

## PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : <b>DMPE-2024-05</b> (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

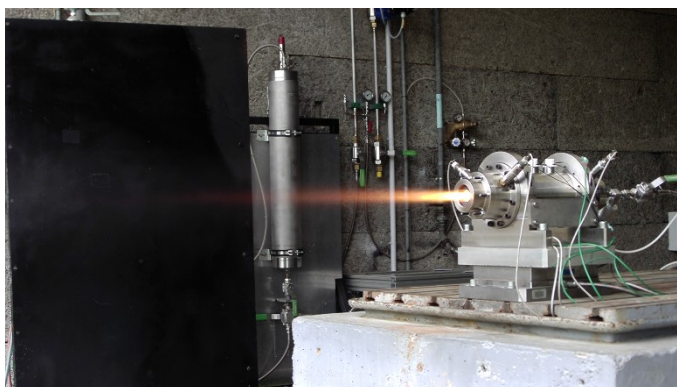
### DESCRIPTION DU STAGE

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) dans lequel une condition aux limites de type Arrhénius a été implémentée afin de représenter la dégradation du combustible solide en fonction des conditions de l'écoulement gazeux. Cette dernière permet donc la réalisation de simulations numériques de l'écoulement gazeux à l'intérieur de la chambre de combustion d'un moteur hybride (*Figure 2*). Par ailleurs, l'ONERA développe également 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. Toutefois, la combinaison de ces deux codes de calcul n'a pas encore été mise en œuvre pour réaliser des simulations numériques de la chambre de combustion d'un moteur-fusée.

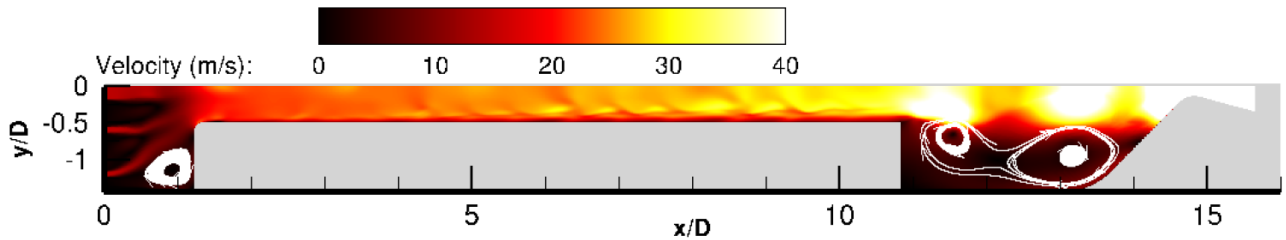


Figure 2- Exemple de champs de vitesse dans la chambre de combustion d'un moteur hybride obtenu avec CEDRE

L'objectif du stage est donc d'ajouter une loi de pyrolyse représentative de la dégradation du combustible dans le code MoDeTheC, et de mettre en place 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-juillet 2024

**PROFIL DU STAGIAIRE**

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