

## PROPOSITION DE SUJET DE THESE

**Intitulé : Etude expérimentale du comportement des flammes diphasiques soumises à une excitation acoustique. Effet de la géométrie du système d'injection**

Référence : **MFE-DMPE-2025-32**  
(à rappeler dans toute correspondance)

**Début de la thèse : 2025**

**Date limite de candidature :**

### Mots clés

Instabilités thermoacoustiques, Fonction de Transfert de Flamme, injecteur aeronautique

### Profil et compétences recherchées

Master recherche en mécanique des fluides avec compétences en acoustique et traitement du signal

### Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Dans les systèmes de combustion tels que les chambres de moteurs à réaction, le couplage entre le dégagement de chaleur instationnaire et les modes acoustiques de la chambre peut donner lieu à une instabilité thermoacoustique, un type d'instabilité classique dans les systèmes de combustion et qui peut donner lieu à des vibrations de grande amplitude qui peuvent accélérer la fatigue mécanique exercée sur les pièces mécaniques du moteur et causer leur destruction. Ces instabilités ont été et sont encore l'objet de recherche scientifique intensive, car elles font intervenir de nombreux mécanismes physiques qui touchent à la mécanique des fluides, la chimie, l'acoustique, et sont particulièrement difficile à prédire, en particulier dans les configurations industrielles aux géométries complexes.

Certaines approches peuvent prédire ces instabilités à condition de connaître la FTF (Fonction de transfert de flamme) qui relie les fluctuations de vitesse en amont de la flamme aux fluctuations de dégagement de chaleur de celle-ci.

La FTF dépend de la géométrie de l'injecteur et des propriétés de l'écoulement (vitesse, atomisation, présence de modes hydrodynamiques). Les travaux d'Eirik Aesoy sur des flammes gazeuses parfaitement prémélangées montrent que l'on peut identifier un nombre réduit de mécanismes qui façonnent la fonction de transfert de flamme, qu'on peut la prédire et même la modifier de manière contrôlée en changeant certains paramètres géométriques des systèmes d'injection. La réponse de la flamme est décrite par la somme de deux réponses avec retard temporel distribué. Les travaux de Fabien Dupuy proposent également un autre type de modèle analytique de FTF, basé sur une G-équation, qui permet de retrouver les mesures expérimentales sur une flamme laminaire. Cependant, dans ces deux cas, la géométrie est simple et la combustion prémélangée facilite beaucoup la modélisation des fluctuations de dégagement de chaleur. Dans le cadre du projet MERICO, la thèse de Pierre-Alexandre Barré a commencé le 30/09/2024 au labo EM2C dans le but d'établir des modèles analytiques bas-ordre de FTF pour des systèmes d'injection dont les géométries et les conditions de fonctionnement sont plus représentatives des configurations aéronautiques: flamme turbulente, fuel liquide, swirler radial. L'utilisation d'un système d'injection modulaire permettra de varier certains paramètres géométriques du SI et d'élaborer des modèles de réponse de flamme en fonction des propriétés de la géométrie et de l'écoulement.

L'architecture multipoint est un nouveau type de technologie de système d'injection permettant de brûler le carburant en condition pauvres, ce qui est très avantageux en termes d'émission polluantes, en particulier les NOx. Les systèmes d'injection multipoint sont plus complexes que les systèmes d'injection classiques car ils comportent en fait deux systèmes d'injection (SI) en un: un SI pilote assurant la stabilité de la flamme, et un SI principal multipoint proprement dit. Chaque SI possède son propre swirler et sa propre injection de carburant. La partie primaire ressemble à SI classique. La partie multipoint s'appelle ainsi car le carburant est injecté en de multiples petits jets à la sortie du swirler, jets qui sont atomisés par la vitesse de l'écoulement transverse. Du fait de la complexité supplémentaire apportée par l'architecture multipoint, on s'attend à ce que la paramétrisation développée pour les SI classiques ne s'applique pas telle quelle, mais on peut aussi supposer que les travaux faits dans le cadre d'un SI classique donnent une bonne base de travail pour de futurs travaux visant au développement de modèles de FTF sur des architectures plus complexe.

Proposition de sujet de thèse:

Dans ce contexte, on se propose de lancer une thèse afin d'explorer un certain nombre de SI présentant des variations géométriques par rapport à un SI de référence. De principe, on pourrait envisager de concevoir un SI dont certains éléments seraient modulaires, ce qui permettrait de tester un plus grand nombre de configurations tout en maintenant un nombre raisonnable de SI. Les mesures seraient effectuées sur le banc combustion LACOM, qui est déjà équipé de capacités de forçage et de mesure acoustiques.

La thèse, qui débiterait autour de la rentrée de l'été 2025, comporterait les étapes suivantes:

- Familiarisation avec la littérature sur les FTFs et la technologie multipoint
- Prise en main du SI multipoint de référence et des techniques de mesure acoustique
- Mesure de FTFs sur ce SI
- Conception de nouvelles variantes du SI afin de varier certains éléments géométriques par rapport à la configuration de référence
- Elaboration de modèles d'ordre réduit de FTFs, basés sur la physique de l'écoulement
- Validation des FTFs par des prédictions de stabilité ou d'instabilité du banc (nécessite aussi des mesures de la réponse acoustique du SI seul), ou par des investigations par des calculs LES. Une approche proposée serait de modéliser le banc par un modèle acoustique en réseau simple (une FTF, une matrice de transfert du brûleur, deux coefficients de réflexion aux extrémités).

**Collaborations envisagées**

**Laboratoire d'accueil à l'ONERA**

Département : Multi-Physique pour l'Energétique

Lieu (centre ONERA) : CFM/CT

**Contact** : Virginel BODOC

Tél. : +33(0) 5 62 25 28 55 Email : [virginel.bodoc@onera.fr](mailto:virginel.bodoc@onera.fr)  
+33(0) 5 61 56 63 70 [julien.garraud@onera.fr](mailto:julien.garraud@onera.fr)

**Directeur de thèse**

Nom : Virginel BODOC

Laboratoire : ONERA

Tél. : +33(0) 5 62 25 28 55

Email : [virginel.bodoc@onera.fr](mailto:virginel.bodoc@onera.fr)

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>