

Schémas Lagrange + projection d'ordre élevé à directions alternées pour l'hydrodynamique et la MHD idéale en géométrie axisymétrique

Marc Wolff, CEA DAM Île-de-France

Stéphane Jaouen, CEA DAM Île-de-France

Hervé Jourden, CEA DAM Île-de-France

Éric Sonnendrücker, Université de Strasbourg

Nous proposons une nouvelle souche de schémas volumes finis 1D et 2D d'ordre élevé en espace et en temps sur grille cartésienne en régime non linéaire. Ceux-ci sont basés sur un schéma Lagrange + projection 1D direct et particulièrement efficace associé à une méthode de splitting directionnel d'ordre élevé. Construits initialement pour l'hydrodynamique [1], ils ont ensuite été appliqués à la magnétohydrodynamique idéale [2] et ont enfin été munis d'un algorithme de préservation de $\nabla \cdot B = 0$ [3]. Nous présentons ici une extension axisymétrique de ces schémas jusqu'à l'ordre 4. En particulier, nous nous concentrons sur le modèle d'hyperviscosité (dérivé des modèles de sous-maille [4, 5] développés pour la simulation à grandes échelles) qui est utilisé pour limiter les oscillations au niveau des discontinuités sans altérer la convergence sur des cas tests réguliers. Des expérimentations numériques ont montré que ce dernier peut également servir à traiter le problème bien connu du *wall heating* - ce qui est crucial en contexte FCI - en ajoutant un terme de conductivité thermique artificielle.

Depuis le début, ces nouveaux schémas ont été construits de manière à tirer parti des architectures massivement parallèles récentes et de l'accélération GPGPU. C'est pourquoi nous avons par exemple choisi de ne pas avoir recours à un sous-cyclage de type Runge-Kutta pour le schéma temporel. L'ordre élevé en temps est en effet obtenu en une seule itération, nécessitant ainsi davantage de calculs pour décrire les interfaces mais moins d'appels à l'équation d'état et moins de communications entre les processus pour les exécutions parallèles. Afin d'illustrer ces propriétés, notre code a été parallélisé à l'aide d'une méthode de décomposition de domaine. Des tests de performance ont été effectués et ceux-ci renvoient des résultats intéressants. En effet, l'efficacité du code parallèle est de l'ordre de 90% tandis que le nombre d'opérations flottantes par seconde atteint dans certains cas 50% de la puissance crête des processeurs.

Références

- [1] DUBOC, ENAUX, JAOUEN, JOUDREN, WOLFF, *High-order dimensionally split Lagrange - remap schemes for hydrodynamics*, C. R. Acad. Sci. Paris, 2010.
- [2] WOLFF, JAOUEN, JOUDREN, SONNENDRÜCKER, *High-order dimensionally split Lagrange - remap schemes for ideal magnetohydrodynamics*, Proceedings of Numerical Models for Controlled Fusion (NMCF'09), 2009.
- [3] DEDNER, KEMM, KRÖNER, MUNZ, SCHNITZER, WESENBERG, *Hyperbolic divergence cleaning for MHD equations*, J. Comp. Phys., 2002.
- [4] COOK, *Artificial fluid properties for large-eddy simulation of compressible turbulent mixing*, Phys. of Fluids, 2007.
- [5] HAUGEN, *Hydrodynamic and hydromagnetic energy spectra from large eddy simulations*, Phys. of Fluids, 2006.

Marc Wolff, CEA, DAM, DIF, F-91297 Arpajon Cedex, France
marc.wolff@cea.fr

Stéphane Jaouen, CEA, DAM, DIF, F-91297 Arpajon Cedex, France
stephane.jaouen@cea.fr

Hervé Jourden, CEA, DAM, DIF, F-91297 Arpajon Cedex, France
herve.jourden@cea.fr

Éric Sonnendrücker, IRMA, 7, rue René Descartes, F-67084 Strasbourg Cedex, France
sonnen@unistra.fr