

## PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DMPE-2025-37**  
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Palaiseau

Département/Dir./Serv. : DMPE

Tél. :

Responsable(s) du stage : Julien Labaune  
Fabien Tholin

Email. : julien.labaune@onera.fr

### DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Hypersonique/ plasma

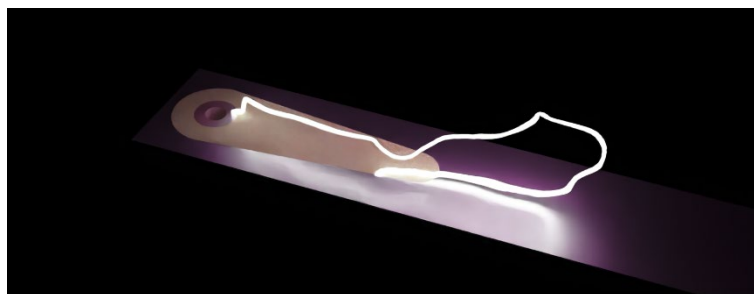
Type de stage :  Fin d'études bac+5     Master 2     Bac+2 à bac+4     Autres

**Intitulé : Combustion assistée par plasma en conditions supersoniques**

Sujet :

L'objectif de ce stage est de travailler sur l'interaction entre un plasma continu (arc électrique) et la combustion de carburant dans des écoulements supersoniques. Sous ces conditions, la combustion est soit pilotée par le temps d'auto inflammation, soit par l'utilisation d'accroches flammes de différentes natures. Dans la littérature, les systèmes couramment utilisés sont les accroches flammes (un exemple classique est le « volvo ») mais ils entraînent des pertes de charges importantes dans la chambre. Une autre solution est d'utiliser des cavités qui permettent, grâce à une zone de recirculation, de maintenir la combustion stable. Ces différents dispositifs peuvent être couplés à des systèmes plasmas qui permettent de rajouter de manière ponctuelle de l'énergie dans l'écoulement. Celle-ci facilite la mise en place de la combustion par effet thermique et chimique.

Dans leur article, Braun *et al.* utilisent des applicateurs plasmas appelés PIMS pour aider une cavité à stabiliser la combustion [1]. Ce dispositif est composé d'une céramique permettant d'isoler l'électrode positionnée au niveau d'une injection de gaz et celle positionnée dans l'écoulement. La figure ci-dessous montre le résultat d'une simulation d'un tel PIMS où l'arc électrique (en blanc) relie l'anode près de l'injecteur et la cathode autour de la céramique de forme oblongue. L'écoulement à Mach 2 va de la gauche vers la droite dans la veine, et la température de l'arc électrique est de quelques milliers de degrés. Le code utilisé permet de reproduire les effets plasma et les effets de l'écoulement réactif. L'objectif durant le stage est de reproduire numériquement les expériences présentées dans l'article [1].



Simulation d'un arc électrique au niveau d'un PIMS avec le couplage Cedre-Taranis.

Pour cela le stage se décomposera en plusieurs étapes. Dans un premier temps seulement la combustion de l'éthylène dans la chambre de combustion sera reproduite avec une approche 2D axisymétrique. Ces premières simulations seront analysées en se basant sur les comparaisons entre les pressions pariétales prédites et celles mesurées expérimentalement. Cette première étape permettra de valider l'approche numérique de la partie CFD. Durant cette partie de stage, le candidat se familiarisera avec l'outil de simulation CFD Cedre utilisé à l'ONERA pour les écoulements ainsi qu'à l'utilisation de schémas cinétiques de combustion. Dans un second temps, la simulation sera modifiée pour préparer l'utilisation du plasma en s'intéressant à une géométrie 3D sur 1/4 du volume total. Le maillage réalisé devra prendre en compte les spécificités de positionnement du plasma. Enfin dans un troisième temps, le stagiaire prendra en main les outils de simulation plasma pour ajouter les effets de l'arc électrique à la veine. Ces simulations se feront à l'aide de Taranis un code spécialement couplé à Cedre pour réaliser ce type de calcul.

Le travail proposé dans ce stage est de nature numérique. La compréhension des différents phénomènes physiques (plasma, combustion, écoulement supersonique) et de leurs interactions permettra de mieux comprendre la combustion assistée par plasma. Ce travail pourra être continué lors d'une thèse avec la même équipe. Durant le stage, le candidat travaillera en étroite collaboration avec un doctorant en troisième année qui a déjà simulé des chambres de combustion similaires et mis en place l'interaction plasma combustion.

[1] E. Braun, S. Hammack, T. Ombrello, P. Lax, S. Leonov, "Supersonic Combustion Enhancement Using Plasma Injection Modules", AIAA SCITECH 2024 Forum.

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

**Méthodes à mettre en oeuvre :**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Recherche théorique            | <input checked="" 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 : 4 Maximum : 5

Période souhaitée :

**PROFIL DU STAGIAIRE**

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Connaissances et niveau requis :<br>Ecoulement réactif, plasma, simulation numérique | Ecoles ou établissements souhaités : |
|--|--------------------------------------|