

Résolution sur maillage non conforme des équations de Vlasov-Maxwell par un solveur Galerkin Discontinu

Marie MOUNIER, Nuclétudes et laboratoire IRMA, Université de Strasbourg

Yoann VENTRIBOUT, Nuclétudes

Éric SONNENDRÜCKER, Max-Planck-Institut für Plasmaphysik

Mots-clés : Particle-In-Cell, Galerkin Discontinu, raffinement local, conservation de la charge

La protection des systèmes contre les effets des rayonnements et des environnements électromagnétiques est un enjeu majeur au vu de la vulnérabilité de nombreux systèmes électroniques de mesure et de communication aux interférences électromagnétiques.

Nous nous intéressons à l'étude des effets subis par un engin dont les parois métalliques sont soumises à un flux de photons. L'énergie du flux de photons est suffisante pour que les électrons agités quittent la surface du métal. Nous utilisons la méthode Particle-In-Cell (PIC) [1] pour coupler l'équation de Vlasov qui modélise l'évolution de la distribution des particules dans l'espace des phases, avec le système d'équations de Maxwell sur un maillage qui décrit la contribution des champs électromagnétiques. La présence de charge d'espace au niveau de la zone émissive impose une résolution des équations sur un maillage suffisamment fin pour capter convenablement la physique du phénomène. Afin d'éviter d'avoir un maillage fin sur l'intégralité du domaine de calcul et pour optimiser les temps CPU, nous considérons un maillage non conforme, ie un maillage possédant une zone localement raffinée au niveau de la paroi émissive. Nous avons opté pour une méthode Galerkin Discontinue en Domaine Temporel (GDDT) [2] qui a l'avantage d'être une méthode numérique convergente sur de tels maillages. De plus, elle offre une grande flexibilité géométrique et permet d'obtenir des résultats précis même sur maillage grossier grâce à sa facilité à monter localement l'ordre d'interpolation spatial.

Un élément capital de la méthode PIC réside dans le respect de l'équation de conservation de la charge lors du couplage Vlasov-Maxwell. La nouveauté de notre travail consiste à adapter sur des maillages non-conformes et avec un solveur GDDT deux méthodes permettant d'assurer la conservation de la charge discrète dans les codes PIC. D'une part, nous avons adapté les méthodes de corrections de type elliptique et hyperbolique [3]. Ces méthodes corrigent les champs électromagnétiques en présence d'un courant n'assurant pas naturellement l'équation de conservation de la charge. D'autre part, nous avons généralisé les méthodes sans correction couramment utilisées dans les codes Différences Finies PIC [4]. Ces méthodes calculent un courant vérifiant automatiquement l'équation de conservation de la charge. Nous avons validé les résultats numériques obtenus par les deux méthodes au travers de différentes configurations physiques.

Références

- [1] F.H.HARLOW, *A Machine Calculation Method for Hydrodynamic Problems*, Los Alamos Scientific Laboratory, report LAMS, 1955.
- [2] A.BOUQUET, *Caractérisation de structures rayonnantes par une méthode de type GD associée à une technique de domaines fictifs*, thèse, université de Nice, 2007.
- [3] A.STOCK, J.NEUDORFER, R.SCHNEIDER, C.ALMANN, C-D.MUNZ *Investigation of the Purely Hyperbolic Maxwell System for Divergence Cleaning in DG based PIC methods*, Coupled Problems, 2011.
- [4] J.VILLASENOR, O.BUNEMAN *Rigorous charge conservation for local electromagnetic field solvers*, Computer Physics Communications, 1991.

Marie MOUNIER, Nuclétudes, 3 avenue du Hoggar, 91940 Les Ulis, France

mmounier@nuclétudes.com

Yoann VENTRIBOUT, Nuclétudes, 3 avenue du Hoggar, 91940 Les Ulis, France

yventribout@nuclétudes.com

Éric SONNENDRÜCKER, Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstrasse 2, 85748 Garching
sonnen@ipp.mpg.de