

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : DMPE-2026-14 (à rappeler dans toute correspondance)	Lieu : Toulouse
Département/Dir./Serv. : DMPE/HEAT	Tél. : 05 62 25 26 93
Responsable(s) du stage : X. Lamboley G. Janodet	Email : xavier.lamboleyley@onera.fr guillaume.janodet@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Écoulements énergétiques, dégradation des matériaux, transferts radiatifs

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

Intitulé : Simulation numérique couplée de la chambre à arc de la soufflerie hypersonique F4

Sujet :

La soufflerie hypersonique F4 est une installation capable de générer un écoulement à une vitesse proche de celle atteinte par les véhicules spatiaux lors de leur rentrée dans l'atmosphère (> 5 km/s). Après plusieurs années de mise à l'arrêt, la réexploitation de cette installation est prévue prochainement et s'accompagne de travaux de recherches dans le cadre du projet ONERA HypHypF4. La soufflerie F4 a la particularité d'être hyper-enthalpique, c'est-à-dire que le gaz de test (air, azote ou CO_2) est porté à haute énergie et à haute vitesse dans la veine d'essai, permettant de se rapprocher des conditions de vol d'un véhicule de rentrée (effet de gaz réels, détente, choc...). Cette capacité, dite de soufflerie "hotshot", en fait une installation unique en Europe (hors Russie).

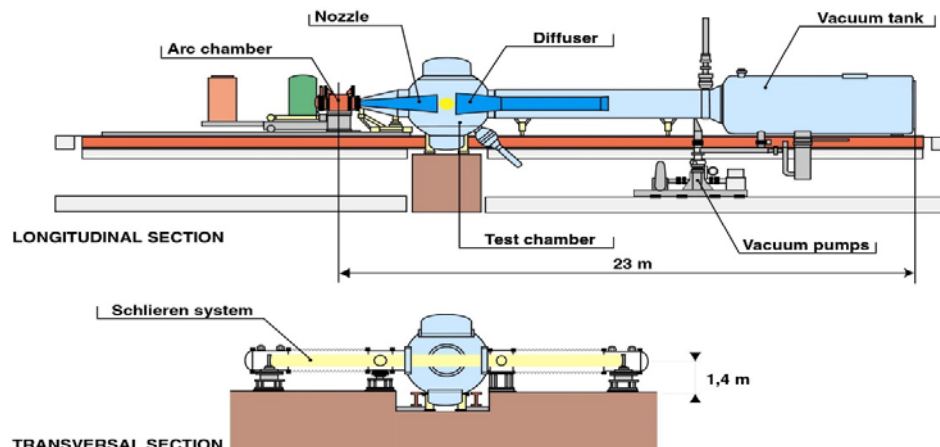


Figure 1- Schéma de principe de la soufflerie F4

Pour parvenir à ces conditions spécifiques d'écoulement, le gaz de test est préalablement confiné dans une chambre en amont de la veine d'essai dans laquelle un arc électrique de forte puissance est généré (150 MW) pendant une centaine de millisecondes environ. Le gaz est ainsi porté à haute pression et haute enthalpie, avant l'ouverture d'un bouchon pyrotechnique qui va alors libérer l'écoulement chaud dans la veine d'essai.

L'un des défis associés à cette installation est de connaître précisément les conditions génératrices de l'écoulement dans la veine d'essai, correspondant à l'état du fluide dans la chambre à arc juste avant l'ouverture du bouchon pyrotechnique. En effet, l'enthalpie génératrice ne peut pas être mesurée directement dans la veine d'essai, mais peut être reconstruite par des corrélations utilisant des mesures sur la maquette elle-même. Par ailleurs, les températures très élevées dans la chambre à arc entraînent

la dégradation du liner en carbone protégeant la chambre, ainsi que les électrodes qui génèrent l'arc électrique. Cette dégradation initie une pollution du gaz de test par les produits de décomposition des matériaux carbonés. L'objectif est donc de caractériser les conditions génératrices et la composition du gaz à l'entrée de la veine d'essai par une modélisation multi-physique de la chambre à arc.

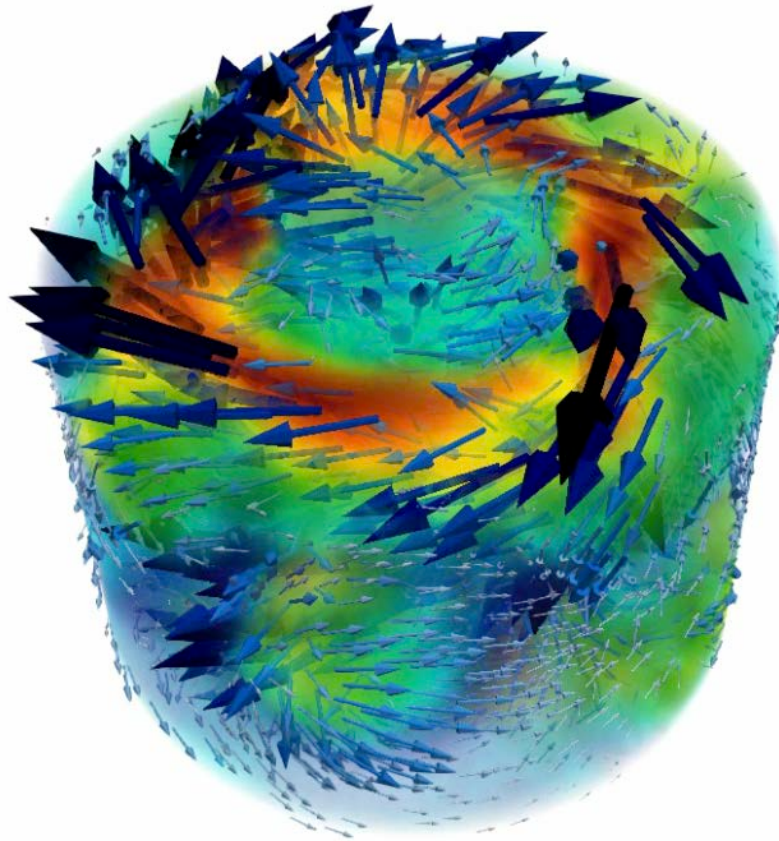


Figure 2- Champs de température et de vitesse dans la simulation couplée de la chambre à arc

La stratégie retenue dans le cadre de ces travaux repose sur la mise en place d'une simulation couplée utilisant les outils de l'ONERA. La plateforme CEDRE permet de simuler l'écoulement réactif dans la chambre grâce au solveur Navier-Stokes CHARME, ainsi que le rayonnement des espèces gazeuses par méthode de Monte-Carlo avec le solveur radiatif ASTRE. La conduction au sein des matériaux et leur dégradation est modélisée à l'aide du solveur de transferts thermiques en milieu poreux MoDeTheC. Le couplage entre ces codes est réalisé par la bibliothèque CWIPI qui assure les échanges de données entre les domaines de calcul de chaque solveur. Dans une première approche, l'arc électrique dans la chambre n'est pas directement simulé mais représenté par un terme source d'énergie. Ce sujet de stage sera éventuellement suivi d'une thèse qui complètera la modélisation de l'arc électrique.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non		
Méthodes à mettre en œuvre :		
☒ Recherche théorique	☐ Travail de synthèse	
☒ Recherche appliquée	☒ Travail de documentation	
☐ Recherche expérimentale	☐ Participation à une réalisation	
Possibilité de prolongation en thèse :	Oui	
Durée du stage :	Minimum : 5	Maximum : 5
Période souhaitée : février-septembre 2026		
PROFIL DU STAGIAIRE		
Connaissances et niveau requis Energétique, mécanique des fluides, transferts thermiques et radiatifs, CFD, développement de code (Fortran, C/C++, Python, etc...)	Ecoles ou établissements souhaités : Université et/ou école d'ingénieurs (ENSTA, X, groupe ISAE, groupe Centrale, groupe INSA, ENSEEIHT, ENSEIRB-Matméca etc.)	