

Proposition de stage
Spécialisation Mathématiques /
Méthodes numériques
Durée: 5 à 6 mois

Encadrement: S. Guisset¹
Co-encadrement: C. Enaux²

Schémas numériques pour la résolution d'un modèle de diffusion grise à trois températures multi-groupe

Contexte.

Ce stage propose d'améliorer la compréhension et le développement des méthodes numériques utilisées pour résoudre un modèle de diffusion grise à trois températures multi-groupe.

Modèle physique et difficultés principales.

Le modèle suivant est considéré pour décrire l'évolution de l'énergie électronique, ionique et radiative (par groupe de fréquence) dans les plasmas chauds

$$\begin{cases} \partial_t E_{r,g} + \nabla \cdot F_{r,g} = c\sigma_g^p(b_g a T_e^4 - E_{r,g}), & \text{pour } g \text{ de } 1 \text{ à } G. \\ \partial_t E_e = \sum_{g=1}^G c\sigma_g^p(E_{r,g} - b_g a T_e^4) + c\kappa(T_i - T_e), \\ \partial_t E_i = c\kappa(T_e - T_i), \end{cases}$$

où G est le nombre de groupe de fréquence considéré. E_r est l'énergie radiative, E_e l'énergie électronique, E_i l'énergie ionique, T_e la température électronique et T_i la température ionique. La vitesse de la lumière dans le vide c et la constante de Stefan a sont des constantes. Le coefficient de couplage électron-ion κ dépend de la température ionique et électronique. L'opacité de Planck par groupe σ_g^p dépend de la température électronique et du groupe de fréquence. La fonction b_g dépend aussi de la température électronique et du groupe de fréquence. Enfin, $F_{r,g}$ est le flux radiatif par groupe de fréquence et est donné par une approximation de type diffusion (par groupe)

$$F_{r,g} = -\frac{c}{3\sigma_r(T_e)} \nabla \cdot E_{r,g},$$

où σ_r est l'opacité de Rosseland qui dépend de la température électronique.

En plus d'être non linéaire, ce modèle est utilisé pour décrire le transport de particules dans les régimes de hautes densités d'énergie. Ces deux points conduisent à une résolution numérique particulièrement délicate, et des schémas numériques adaptés doivent être alors considérés.

Schémas numériques et travail proposé.

Dans un travail récent [2], en s'appuyant sur le travail effectué dans [1], une stratégie numérique a été présentée pour la résolution d'un modèle trois températures. Plus précisément, une approche efficace a été proposée pour traiter numériquement le couplage électron-photon, le

¹sebastien.guisset@cea.fr

²cedric.enaux@cea.fr

couplage électron-ion ainsi que l'ajout de terme de conductivité électronique, ionique et radiative. Cette approche permet notamment de prouver des propriétés numériques importantes (stabilité, conservativité et bons comportements asymptotiques).

L'objectif de ce travail est d'étendre la stratégie numérique considérée dans [2] à la résolution du modèle de diffusion grise à trois températures multi-groupe. En effet, même si la structure de ce modèle est plus compliquée, elle reste proche de celle considérée dans [2]. Nous mentionnons aussi que ce modèle peut être modifié pour obtenir un modèle de diffusion grise à trois températures multi-groupe hors équilibre. Afin de valider la stratégie numérique pour ce nouveau modèle, différents cas tests et diagnostics seront considérés.

Mots clés: schémas numériques, transfert radiatif, physique des plasmas, modèle trois températures, modèle multi-groupe hors équilibre.

Remarque: aucune connaissance en physique des plasmas ou en transfert radiatif n'est nécessaire. Seulement des connaissances de base en analyse numérique (consistance, stabilité...) et la maîtrise d'un langage numérique (laissé au choix) sont requises.

References

- [1] C. Eaux. Communication personnelle.
- [2] C. Eaux, S. Guisset, and Q. Raguenu. Étude d'un schéma numérique pour un modèle de diffusion grise à trois températures. Rapport de stage (Octobre 2018). Article en cours de rédaction.