

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DMPE-2025-45**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Toulouse

Département/Dir./Serv. : DMPE/LPF

Tél. : 05 61 56 63 62

Responsable(s) du stage J-Y. Lestrade, X. Lamboley

Email. : jean-yves.lestrade@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Ecoulements réactifs, transferts thermiques et dégradation des matériaux

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

Intitulé : Modélisation et simulation numérique de la chambre de combustion d'un propulseur hybride

La propulsion hybride (*Figure 1*) associe un oxydant liquide avec un combustible solide. L'oxydant est généralement injecté dans une pré-chambre de combustion dans laquelle il se vaporise avant de pénétrer dans la chambre de combustion située à l'intérieur du combustible solide à l'instar des moteurs à propergol. L'oxydant gazeux réagit ensuite avec les gaz de combustion issus de la pyrolyse du combustible pour former une flamme de diffusion. Le phénomène est alors auto-entretenu puisque la réaction chimique exothermique permet la dégradation du combustible solide qui vient alors alimenter cette dernière. Cette caractéristique constitue la grande différence avec les autres modes de propulsion chimique et la complexité de fonctionnement de ces moteurs. Bien qu'ayant des inconvénients comme la variation des performances propulsives au cours du temps, ce type de propulsion présente des avantages en termes de coûts et de flexibilité la rendant ainsi compétitive vis-à-vis des moteurs-fusées solides et liquides pour des applications comme le tourisme spatial ou les nano-lanceurs.



Figure 1- Moteur hybride de recherche HYCOM de l'ONERA

A cause des ambiances extrêmes rencontrées à l'intérieur des chambres de combustion des moteurs fusées, les mesures pouvant être réalisées sont généralement limitées à des évolutions temporelles de pression et éventuellement de vitesse de régression du combustible. Afin d'améliorer la compréhension des phénomènes physiques se produisant dans la chambre de combustion de moteurs hybrides, le recours aux simulations numériques est donc indispensable.

Depuis plusieurs années, l'ONERA développe son propre code de mécanique des fluides (CEDRE) composé de solveurs dédiés à la résolution de l'écoulement gazeux, de la phase dispersée suivant des méthodes eulérienne ou lagrangienne, du rayonnement, etc., Par ailleurs, l'ONERA dispose d'un outil de simulation numérique pour la dégradation des matériaux (MoDeTheC) pouvant être couplé avec CEDRE pour simuler l'interaction entre l'aérothermochimie (écoulement gazeux avec effets de cinétique chimique) et la réponse thermochimique du matériau. Ce code Volumes Finis permet de simuler la dégradation des matériaux, et notamment de représenter la régression du matériau due aux agressions extérieures. Ces deux codes de calcul sont ensuite couplés numériquement grâce à la bibliothèque CWIPI développée à l'ONERA. Une simulation numérique de la chambre de combustion d'un moteur-fusée hybride mettant en œuvre ce couplage a été initiée en 2024 (*Figure 2*) afin de mettre en évidence les verrous et d'identifier les développements à réaliser.

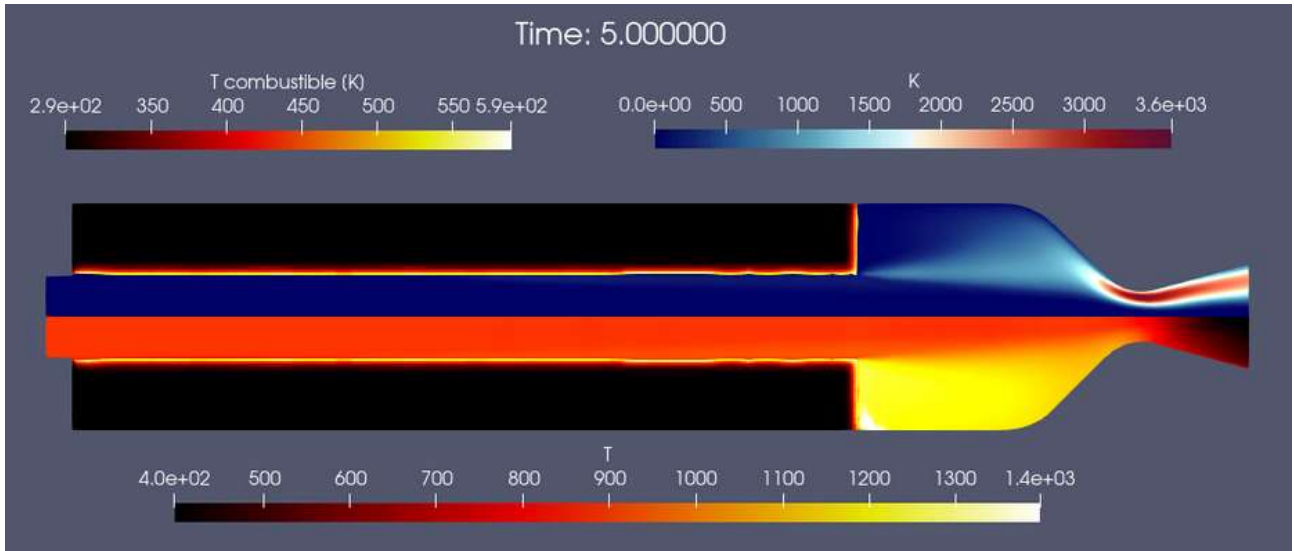


Figure 2- Exemple de champs de température dans le combustible, d'énergie cinétique turbulente et de température dans la chambre de combustion d'un moteur hybride obtenu via le couplage CEDRE/MoDeTheC

L'objectif du stage est donc de poursuivre les travaux initiés sur l'intégration de la loi de pyrolyse représentative de la dégradation du combustible dans le code MoDeTheC et les couplages nécessaires entre ce dernier et CEDRE afin de prendre en compte l'ensemble des phénomènes physiques impactant les transferts de masse et de chaleur à l'interface fluide/combustible (modification de taux de turbulence, etc.). Cette modification sera ensuite validée par la comparaison de simulations numériques à des essais sur moteur hybride en configuration simplifiée (écoulement totalement gazeux et axial dans la chambre de combustion) disponibles dans la base de données ONERA.

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

Méthodes à mettre en œuvre :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche théorique | <input type="checkbox"/> Travail de synthèse |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input checked="" type="checkbox"/> Travail de documentation |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale | <input type="checkbox"/> Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : Oui

Durée du stage : Minimum : 5 | Maximum : 5

Période souhaitée : février-septembre 2025

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis : Energétique, mécanique des fluides, transferts thermiques, CFD, développement de code (Fortran, C/C++, Python, etc...)	Ecoles ou établissements souhaités : Université et/ou école d'ingénieurs (ENSTA, ISAE, Centrale, INSA, ENSEEIHT, etc.)
--	---