

## PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DMPE-2025-23**  
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Toulouse

Département/Dir./Serv. : DMPE/HEAT

Tél. : 05 62 25 26 93

Responsable(s) du stage : V. Le Maout, X. Lamboley

Email. : xavier.lamboley@onera.fr  
vincent.le\_maout@onera.fr

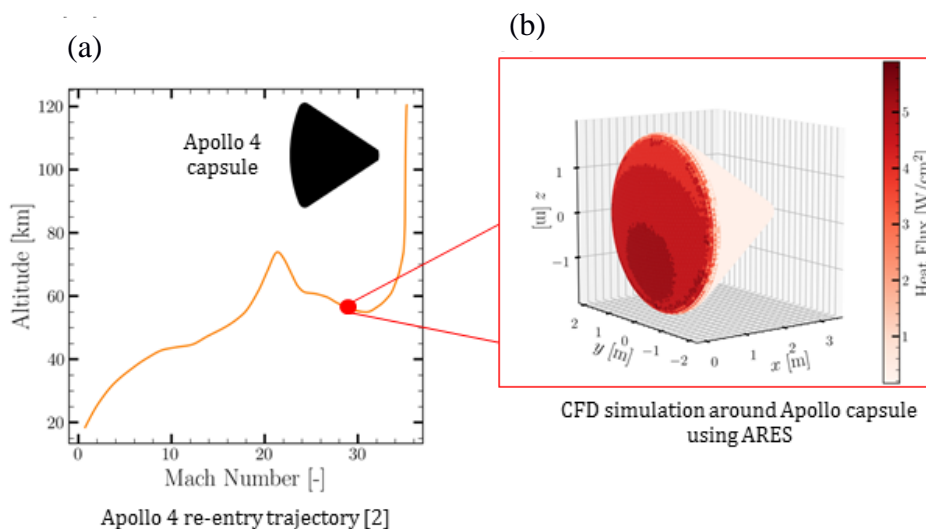
### DESCRIPTION DU STAGE

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

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

**Intitulé : Assimilation de données de simulations CFD pour l'amélioration de modèles réduits de flux pariétaux le long d'une trajectoire de rentrée atmosphérique.**

La conception des véhicules pour la rentrée atmosphérique demande des évaluations récurrentes des flux de chaleur et des contraintes mécaniques s'exerçant à la paroi pour assurer la pertinence des géométries sélectionnées en fonction des applications d'intérêt. Lors du dimensionnement, la simulation numérique haute fidélité des équations de Navier-Stokes compressible (calcul CFD) autour d'une géométrie 3D sur un échantillon de points de vol représentatifs de la trajectoire serait trop coûteux (fig. 1a). Le département DMPE de l'ONERA développe depuis plusieurs années des modèles analytiques moyenne fidélité qui permettent de palier ce problème. En fonction des altitudes étudiées et des comportements chimiques de la paroi, le logiciel ARES couplé au code de conduction/dégradation MoDeTheC permet d'évaluer l'historique thermique d'un objet au cours de sa trajectoire de rentrée (fig. 1b).



**Figure 1** - Trajectoire de rentrée de la capsule Apollo. (a) Évolution de l'altitude en fonction de la vitesse d'entrée. (b) Simulation du flux de chaleur pariétal avec le code ARES. Données issues de [1, 2]

Cependant, ces modèles analytiques développés à partir des équations de Navier-Stokes pour les couches limites hypersoniques requièrent un nombre important de paramètres de calibrage, déterminés jusqu'à présent empiriquement sur des bases de données expérimentales et numériques établies à l'ONERA ou provenant de la littérature et qui ne recouvrent qu'une plage restreinte de conditions d'écoulement. En comparant les lois d'état de paroi ainsi obtenues avec des calculs haute fidélité, il peut être observé que des taux de déviations considérables peuvent apparaître, qu'il est nécessaire de quantifier pour une représentation la plus fidèle possible de la rentrée atmosphérique.



**Figure 2** - Calcul 3D d'un écoulement hypersonique autour d'une forme sphérique par le code de calcul CEDRE de l'ONERA.

Afin d'atteindre cet objectif, ce stage propose d'implémenter une méthode d'assimilation de données afin d'améliorer les prédictions des modèles moyenne fidélité à partir d'un nombre restreint de simulations hautes fidélités effectuées avec la plateforme de calcul d'écoulements énergétiques CEDRE également développée par le département. Le candidat intégrera l'unité HEAT du département DMPE de l'ONERA. Il lui sera demandé de rechercher dans la littérature puis d'implémenter une méthode d'assimilation de données adaptée à la structure du code ARES qui permettra de prédire puis corriger les paramètres des modèles moyenne fidélité en fonction des écarts observés avec les simulations haute fidélité effectuées avec le code CEDRE. La méthode proposée sera ensuite validée par comparaison directe avec des simulations de point de vol.

[1] W. Goodrich, S. Derry and J. Bertin. "Shuttle Orbiter boundary-layer transition - A comparison of flight and wind tunnel data," AIAA 1983-485. 21st Aerospace Sciences Meeting. January 1983.

[2] Lee, D. & Goodrich, W.. (1972). The aerothermodynamic environment of the Apollo command module during superorbital entry.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non	
<b>Méthodes à mettre en œuvre :</b>	
<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
<b>Durée du stage :</b>	Minimum : 5   Maximum : 5
Période souhaitée : février-septembre 2025	
<b>PROFIL DU STAGIAIRE</b>	
Connaissances et niveau requis :	Écoles ou établissements souhaités :
Energétique, mécanique des fluides, transferts thermiques, CFD, développement de code (Fortran, C/C++, Python, etc...)	Université et/ou école d'ingénieurs (ENSTA, ISAE, Matméca, Centrale, INSA, ENSEEIHT, etc.)