

## PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DMPE-2025-18**  
 (à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Toulouse

Département/Dir./Serv. : DMPE/HEAT

Tél. : 52808

Responsable(s) du stage : D. Donjat, O. Léon, J. Cardesa

Email : [david.donjat, olivier.leon, jcardesa]@onera.fr

### DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Mécanique des Fluides, Développement de diagnostics optiques, Caractérisation de la turbulence

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

#### **Intitulé : Développement de la technique FLDI pour la caractérisation des écoulements hypersoniques dans la soufflerie F4**

**Sujet :** Que cela soit dans un cadre civil (avion hypersonique, étude de la rentrée atmosphérique) ou militaire (missiles hypersoniques, systèmes de détection), une importante dynamique autour des activités de recherches concernant les écoulements hypersoniques s'est mise en place depuis quelques années. Les Etats investissent massivement dans de nouvelles installations et de nouveaux moyens techniques. Le développement de métrologies adaptées à ces moyens d'essai est un sujet essentiel.

Parmi les métrologies ciblées, l'interférométrie différentielle à laser focalisé ou FLDI (*Focused Laser Differential Interferometry* [1-5]) est une technique de mesure permettant de quantifier le déphasage optique induit par des fluctuations localisées de la masse volumique d'un milieu, celles-ci étant directement liées aux variations de l'indice de réfraction. Son excellente sensibilité, la relative simplicité du montage optique (illustré par la Figure 1), la grande largeur de bande fréquentielle et les propriétés de filtrage spatial de la FLDI la rendent particulièrement adaptée à l'étude des écoulements de gaz à très grande vitesse. Elle offre ainsi la possibilité relativement unique de caractériser très finement la turbulence dans les couches de cisaillement à haute vitesse ou les mécanismes de transition au sein des couches limites pour des écoulements compressibles ou aérothermiques. Cette technique et ses variantes font actuellement l'objet de nombreuses études décrivant son application au sein des moyens d'essais en hypersonique (voir [5]). Dans le cadre de la réouverture de sa soufflerie hypersonique F4, l'ONERA a mis en place un plan de développement de métrologies avancées pour la caractérisation des écoulements à haute vitesse et haute enthalpie. La FLDI est l'une des techniques sélectionnées qui devra être déployée dans ce type d'installation.

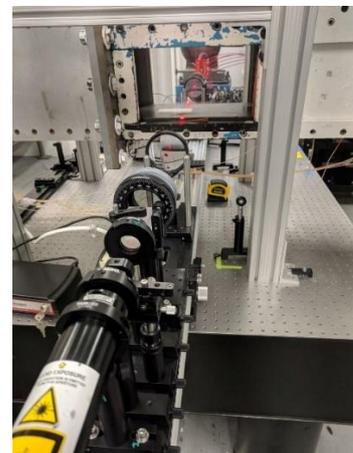
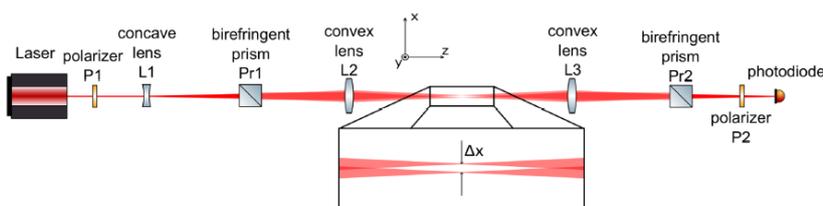


Figure 1: Exemples de montages FLDI – A gauche : Schéma simplifié d'un montage FLDI [1] – A droite : Exemple de montage en veine proposé par [4]

C'est dans ce contexte que nous proposons une activité de stage permettant de développer un premier banc de laboratoire pour la FLDI à l'ONERA. Après une activité de bibliographie qui permettra de comprendre les principes théoriques de cette métrologie et d'initier une modélisation du système optique, un montage de démonstration sera défini puis réalisé (voir [6]). Dans un second temps, un premier outil de traitement des données FLDI sera développé. En fin de stage, la validité du montage et des outils de traitement pourra être confirmée par l'étude de la propagation d'une onde de choc dans une atmosphère au repos [2], ou des fluctuations turbulentes dans un jet chaud libre.

Ces travaux pourront donner suite à une thèse dans l'hypothèse où un financement est obtenu pour celle-ci.

**Sélection bibliographique :**

- [1] E.K. Benitez et al. *Quantitative focused laser differential interferometry with hypersonic turbulent boundary layers*, AO Vol. 61, No. 31 2022
- [2] G.P. Camillo, *Analysis of Hypersonic Boundary Layer Turbulence by Means of Focused Laser Differential Interferometry*, PhD dissertation Justus-Liebig-Universität Gießen, 2023
- [3] J.M. Lawson, *Focused Laser Differential Interferometry*, PhD dissertation Caltech, 2021
- [4] K. Davenport, M. Gragston. *Simultaneous turbulent boundary layer velocity profile and scalar turbulence spectra with linear array-FLDI*. In *AIAA Scitech 2022 Forum*, p. 1313. 2022
- [5] M.R. Fulghum, *Turbulence measurements in high-speed wind tunnels using focusing laser differential interferometry*, PhD dissertation, PSU, 2014
- [6] B.E. Schmidt, J.E. Shepherd, *Analysis of focused laser differential interferometry*, Appl. Opt. 54, 8459, 2015

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

**Méthodes à mettre en œuvre :**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Recherche théorique                | <input type="checkbox"/> Travail de synthèse                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée     | <input checked="" type="checkbox"/> Travail de documentation |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche expérimentale | <input type="checkbox"/> Participation à une réalisation     |

Possibilité de prolongation en thèse : **Oui**

**Durée du stage :** Minimum : 5 mois Maximum : 6 mois

Période souhaitée : entre janvier et octobre 2025

**PROFIL DU STAGIAIRE**

Connaissances et niveau requis : Mécanique des fluides, optique, niveau B2 anglais	Ecoles ou établissements souhaités : Master 2 recherche ou 3 <sup>ème</sup> année d'école d'ingénieur
---	--