

## Un schéma cinétique préservant l'asymptotique pour le modèle M1 appliqué au transport thermique non local

**Jean-Luc FEUGEAS**, CELIA, Université de Bordeaux, CNRS, CEA - Talence

**Julien MATHIAUD**, Université de Rennes, CNRS, IRMAR - Rennes

**Luc MIEUSSENS**, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, CNRS, IMB - Talence

**Thomas VIGIER**, CELIA, Université de Bordeaux, CNRS, CEA - Talence

Les modèles hydrodynamiques pour la fusion par confinement inertiel doivent être fermés en fournissant une loi pour le flux de chaleur des électrons. Dans la plupart des cas hors-équilibre, la loi locale de Spitzer-Härm est insuffisante pour restituer l'ensemble des phénomènes physiques. En effet, la présence de forts gradients de température engendre l'apparition de flux de température non locaux qui rendent cette approche macroscopique incomplète. Pour restituer cet effet cinétique, la résolution d'une équation cinétique coûteuse à l'échelle microscopique serait requise. Néanmoins, du fait des situations physiques considérées, des modèles à l'échelle mésoscopique [1, 2] s'avèrent suffisants. En particulier, une approche aux moments permet de répondre à ces besoins de modélisation et de réduire le coût numérique; d'autre part, l'utilisation d'un tel modèle hyperbolique, du fait de sa construction, présente l'avantage d'être suffisamment flexible pour y ajouter une physique plus complexe (champs magnétiques par exemple).

Dans ce travail, nous nous concentrons sur la résolution numérique du modèle M1 du transport thermique non local sans champ magnétique. La nature multi-échelle de ce modèle rend l'élaboration d'un schéma numérique difficile en termes de préservation de l'asymptotique pour capter les différents régimes en fonction du nombre de Knudsen. Pour traiter ce problème, nous nous proposons d'utiliser UGKS (Unified Gas Kinetic Schema) [3, 4]; un schéma robuste pour l'équation cinétique reposant sur la solution intégrale de l'équation cinétique pour élaborer les flux. Cette méthode présente l'avantage de préserver l'asymptotique de l'équation en résolvant correctement à la fois le régime non local associé à du transport (hyperbolique) et le régime local associé à de la diffusion (parabolique). Pour obtenir un schéma pour le modèle aux moments, une méthode générique est proposée dans laquelle le flux numérique d'UGKS est fermé avec la fonction de distribution M1. Cette technique revient à projeter la fonction de distribution dans l'espace M1 à chaque pas de temps dans UGKS.

Afin d'implémenter ce schéma, une méthode de quadrature pour calculer des demi-moments de fonction de distribution M1 sur la sphère est proposée. De plus, une extension à l'ordre 2 n'affectant pas la préservation de l'asymptotique est suggérée. La flexibilité de ce schéma est aussi démontrée dans sa capacité à dégénérer vers un schéma de diffusion arbitrairement choisi. Finalement, cette nouvelle méthode est validée et testée sur différents cas tests.

- [1] P. D. Nicolai, J.-L. Feugeas, G. Schurtz. *A practical nonlocal model for heat transport in magnetized laser plasmas*. Physics of plasmas, **13(3)**, 2006.
- [2] G. Schurtz, P. D. Nicolai, M. Busquet. *A nonlocal electron conduction model for multidimensional radiation hydrodynamics codes*. Physics of plasmas, **7(10)**, 4238–4249, 2000.
- [3] K. Xu. *A gas-kinetic bgk scheme for the navier–stokes equations and its connection with artificial dissipation and godunov method*. Journal of Computational Physics, **171(1)**, 289–335, 2001.
- [4] Y. Zhu, K. Xu. *The first decade of unified gas kinetic scheme*. arXiv preprint arXiv :2102.01261, 2021.