

Analyse mathématique et numérique de modèles gyrocinétiques.

Céline CALDINI, Université de Franche-Comté & INRIA Nancy - Grand Est

La recherche sur la fusion nucléaire contrôlée explore la question du confinement magnétique des plasmas, dans la configuration du tokamak. Dans ce cadre, nous étudions les équations de Vlasov-Maxwell, qui décrivent le comportement d'une population de particules chargées, interagissant par le biais de champs électro-magnétiques.

La solution de l'équation de Vlasov, fonction de distribution des particules dans le plasma, dépend de trois variables en espace, trois variables en vitesse, ainsi que du temps. Ces dépendances ainsi que l'apparition des échelles multiples, le mouvement cyclotronique étant beaucoup plus rapide que le mouvement dans la direction parallèle par rapport aux lignes de champs, rendent complexe la résolution numérique de notre système. Nous explorons donc quelques approches pour la résolution de ces problèmes dans le contexte de la fusion magnétique, c'est-à-dire en présence d'un champ magnétique très intense.

D'une part, nous nous intéressons à la dérivation de modèles asymptotiques en moyennant par rapport au mouvement giratoire (voir [2]). En particulier nous étudierons les mouvements lents de dérive dans les directions perpendiculaires.

D'autre part, nous nous proposons de valider numériquement les modèles ainsi obtenus. Une des difficultés consiste à choisir un schéma numérique qui assure une discrétisation en temps uniforme par rapport à l'intensité typique du champ magnétique (rappelons qu'un schéma numérique explicite conduit à un pas de temps de l'ordre de ε qui tend vers 0 pour un champ \mathbf{B} de l'ordre de ε^{-1} tendant vers l'infini). Plusieurs possibilités se présentent : utilisation de schémas implicites ou séparation de l'inconnue en une partie isotrope et une partie fluctuante comme suggéré par LEMOU M. et MIEUSSENS L. dans [1]. De cette manière, numériquement, le travail est réduit à la programmation d'un certain nombre d'opérateurs, comme celui de la gyromoyenne. La recherche en cours vise à améliorer les performances de ces opérateurs pour rendre la résolution du problème de Vlasov suffisamment précise.

Références

- [1] LEMOU M. et MIEUSSENS L., *A new asymptotic preserving scheme based on micro-macro formulation for linear kinetic equations in the diffusion limit*, SIAM J. Sci. Comput, 31, 2008.
- [2] BOSTAN M., *Gyrokinetic Vlasov equation in three dimensional setting. Second order approximation*, SIAM J. Multiscale Model. Simul., Vol. 8. No. 5, pp. 1923-1957, 2010.