

Proposition d'un projet pour le CEMRACS 2022

Titre : Modèles cinétiques pour les plasmas de bord

1 Description du projet

L'interaction d'un plasma avec un bord matériel est un problème très étudié en physique. Lorsqu'un plasma interagit avec une paroi, une couche mince (appelée "gaine de Debye") se forme près du bord due au déplacement rapide des électrons (plus léger que les ions) qui sont absorbés par la paroi, créant un déséquilibre de charge près du bord et ainsi la formation d'une couche limite pour le potentiel électrique solution de l'équation de Poisson. La modélisation de ces phénomènes requiert la prise en compte d'équations dites cinétiques pour chaque espèce (électrons et ions). Dans ce cadre, une théorie des états d'équilibre a été établie récemment dans le cas collisionnel [1] et une exploration numérique du cas dynamique a été effectuée dans [2]. L'objectif de ce projet est d'étendre ces travaux récents en prenant en compte les effets collisionnels ou de type source volumique au modèle double espèce (ions et électrons) de Vlasov-Poisson, ce qui s'avère nécessaire pour modéliser les cas pertinents d'un point de vue de la physique.

Le cœur du projet sera de construire et d'analyser des méthodes numériques adaptées pour étudier la dynamique de la formation de gaine en prenant en compte les effets collisionnels.

Après avoir construit les états stationnaires, l'objectif est de construire des méthodes numériques adaptées pour étudier la dynamique des gaines autour de ces états stationnaires. Plusieurs défis devront être relevés, pour notamment capturer les effets multi-échelles présents dans le système, pour construire proprement les conditions aux limites pour le potentiel électrique solution de l'équation de Poisson, pour définir proprement les schémas numériques d'ordre élevé au bord ou encore pour étudier la stabilité des états stationnaires. Ainsi, des schémas numériques d'ordre élevé préservant l'asymptotique quasi-neutre seront développés dans ce contexte pour pouvoir utiliser des paramètres numériques indépendants des paramètres physiques (comme la longueur de Debye qui correspond à la taille de la couche limite ou le rapport massique entre la masse des électrons et celle des ions) et ainsi réduire le coût des simulations. Ce travail sera aussi l'occasion de faire le point sur les techniques mises en place dans la littérature (physique essentiellement) et de se positionner par rapport à ces travaux.

Références

- [1] M. BADSI, M. CAMPOS-PINTO, B. DESPRÉS, *A minimization formulation of a bi-kinetic sheath*, 2016, Kinetic Related Models.
- [2] M. BADSI, M. MERHENBERGER, L. NAVORET, *Numerical stability of plasma sheath*, 2018, ESAIM Proc.

2 Encadrement

Le projet sera encadré par

- Mehdi BADSI, Nantes Université,
- Anaïs CRESTETTO, Nantes Université,
- Nicolas CROUSEILLES, Inria Rennes - Bretagne Atlantique & Université de Rennes 1,
- Michel MEHRENBERGER, Aix-Marseille Université.

3 Financement

Le projet sera cofinancé par les projets, contrats et subventions suivants :

- ANR MUFFIN à hauteur de 5000€,
- Contrat de recherche à hauteur de 5000€,
- IRMAR Rennes et école doctorale à hauteur de 2000€.