



THESE REFERENCE : TH2403CE

Modélisation multi-échelle des milieux poreux réactifs à haute température par méthode de Boltzmann sur réseau



Contexte

Dans le cadre du développement de matériaux adaptatifs destinés à des applications dans le domaine spatial, le CEA-DAM étudie des conceptions innovantes telles que les matériaux composites à matrice céramique. La prévision du comportement de ces matériaux soumis à des flux aérodynamiques extrêmement sévères nécessite l'étude des mécanismes d'ablation, de production d'oxydes liquides et de leur imprégnation à l'intérieur du réseau poreux du composite.

Introduites pour la première fois en 1960, les méthodes numériques classiques sont aujourd'hui omniprésentes dans les codes de calcul, mais elles présentent néanmoins leurs limites. Il devient très difficile d'appliquer ces méthodes dans des systèmes composés de conditions aux bords difficiles à considérer (bords mobiles, par exemple) ou d'obstacles (milieux poreux, par exemple). Elles peuvent également être très dans des systèmes à très petite échelle. Ce n'est qu'en 1988 que la méthode de Boltzmann sur réseau (LBM) a été introduite pour surmonter ces inconvénients. Les études préliminaires réalisées au LCTS ont prouvé que la méthode LB est une véritable alternative aux méthodes numériques traditionnelles. Cependant, on ne peut ignorer certaines pistes de développement. D'une part, très peu d'études dans la littérature ont proposé une méthode implicite appliquée à la LBM, ce qui est primordial pour réduire le temps de calcul, ce dernier devenant important pour les études tridimensionnelles. Cependant, la préservation de l'asymptotique (Asymptotic Preserving AP) devrait être respectée pour assurer la convergence du système. D'autre part, les études de la méthode avec des maillages non-structurés ou adaptatifs s'avèrent indispensables afin de prendre en compte la structure globale d'un composant composite avec l'aide de la tomographie.

Pour les composites ablatifs, les différents composants présentent des propriétés thermophysiques différentes, qui ont un impact significatif sur la réponse à haute température du matériau. Les modèles d'ablation macroscopiques abordent ce problème en considérant le matériau composite de protection thermique comme un tout. À l'échelle mésoscopique, les chercheurs se concentrent souvent sur le comportement thermomécanique des composites. Il est nécessaire d'étudier la pyrolyse du matériau à l'échelle thématique et de clarifier le mécanisme des caractéristiques de la structure mésoscopique sur la réponse à l'ablation du matériau. De plus, des matériaux de protection thermique, dans certaines conditions, pourraient se transformer en phase liquide transitoire, subissant une forte pression et s'imprégnant dans un milieu poreux. Ces phénomènes physiques sont très difficiles à gérer à l'échelle microscopique avec les codes traditionnels.

Objectifs

Il est proposé ici développer des outils pratiques de modélisation « multi-physique, multi-échelle » permettant de suivre les phénomènes d'ablation et de pyrolyse des matériaux composites soumis aux flux thermiques intenses.

Démarche

- Etude bibliographique concernant des matériaux composites (C/SiC, C/C-SiC, UHTCMC).
- Basé sur un code LBM existant, étudier la méthode AP pour finaliser une méthode implicite appliquée à LBM.
- Développer un code LBM-AMR bi- (tri-)dimensionnel pour simuler les écoulements à faible vitesse multiphasiques en milieux poreux, en traitant les interfaces diphasiques mobiles (découlant du changement de phase, de la dilatation thermomécanique ou de la disparition de la matière) par une méthode dite "level-set".
- Gérer une modélisation basée sur une image, avec des maillages de grande taille.
- Valider et appliquer ces méthodes aux cas réels qui intéressent le CEA-DAM.

Profil recherché

Ingénieur ou Master en thermique et/ou génie des procédés, spécialité en modélisation numérique.

Financement

Bourse CEA/CFR (Contrat de formation par la recherche)

Contacts (www.lcts.u-bordeaux.fr)

T.-H. Nguyen-Bui thanh-ha.nguyen-bui@u-bordeaux.fr
G. Vignoles : vinhola@lcts.u-bordeaux.fr