans le premier axe) au sein du projet ANR MUFFIN. Un résultat d'analyse numérique fondamentale a été publié en Note aux Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, dans lequel une équation contractante est construite avec des solutions polynomiales qui t'interprètent directement dans des réseaux de neurones. Cela étend l'approche en fonction de Takagi à tous les polynômes d'une variable déjà.

PRODUCTION SCIENTIFIQUE DE LA PÉRIODE 2016-2021 :

Publications scientifiques / Communications orales invitées / Ouvrages / Brevets / Autres réalisations

MR4344598 Després, B. ; Nicolopoulos, A. ; Thierry, B. Corners and stable optimized domain decomposition methods for the Helmholtz problem. Numer. Math. 149 (2021), no. 4, 779--818.

MR4344252 Pichard, Teddy ; Aguillon, Nina ; Després, Bruno ; Godlewski, Edwige ; Ndjinga, Michael . Existence and uniqueness of generalized solutions to hyperbolic systems with linear fluxes and stiff sources. J. Hyperbolic Differ. Equ. 18 (2021), no. 3, 653--700.

MR4337454 Badsì, Mehdi ; Campos-Pinto, Martin ; Després, Bruno ; Godard-Cadillac, Ludovic . A variational sheath model for stationary gyrokinetic Vlasov-Poisson equations. ESAIM Math. Model. Numer. Anal. 55 (2021), no. 6, 2609--2642.

MR4293490 Després, Bruno . Trace class properties of the non homogeneous linear Vlasov-Poisson equation in dimension 1+1. J. Spectr. Theory 11 (2021), no. 2, 709--742.

MR4253476 Charles, Frédérique ; Després, Bruno ; Rege, Alexandre ; Weder, Ricardo . The magnetized Vlasov-Ampère system and the Bernstein-Landau paradox. J. Stat. Phys. 183 (2021), no. 2, Paper No. 23, 57 pp.

MR4202909 Fiorini, Camilla ; Després, Bruno ; Puscas, Maria Adela . Sensitivity equation method for the Navier-Stokes equations applied to uncertainty propagation. Internat. J. Numer. Methods Fluids 93 (2021), no. 1, 71--92.

MR4267105 Després, Bruno . Lagrangian Godunov schemes. Continuum mechanics, applied mathematics and scientific computing: Godunov's legacy, 119--124, Springer, Cham, [2020], ©2020.

MR4196777 Després, Bruno ; Ancellin, Matthieu . A functional equation with polynomial solutions and application to neural networks. C. R. Math. Acad. Sci. Paris 358 (2020), no. 9-10, 1059--1072.

MR4190824 Campos Pinto, M. ; Charles, F. ; Després, B. ; Herda, M. A projection algorithm on the set of polynomials with two bounds. Numer. Algorithms 85 (2020), no. 4, 1475--1498.

MR4123290 Després, Bruno ; Trélat, Emmanuel . Two-sided space-time L1 polynomial approximation of hypographs within polynomial optimal control. Appl. Math. Optim. 82 (2020), no. 1, 307--352.

MR4106614 Després, Bruno ; Herda, Maxime . Computation of sum of squares polynomials from data points. SIAM J. Numer. Anal. 58 (2020), no. 3, 1719--1743.

MR4091990 Buet, Christophe ; Despres, Bruno ; Morel, Guillaume . Trefftz discontinuous Galerkin basis functions for a class of Friedrichs systems coming from linear transport. *Adv. Comput. Math.* 46 (2020), no. 3, Paper No. 41, 27 pp.

MR4076660 Nicolopoulos, Anouk ; Campos Pinto, Martin ; Després, Bruno ; Ciarlet, Patrick, Jr. Degenerate elliptic equations for resonant wave problems. *IMA J. Appl. Math.* 85 (2020), no. 1, 132--159.

MR4062318 Després, Bruno ; Jourden, Hervé . Machine learning design of volume of fluid schemes for compressible flows. *J. Comput. Phys.* 408 (2020), 109275, 27 pp.

MR3979625 Després, Bruno . Scattering structure and Landau damping for linearized Vlasov equations with inhomogeneous Boltzmannian states. *Ann. Henri Poincaré* 20 (2019), no. 8, 2767--2818.

MR3959808 Nicolopoulos, A. ; Campos-Pinto, M. ; Després, B. A stable formulation of resonant Maxwell's equations in cold plasma. *J. Comput. Appl. Math.* 362 (2019), 185--204.

MR3899167 Campos-Pinto, Martin ; Charles, Frédérique ; Després, Bruno . Algorithms for positive polynomial approximation. *SIAM J. Numer. Anal.* 57 (2019), no. 1, 148--172.

MR3875525 Dakin, Gautier ; Després, Bruno ; Jaouen, Stéphane . High-order staggered schemes for compressible hydrodynamics. Weak consistency and numerical validation. *J. Comput. Phys.* 376 (2019), 339--364.

MR3828289 Mifsud, Clément ; Després, Bruno . A numerical approach of Friedrichs' systems under constraints in bounded domains. Theory, numerics and applications of hyperbolic problems. II, 321--333, *Springer Proc. Math. Stat.*, 237, Springer, Cham, 2018.

MR3824777 Morel, Guillaume ; Buet, Christophe ; Despres, Bruno . Trefftz discontinuous Galerkin method for Friedrichs systems with linear relaxation: application to the P1 model. *Comput. Methods Appl. Math.* 18 (2018), no. 3, 521--557.

MR3808573 Després, Bruno ; Sart, Rémy . Navier-Stokes hierarchies of reduced MHD models in tokamak geometry. *J. Math. Fluid Mech.* 20 (2018), no. 2, 329--357.

MR3741619 Despres, B. ; Herda, M. Correction to: Polynomials with bounds and numerical approximation [MR3715896]. *Numer. Algorithms* 77 (2018), no. 1, 309--311.

MR3723650 Dakin, Gautier ; Després, Bruno ; Jaouen, Stéphane . Inverse Lax-Wendroff boundary treatment for compressible Lagrange-remap hydrodynamics on Cartesian grids. *J. Comput. Phys.* 353 (2018), 228--257.

MR3793401 Després, Bruno . From uncertainty propagation in transport equations to kinetic polynomials. Uncertainty quantification for hyperbolic and kinetic equations, 127--150, *SEMA SIMAI Springer Ser.*, 14, Springer, Cham, 2017.

MR3719570 Kaladzhyan, Vardan ; Despres, Julien ; Mandal, Ipsita ; Bena, Cristina . Majorana fermions in finite-size strips with in-plane magnetic fields. *Eur. Phys. J. B* 90 (2017), no. 11, Paper No. 211, 9 pp.

MR3715896 Després, Bruno . Polynomials with bounds and numerical approximation. *Numer. Algorithms* 76 (2017), no. 3, 829--859.

MR3705789 Campos Pinto, M. ; Després, B. Constructive formulations of resonant Maxwell's equations. *SIAM J. Math. Anal.* 49 (2017), no. 5, 3637--3670.

MR3676082 Després, Bruno . Numerical methods for Eulerian and Lagrangian conservation laws. *Frontiers in Mathematics*. Birkhäuser/Springer, Cham, 2017. xvii+349 pp. ISBN: 978-3-319-50354-7; 978-3-319-50355-4

MR3614015 Buet, Christophe ; Després, Bruno ; Franck, Emmanuel ; Leroy, Thomas . Proof of uniform convergence for a cell-centered AP discretization of the hyperbolic heat equation on general meshes. *Math. Comp.* 86 (2017), no. 305, 1147--1202.

- MR3611102 Després, Bruno ; Imbert-Gérard, Lise-Marie ; Lafitte, Olivier . Solutions to the cold plasma model at resonances. J. Éc. polytech. Math. 4 (2017), 177--222.
- MR3643824 Després, B. ; Kokh, S. ; Lagoutière, F. Sharpening methods for finite volume schemes. Handbook of numerical methods for hyperbolic problems, 77--102, Handb. Numer. Anal., 17, Elsevier/North-Holland, Amsterdam, 2016.
- MR3543655 Badsji, Mehdi ; Campos Pinto, Martin ; Després, Bruno . A minimization formulation of a bi-kinetic sheath. Kinet. Relat. Models 9 (2016), no. 4, 621--656.
- MR3542017 Després, Bruno ; Perthame, Benoit . Uncertainty propagation; intrusive kinetic formulations of scalar conservation laws. SIAM/ASA J. Uncertain. Quantif. 4 (2016), no. 1, 980--1013.
- MR3517445 Caldini-Queiros, Céline ; Després, Bruno ; Imbert-Gérard, Lise-Marie ; Kachanovska, Maryna . A numerical study of the solution of X-mode equations around the hybrid resonance. CEMRACS 2014--numerical modeling of plasmas, 1--21, ESAIM Proc. Surveys, 53, EDP Sci., Les Ulis, 2016.
- MR3460269 Després, Bruno ; Weder, Ricardo . Hybrid resonance and long-time asymptotic of the solution to Maxwell's equations. Phys. Lett. A 380 (2016), no. 13, 1284--1289.
- MR3439463 Mifsud, Clément ; Després, Bruno ; Seguin, Nicolas . Dissipative formulation of initial boundary value problems for Friedrichs' systems. Comm. Partial Differential Equations 41 (2016), no. 1, 51--78.
- MR3421116 Després, Bruno ; Buet, Christophe . The structure of well-balanced schemes for Friedrichs systems with linear relaxation. Appl. Math. Comput. 272 (2016), part 2, 440--459.

ENCADREMENT DOCTORAL (Direction de thèses) :

Alexandre Rege (20018-2021), « Kinetic models for magnetized plasmas », co-dirigé avec F. Charles au LJLL/SU, Alexandre est actuellement post-doc à l'ETHZ (Zurich).

Anouk Nicolopoulos (1016-2019), « Variational formulations for resonant Maxwell's equations and problems at corners for wave propagation », 3 publications, actuellement post-doc à l'université de Zurich.

Guillaume Morel (soutenu en 2018) « Asymptotic-preserving and well-balanced schemes for transport models using Trefftz discontinuous Galerkin method », 4 publications, financé par le CEA, chercheur à l'IMT Atlantique (Bretagne)

Les 3 thèses précédentes sont directement liées à l'activité scientifique décrite plus haut.

Thèses en cours: Alexiane Plessier (début 2020) financée par le CEA 1 publication, Victor Fournet (CEA, début 2021), Nathalie Nouaime (CEA, début 2021), Maria Elghaoui (thèse en co-tutelle avec le Liban débutée en 2018), Thomas Fullana (thèse à l'Institut Jean Le Rond d'Alembert, début 2020, dont j'assure une supervision académique en liaison avec les collègues du IJLA, en particulier avec Stéphane Zaleski et surtout Taraneh Saadi qui est la directrice de fait).

Post-doc en cours: Ruiyang Dai (ANR Muffin).

AUTRES AVANCÉES SIGNIFICATIVES AU COURS DE LA PÉRIODE :

- Un ouvrage élaboré à partir d'un cours de Master M2 sur le Machine-Learning et les réseaux de neurones a été rédigé et sera incessamment publié.

- Un projet ANR est en cours dans lequel on intègre les avancées numériques pour construire une nouvelle stratégie numérique de résolution des équations de Vlasov-Poisson magnétisées.

- Une compréhension en profondeur du paradoxe de Bernstein-Landau a été obtenue à partir d'une décomposition spectrale complète qui s'insère dans le cadre de la théorie spectrale abstraite à la Kato/Lax.

PRIX ET DISTINCTIONS SCIENTIFIQUES OBTENUS AU COURS DE LA PÉRIODE (indiquer les dates) :

Invitation 3 mois professeur von Neumann à la TUM (Munich, Allemagne)

Invitation 2 mois professeur IBM à Providence (USA)

AUTRES OBSERVATIONS :

Acceptez-vous la mise en ligne de ce document sur le site internet de l'IUF : oui