

PROPOSITION DE STAGE

Référence : DMPE-2026-19 (à rappeler dans toute correspondance)	Lieu : Palaiseau
Département/Dir./Serv. : DMPE	Tél. : 01 80 38 60 58
Responsable(s) du stage : Laurent FRANCOIS, Joël DUPAYS	Email : laurent.francois@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Transferts thermiques, écoulements réactifs, méthodes numériques

Type de stage : ☒ Fin d'études bac+5 ☒ Master 2 ☐ Bac+2 à bac+4 ☐ Autres

Intitulé : Couplage de codes pour la simulation des moteurs à propergol solide

Un moteur à propergol solide est un type de moteur fusée largement répandu. Son principe repose sur la combustion d'un matériau énergétique, le propergol. Celui-ci, lorsqu'il est amené à haute température en surface (environ 700 K), se décompose et produit différentes espèces gazeuses qui vont réagir et former une flamme puissante, sans apport d'air extérieur. Cette flamme est attachée à la surface et permet d'en maintenir la température constante par transfert thermique. Elle génère un grand volume de gaz chauds qui est expulsé à travers une tuyère afin de générer une poussée. L'échauffement initial est généralement effectué par projection de gaz chauds sur la surface, issus d'un chargement secondaire appelé allumeur. Une fois la combustion établie, la surface du propergol régresse petit à petit, au fur et à mesure que le chargement de propergol est transformé en produits gazeux.

La maîtrise de cette phase d'allumage et de la régression progressive du chargement de propergol est primordiale pour concevoir un moteur robuste et performant. À l'ONERA, une technique de simulation éprouvée consiste à simuler l'écoulement des différents gaz dans la chambre avec le solveur de mécanique des fluides du code CEDRE développé en interne. Le propergol est quant à lui modélisé comme une condition limite, en chaque point de laquelle une équation de transfert thermique unidimensionnelle est résolue afin de capturer l'échange thermique avec les gaz d'allumeur et la montée progressive en température du propergol. Un modèle de flamme permet de capturer le flux thermique généré par celle-ci sans nécessiter la résolution fine et coûteuse de cette flamme dans le solveur fluide.

Bien qu'efficace, cette approche a des limites. Notamment, il n'est pas possible de suivre dynamiquement la régression de la surface du bloc de propergol à mesure que celui-ci se consume, et le transfert thermique ne peut se réaliser que dans une seule direction.

Afin de remédier à ces limitations, il est proposé dans ce stage de changer de méthodologie de simulation, en utilisant cette fois-ci le solveur de dégradation thermique des matériaux MoDeTheC, développé à l'ONERA, pour modéliser plus finement la thermique du propergol. Ce solveur sera couplé au code CEDRE, afin de rendre compte de l'interaction entre l'écoulement de gaz chauds et le chargement de propergol. MoDeTheC prenant nativement en compte la régression du matériau, cette approche rendra possible, en particulier, la simulation de la combustion complète d'un chargement dans un moteur.

Un premier couplage a été effectué spécifiquement pour l'étude de la dégradation thermique des matériaux composites. Dans ce stage, ce couplage sera donc étendu au cas des propergols. Le stagiaire prendra en main avec l'aide de ses encadrants les deux codes et les modèles associés sur des cas test simples, puis implémentera dans MoDeTheC les modèles de surface spécifiques requis. Des simulations de validation seront effectuées sur différentes configurations représentatives d'un moteur réel.

Si le temps le permet, des études physiques plus poussées pourront être effectuées par le stagiaire à

l'aide de cette nouvelle méthodologie de simulation. Des aspects plus orientés mathématiques appliquées, liés à la précision et la qualité du couplage entre les 2 codes, pourront aussi être étudiés.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non

Méthodes à mettre en œuvre :

☐ Recherche théorique

☒ Recherche appliquée

☐ Recherche expérimentale

☐ Travail de synthèse

☒ Travail de documentation

☒ Participation à une réalisation

Possibilité de prolongation en thèse :

oui

Durée du stage :

Minimum : 5 mois

Maximum : 5 mois

Période souhaitée : 5 mois

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis :

Transfert thermique, mécanique des fluides,
développement de code, mathématiques
appliquées...

Écoles ou établissements souhaités :

Université ou école d'ingénieur