

Modélisation cinétique des plasmas froids

Laurent Garrigues

*LAPLACE (Laboratoire Plasma et Conversion d'Energie), CNRS - Université de Toulouse, UPS, INPT Toulouse
118 route de Narbonne, F-31062 Toulouse cedex 9, France.
courriel : laurent.garrigues@laplace.univ-tlse.fr*

Les plasmas froids offrent une richesse bien connue quant aux applications et aux moyens de parvenir à les initier dans des conditions diverses et variées. La compréhension des phénomènes physiques régissant l'établissement puis l'entretien d'un plasma froid passe par une modélisation du système étudié. Nous pouvons distinguer trois grandes classes de modèles quant à la description du transport des espèces chargées dans les plasmas froids. Une modélisation « fluide » où les espèces chargées peuvent être décrites à partir des 3 premiers moments de l'équation de Boltzmann, à savoir, densité, vitesse moyenne et énergie moyenne. Ce type de modélisation est bien adapté pour des pressions relativement grandes, c'est à dire pour des conditions où le libre parcours moyen (distance entre deux collisions) est petit devant la taille du système. Très souvent, la forme de la fonction de distribution des électrons est a priori connue, et la plupart du temps supposée Maxwellienne. A l'opposé, quand la pression est très basse et que le libre parcours moyen devient de l'ordre ou supérieur à la taille du système, la fonction de distribution des particules s'éloigne d'une Maxwellienne et une approche « cinétique » du transport des particules est alors nécessaire pour calculer cette distribution et les propriétés de ces espèces qui en résultent. A l'interface entre les deux approches, une approche « hybride » existe, elle permet de traiter un type d'espèce chargée par une approche fluide et un autre type d'espèce de manière cinétique. Quelle que soit l'approche utilisée, le transport des particules chargées est ensuite couplé aux équations de Maxwell afin de déterminer les profils des champs électromagnétiques. Un transport des espèces non chargées peut le cas échéant être nécessaire afin de modéliser leur écoulement.

Durant cet exposé, nous allons détailler une approche appelée PIC (Particle-In-Cell) qui consiste à suivre un grand nombre de particules chargées (ions et électrons) dans l'espace des phases sous l'effet de champs électromagnétiques calculés de manière auto-cohérente. Nous nous limiterons au cas où seul le champ électrique est modifié par le transport des particules chargées. Les collisions entre les espèces chargées et les atomes sont traités par une méthode Monte-Carlo. Une contrainte inhérente à ce type de méthode est liée au temps de calcul. Le pas en espace de la grille de calcul ainsi que le pas de temps d'intégration des trajectoires sont d'autant plus petits que la densité des espèces est grande. Les nouvelles architectures de processeurs multi-cœurs offrent un avantage certain quant à la parallélisation de ce type de méthode, offrant un large gain de temps de calcul. Lors de l'exposé, nous présenterons les bases de la parallélisation pour la méthode PIC. Enfin, nous présenterons quelques exemples d'utilisation de la méthode.