

Application de la multirésolution adaptative à la simulation numérique d'écoulements incompressibles

Marc-Arthur N'GUESSAN, Laboratoire CMAP, École Polytechnique

Marc MASSOT, Laboratoire CMAP, École Polytechnique

Christian TENAUD, Laboratoire LIMSI, Campus Universitaire d'Orsay

Laurent SERIES, Laboratoire MICS, CentraleSupélec

La simulation numérique directe (DNS) de la combustion avec chimie détaillée et transport multi-espèces représente l'un des défis les plus importants en matière de calcul scientifique dans de nombreuses applications industrielles. En effet, ce problème met en jeu un très grand nombre de variables et couple des phénomènes qui présentent une forte disparité en terme d'échelles temporelles et spatiales. Plusieurs stratégies de résolution ont donc été envisagées pour s'attaquer à ce problème de discrétisation, parmi lesquelles la multirésolution adaptative spatiale dans un contexte de volumes finis couplée à une technique de séparation d'opérateurs avec pas de temps adaptatif se démarque comme étant bien adaptée aux problèmes physiques présentant une forte inhomogénéité spatiale et un large spectre d'échelles de temps. Cette dernière permet, grâce à la représentation multi-échelle, de s'adapter à la dynamique spatiale et temporelle de la solution tout en maintenant un contrôle de l'erreur [1]. Cette technique a notamment été utilisée pour des cas de combustion laminaire avec un champ de vitesse analytique [2].

L'on cherche donc à appliquer cette stratégie à la simulation de la combustion dans la limite des faibles nombres de Mach. L'étape qui nous intéresse ici consiste à réaliser un solveur hydrodynamique volumes finis sur un maillage adaptatif obtenu par multirésolution spatiale. Cela va imposer différentes contraintes à notre solveur : il faudra que la discrétisation temporelle soit mono-pas, et efficace pour résoudre des équations différentielles algébriques (à cause de l'équation de continuité), ce qui accentue la difficulté à monter en ordre temporellement [3] ; la discrétisation spatiale devra être collocalisée, sur un maillage non structuré, deux propriétés qui nécessitent un traitement spécial ici [4, 5].

Nous présentons ici un schéma numérique pour la simulation numérique des équations de Navier-Stokes incompressible en volumes finis, sur un maillage adaptatif obtenu par multirésolution spatiale, répondant au cahier des charges énoncé ci-dessus.

Références

- [1] M. DUARTE, M. MASSOT, S. DESCOMBES, C. TENAUD, T. DUMONT, V. LOUVET, F. LAURENT, *New resolution strategy for multi-scale reaction waves using time operator splitting, space adaptive multiresolution and dedicated high order implicit/explicit time integrators*, SIAM Journal of Scientific Computing, vol. 34 (1), pp. 76-104, 2012.
- [2] M. DUARTE, S. DESCOMBES, C. TENAUD, S. CANDEL, M. MASSOT, *Time-space adaptive numerical methods for the simulation of combustion fronts*, Combustion and Flame, Elsevier, 160 (6), pp. 1083-1101, 2013.
- [3] E. HAIRER, G. WANNER, *Solving ordinary differential equations II: stiff and differential-Algebraic problems*, Springer-Verlag: Berlin, 1996.
- [4] C. M. RHIE, W. L. CHOW, *Numerical study of the turbulent flow past an airfoil with trailing edge separation*, AIAA J. 21, pp. 1525-1532, 1983.
- [5] R. EYMARD, T. GALLOUET, R. HERBIN, *Discretization of heterogeneous and anisotropic diffusion problems on general nonconforming meshes SUSHI: a Scheme Using Stabilization and Hybrid Interfaces*, IMA Journal of Numerical Analysis, 30(4), pp. 1009-1043, 2010.

Marc-Arthur N'GUESSAN, Laboratoire CMAP, École Polytechnique, route de Saclay, 91128 Palaiseau
marc-arthur.nguessan@polytechnique.edu