ID de Contribution: **57** Type: **Non spécifié**

Modèle monodimensionnel de la combustion d'un propergol solide: formulation différentielle algébrique et intégration temporelle d'ordre élevé

vendredi 4 décembre 2020 10:30 (30 minutes)

Le propergol solide est l'un des principaux combustibles utilisés dans les moteurs-fusées. Il s'agit d'un matériau solide composé généralement de particules d'oxydant mélangées dans une matrice de liant. Lorsque la surface du matériau est portée à haute température (typiquement 800K), une réaction de pyrolyse et de sublimation transforme la matière en surface en espèces gazeuses qui réagissent entre elles en formant une flamme au-dessus de la surface du propergol, ce qui permet de chauffer la surface et d'entretenir la combustion.

La simulation instationnaire de ce phénomène est nécessaire pour étudier l'allumage du propergol et les instabilités de combustion. Pour simuler cela avec une approche CFD à l'échelle d'un moteur complet, il est impossible de représenter la surface du propergol de manière détaillée. En effet les réactions en proche-surface nécessitent des mailles d'une épaisseur de l'ordre de 0.1 microns, et les dimensions d'un moteur complet (plusieurs mètres de long) rendent impossible l'utilisation d'un maillage suffisamment raffiné dans l'intégralité du moteur. On a donc recours à un modèle 1D qui simule la combustion du propergol localement sur chaque facette limite du maillage représentant la surface du solide, comme présenté dans [1]. Ce modèle résout les phénomènes thermiques dans le solide et les réactions en phase gazeuse proche de la surface (typiquement sur une épaisseur de 1 millimètre). La phase gaz y est représentée comme un écoulement bas-Mach réactif à pression uniforme.

D'un point de vue mathématique, la semi-discrétisation en espace donne un système d'équations différentielles algébriques (DAE) d'index 1 avec es variables didférentielles (température...) mais aussi algébriques (champs de vitesse, variables de surface). L'intégration temporelle utilise une formulation Runge-Kutta implicite "stiffly accurate", assurant de bonnes propriétés de convergence pour l'intégration de DAE, et les différents sous-pas sont résolus itérativement par un solveur de Newton. Afin de minimiser le temps de calcul tout en assurant une bonne précision, des schémas temporels diagonalement implicites avec premier pas explicite (ESDIRK [1]) et adaptation de pas de temps (méthodes imbriquées) sont utilisés.

Nous présentons ici l'analyse mathématique du système d'équations, la mise en place de la stratégie d'intégration temporelle, quelques exemples de calculs 1D et une étude des ordres de convergence effectivement atteints sur les différentes variables. Le couplage du modèle avec le code CFD multiphysique CEDRE développé à l' ONERA sera aussi discuté.

[1] A. Kværnø, Singly Diagonally Implicit Runge–Kutta Methods with an Explicit First Stage, BIT Numerical Mathematics 44, p489-502, 2004.

Auteurs principaux: FRANCOIS, Laurent (ONERA, CMAP Polytechnique); MASSOT, Marc (CMAP Polytechnique); DUPAYS, Joël (ONERA); DAVIDENKO, Dmitry (ONERA)

Orateur: FRANCOIS, Laurent (ONERA, CMAP Polytechnique)

Classification de Session: Session parallèle 7