

Schéma FEM-PIC compatible pour Vlasov-Maxwell préservant la charge et l'énergie

Valentin PAGÈS, Sorbonne Université

Martin CAMPOS-PINTO, Sorbonne Université

Mots-clés : Éléments-Finis compatibles, Particle-in-Cell, Modèles cinétiques

Il existe plusieurs critères de stabilité en temps long pour les approximations numériques des équations de Vlasov-Maxwell, notamment la conservation de l'énergie, la conservation de l'impulsion, et la préservation de la loi de Gauss (appelée parfois conservation de la charge).

Une formulation générale des discrétisations en espace qui préservent plusieurs de ces quantités est établie [1, 2, 3]. Plusieurs discrétisations temporelles garantissant ces conservations sont aussi décrites, consistant majoritairement en des formulations implicites [3, 4, 5]. Une autre approche [6] propose un schéma semi-implicite conservant l'énergie en s'affranchissant du coût d'un solveur non-linéaire. Néanmoins, la loi de Gauss n'est pas préservée.

Nous proposons d'adapter cette dernière méthode au cadre des Éléments-Finis PIC (FEM-PIC) compatibles [1, 2, 3], et d'y adjoindre la préservation de la loi de Gauss. Concilier les deux approches en un schéma réunissant leurs avantages n'est pas immédiat : le dépôt de courant conservant la charge implique une moyenne temporelle des trajectoire particulières à chaque itération, qui s'oppose à l'économie de solveur non-linéaire.

Le nouveau schéma que nous présentons conserve la charge et l'énergie, tout en gardant un cycle itératif proche du PIC explicite. Il commence par une étape de prédiction conservant l'énergie, qui fournit la nouvelle position des particules, suivie par une correction préservant la loi de Gauss. Nous montrons que cette étape corrective est possible à une condition temporelle près. Ce critère est rempli, au besoin, par une adaptation dynamique du pas de temps.

Références

- [1] CAMPOS-PINTO, JUND, SALMON, SONNENDRUCKER, *Charge conserving FEM-PIC schemes on general grids*, CRAS-Mécanique, 342, 2014
- [2] CAMPOS-PINTO, SONNENDRUCKER, *Compatible Maxwell solvers with particles I & II*, SMAI-Journal of Computational Mathematics, 3, 2017
- [3] KRAUS, KORMANN MORRISON, SONNENDRUCKER, *GEMPIC: geometric electromagnetic particle-in-cell methods*, Journal of Plasma Physics, 83, 2017
- [4] MARKIDIS, LAPENTA, *The energy conserving particle-in-cell method*, Journal of Computational Physics, 230, 2011
- [5] CHEN, CHACÓN, BARNES, *An energy- and charge-conserving, implicit, electrostatic particle-in-cell algorithm*, Journal of Computational Physics, 230, 2011
- [6] LAPENTA, *Exactly energy conserving semi-implicit particle in cell formulation*, Journal of Computational Physics, 334, 2017

Valentin PAGÈS, LJLL, Sorbonne Université, 4 place Jussieu, 75005 Paris

pagesv@ljl1.math.upmc.fr

Martin CAMPOS-PINTO, LJLL, Sorbonne Université, 4 place Jussieu, 75005 Paris

campos@ljl1.math.upmc.fr