

Une approche APITALI pour les schémas lagrangiens imposant la croissance de l'entropie discrète pour les équations d'Euler

Emmanuel LABOURASSE, CEA, DAM, DIF, F-91297 Arpajon - France
Julie PATELA, CEA, DAM, DIF, F-91297 Arpajon - France

Les schémas numériques d'ordre élevé sont de plus en plus utilisés pour la simulation des écoulements compressibles en raison de leur capacité à capturer avec précision les structures à fine échelle. Cependant, assurer la fidélité physique de ces schémas, en particulier en présence de chocs et de discontinuités, reste un défi majeur. Un aspect crucial est la gestion appropriée de la croissance de l'entropie discrète, essentielle pour maintenir la cohérence thermodynamique des solutions numériques. Dans cette étude, nous explorons l'application de la méthode APITALI (A Posteriori ITeRAtive LImiter) pour traiter les variations d'entropie dans le schéma GAIA (voir [3]) destiné à la résolution des équations d'Euler en coordonnées purement lagrangiennes.

La méthode APITALI (voir [2]) est une méthode de limitation a posteriori. Dans ce travail, nous l'utilisons pour imposer la stabilité entropique en ajustant de manière adaptative les flux d'ordre élevé en fonction de la croissance locale de l'entropie. Cette approche garantit le respect de la deuxième loi de la thermodynamique et empêche l'apparition d'oscillations non physiques près des discontinuités.

Nous validons notre approche en utilisant, en particulier, le cas test exigeant du "Bizarrium" (voir [1]), caractérisé par des isentropes non convexes et des structures de choc complexes. Sans APITALI, les schémas d'ordre élevé tels que GAIA avec des limiteurs TVD ou Minmod ne parviennent ni à converger ni à capturer la solution physique. Avec APITALI, ces schémas montrent une convergence robuste, capturant avec précision la variation d'entropie. Ces observations soulignent l'importance d'un réglage soigneux de la dissipation numérique pour équilibrer stabilité et précision.

Nous appliquons ensuite la méthode aux schémas lagrangiens multidimensionnels en tant qu'extensions d'ordre élevé des schémas Glace et Eucclhyd. Les tests réalisés montrent que la méthode APITALI fonctionne également bien dans ce cadre. Ce travail démontre l'efficacité de la méthode APITALI pour garantir la stabilité entropique des schémas lagrangiens d'ordre élevé, en particulier dans les cas où l'équation d'état est non convexe et où les interactions de chocs sont complexes. En imposant la croissance de l'entropie, cette méthode répond aux défis clés associés aux schémas de capture de chocs d'ordre élevé, ouvrant ainsi la voie à des simulations plus robustes et précises des écoulements compressibles.

Références

- [1] O. Heuzé, S. Jaouen, H. Jourdren. *Dissipative issue of high order shock capturing schemes with non-convex equations of state*. J. Comput. Phys., 228 :833-860, 2009.
- [2] P. Hoch, E. Labourasse. *A frame invariant and maximum principle enforcing second-order extension for cell-centered ale schemes based on local convex hull preservation*. International Journal for Numerical Methods in Fluids, 76(12) :1043-1063, 2014.
- [3] S. Del Pino, H. Jourdren. *Arbitrary high-order schemes for the linear advection and wave equations : application to hydrodynamics and aeroacoustics*. Comptes Rendus. Mathématique, 342(6) :441-446, 2006.