

Équations de Navier-Stokes incompressibles et multirésolution spatiale adaptative : sur la question des modes parasites en maillage collocalisé

Marc-Arthur N'GUESSAN, Laboratoire EM2C, CentraleSupélec

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. Par exemple, la discrétisation spatiale fine de cas de combustion nécessite des pas d'espaces si petits (de l'ordre du micromètre), qu'un maillage uniforme demande un nombre de mailles rédhibitoire dans la plupart des configurations industrielles. Ou encore, la raideur en temps du système impose d'envisager des schémas implicites, voire des pas de temps locaux. 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 au 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'enjeu est alors de coupler un solveur hydrodynamique pour la résolution des équations de Navier-Stokes, pour un mélange réactif dans la limite des faibles nombres de Mach, à cette stratégie de résolution de systèmes de convection-réaction-diffusion, tout en maintenant l'efficacité algorithmique, l'adaptation temps-espace et le contrôle d'erreur. Alors que des solutions existent depuis fort longtemps pour le cas incompressible en considérant des maillages décalés [3], le formalisme de la multirésolution en volumes finis nous pousse vers une co-localisation des variables et exige de corriger l'apparition des modes parasites liées à cette configuration. Rhie et Chow [4] ont proposé une méthode de régularisation dans ce cas, dont il convient d'étudier la faisabilité dans un contexte de multirésolution spatiale. La présente communication vise donc à proposer une stratégie optimale pour l'élimination des modes parasites dans un contexte de maillages collocalisés en volume fini, dans un cadre de multirésolution spatiale.

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] F. HARLOW, J. WELCH, *Numerical calculation of time-dependent viscous incompressible flow of fluid with free surface*, Phys. Fluids 8, pp. 2182-2189, 1965.
- [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.