

Thèse INRIA: deep learning et méthodes numériques pour les fluides

Emmanuel Franck, Vincent Vigon, Laurent Navoret, B. Naegel, P. Helluy

26 avril 2019

L'équipe TONUS est spécialisée dans la construction et l'analyse de méthodes numériques pour la dynamique des plasmas qui mélangent mécanique des fluides et électromagnétisme. On utilise plusieurs types d'équations pour modéliser un plasma : les modèles fluides ou les équations cinétiques comme Vlasov-Poisson. Ces modèles ont en commun de générer des solutions turbulentes avec des structures fines ou des solutions avec de forts gradients. Afin de résoudre ces modèles on utilise différentes méthodes numériques qui ont toutes en commun d'être d'ordre élevé (méthode de Galerkin Discontinue, méthodes Semi-Lagrangiennes, méthodes de Boltzmann en réseaux). Les méthodes d'ordre élevé sont très précises et permettent d'économiser du temps de calcul, mais elles souffrent toutes d'un défaut non négligeable, elles génèrent des oscillations de Gibbs qui viennent polluer la qualité de la solution numérique lorsque les structures sont fines ou les gradients sont forts. Afin de résoudre ce problème, on utilise des méthodes de stabilisation qui permettent de réduire ces oscillations numériques. La littérature sur le sujet est très importante, on pourra citer notamment les méthodes de viscosité artificielle ou les méthodes de limitation de pentes. Les méthodes les plus performantes peuvent être difficiles à mettre en oeuvre et ne sont pas toujours adaptées dans tous les cas. De plus ces méthodes sont assez heuristiques et parfois nécessitent un traitement à la "main". En effet la localisation des oscillations numériques et leur différenciation avec des oscillations physiques sont des problèmes difficiles d'un point de vue théorique. Le traitement des oscillations, une fois détectées, reste aussi partiellement compris d'un point de vue théorique. Depuis peu, l'idée d'utiliser les méthodes d'apprentissage (réseaux de neurones par exemple) pour construire ces méthodes de stabilisation commence à émerger. Pour le moment les quelques résultats existants [1]-[2] portent sur la détection des mailles dites "mauvaises" (avec la présence d'une oscillation numérique) et la construction d'une viscosité artificielle as-

sociée. Le coeur de projet serait d'intégrer de l'apprentissage de façon plus importante, dans un cadre plus large, avec des méthodes différentes basées sur ce qui existe en traitement de l'image (secteur où les méthodes IA sont très performantes) pour résoudre les problèmes de stabilisation pour différentes méthodes numériques : DG et Lattice Boltzmann pour les méthodes fluides, schémas Semi-Lagrangien pour les problèmes cinétiques. L'étude portera sur la detection/localisation des oscillations numériques par une IA dans un premier temps puis sur la correction de la simulation (de façon indirect ou direct) par une autre IA tout en assurant la consistance (voir d'autres contraintes) avec l'EDP d'origine.

- 1 *A data-driven shock capturing approach for discontinuous Galerkin methods*, J. Yu ; J. S. Hesthaven ; C. Yan, Preprint, 2018
- 2 *Detecting troubled-cells on two-dimensional unstructured grids using a neural network*, D. Ray ; J. S. Hesthaven, Preprint 2018