

PROPOSITION DE STAGE – MASTER 2 DET

Dynamique des fluides, Énergétique et transferts

Université Toulouse 3 Paul Sabatier - Toulouse INP - INSA Toulouse - ISAE SUPAERO – IMT Mines Albi

Titre : Caractérisation expérimentale des micro-oscillateurs fluidiques pour le transfert thermique

Responsable(s) : BATIKH, Ahmad, chercheur associé, ICA, ahmad.batikh@icam.fr, Tél : 05 61 17 11 19
BARROT Christine, Maître de Conférences, lattes@insa-toulouse.fr, Tél : 06 61 17 10 99
BALDAS, Lucien, Professeur, INSA /ICA, lucien.baldas@insa-toulouse.fr, Tél : 05 61 17 11 01

Lieu du stage : ICA Toulouse

Durée / période : 6 mois

Candidature [CV, lettre de motivation, références] à envoyer à : ahmad.batikh@icam.fr , lattes@insa-toulouse.fr ,
lucien.baldas@insa-toulouse.fr

Introduction

Dans le domaine de l'aéronautique où la tendance vers un avion plus électrique se confirme, la puissance électrique embarquée augmente et les dispositifs d'électronique de puissance tendent vers des structures très intégrées pour réduire poids, encombrement et coût. Tous ces composants électroniques, et la structure dans laquelle ils sont insérés, sont sensibles à la température. Une dissipation thermique efficace est donc primordiale pour assurer de hautes performances. Pour atteindre cet objectif, il apparaît intéressant d'utiliser des micro-jets de gaz pulsés impactants, qui créent une convection instationnaire à l'efficacité accrue. Pour la génération de ce type de jets, les oscillateurs fluidiques sont des candidats intéressants par la large gamme de fréquences qu'ils sont capables de couvrir et par leur robustesse due à l'absence de pièces mobiles [1]. Leur principe de fonctionnement est basé sur l'attachement à la paroi par effet Coanda d'un jet généré par une buse alimentée par un fluide sous pression. La présence de deux boucles de retour permet de provoquer le basculement du jet d'une branche de l'oscillateur à l'autre (Figure 1). Les deux jets pulsés alternatifs ainsi créés permettent une convection localement très énergétique et autorisent un refroidissement efficace du composant placé en regard.

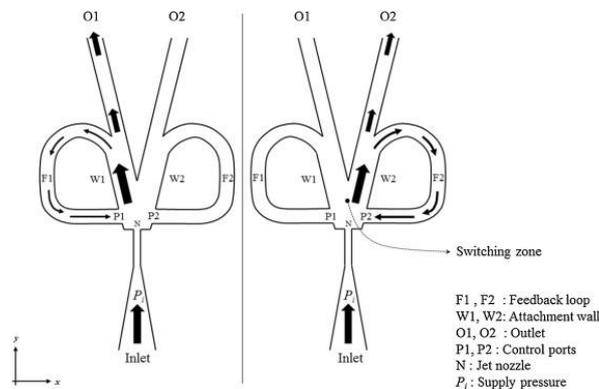


Figure 1. Principe de fonctionnement d'un oscillateur fluidique

Le jet est généré par une buse alimentée par un fluide sous pression s'attache, par effet Coanda, à la paroi d'une branche de l'oscillateur (a). Une partie de l'écoulement recircule dans la boucle de retour (b-c) et provoque le basculement du jet (d-e) dans l'autre branche.

Bien que les jets impactants aient largement été étudiés dans le passé à macro-échelle, seuls quelques travaux récents [2, 3] se sont intéressés au comportement des micro-jets impactants non pulsés. Par ailleurs, d'autres travaux, cette fois à macro-échelle [4, 5] ont mis en évidence une amélioration significative des performances de transfert thermique dans le cas de jets instationnaires pulsés. D'autre part, il n'existe pratiquement aucune étude sur le transfert de chaleur provenant de micro-jets impactants pulsés. Une étude très récente de Huang et al. [6] a cependant montré le potentiel de ces jets pour améliorer le transfert de chaleur dans un dissipateur thermique micrométrique mais la question de l'impact de la miniaturisation sur la physique des micro-jets reste ouverte.

Dans cette perspective, les récents travaux de thèse de Georges Saliba [7], menés à l'ICA, ont permis :

- à macro-échelle, d'étudier la physique des écoulements et de dégager les paramètres influents : la distance entre l'actionneur et la surface à refroidir, la fréquence de pulsation et la vitesse du jet généré.
- à micro-échelle, de développer, en partenariat avec le LAAS, des micro-oscillateurs obtenus par un procédé de microfabrication par lamination de films secs, intégrant des capteurs thermiques en polysilicium suspendus dans le but de réduire leur inertie thermique et d'améliorer fortement leurs caractéristiques dynamiques.

Des premiers prototypes micrométriques ont ainsi été obtenus mais restent à qualifier. Des micro-capteurs thermiques ont aussi été intégrés sur une plaque d'impact (cf. Figure 2)

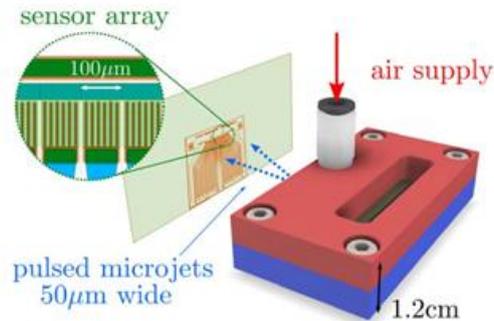


Figure 2. Illustration de la configuration micro-oscillateur et plaque instrumentés fabriqués dans le cadre de la thèse de G. Saliba [7]

Objectifs

Ce travail s'inscrit dans la continuité d'études très récentes et bénéficiera de l'expertise de l'équipe de recherche Microfluidique à l'ICA qui collabore depuis longtemps avec le Laboratoire d'Architecture et d'Analyse des Systèmes (LAAS – Toulouse) pour le développement de micro-actionneurs fluidiques et thermiques.

Les principaux points à aborder dans ce sujet de recherche sont :

- Caractérisation des micro-oscillateurs et de la micro-puce chauffée et instrumentée de micro-capteurs de température développés dans le cadre de la thèse de G. Saliba, ceci dans différentes configurations d'écoulement (fréquences de pulsation, vitesse des jets, distance actionneur/paroi,...).
- Analyse expérimentale de micro-jets dans un environnement non confiné.
- Caractérisation expérimentale des transferts thermiques sur la plaque instrumentée développée par G. Saliba.

Compétences recherchées

Solides connaissances en mécanique des fluides et transfert thermique. Des connaissances en microfluidique seront très appréciées.

Très bonne maîtrise de traitements de données (Matlab). Des connaissances en simulations (Fluent) seront très appréciées. Très bonnes capacités de communication écrite et orale en français et en anglais.

Références

- [1] Wang S., Batikh A., Baldas L., Kourta A., Mazellier N., Colin S., Orioux S., On the modelling of the switching mechanisms of a Coanda fluidic oscillator, *Sensors and Actuators A: Physical*, Volume 299, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.111618> .
- [2] Chang, C. J., Shen, C. H., et Gau, . Flow and Heat Transfer of a Micro Jet Impinging on a Heated Chip: Part I— Micro Free and Impinging Jet Flow. *Nanoscale and microscale thermophysical engineering*, vol. 17, no 1, p. 50-68, 2013, <https://doi.org/10.1080/15567265.2012.748110> .
- [3] Chang, C. J., Chen, H. T., & Gau, C. Flow and Heat transfer of a Microjet Impinging on a Heated Chip: Part II— heat transfer. *Nanoscale and microscale thermophysical engineering*, 17(2), 92-111,2013,, <https://doi.org/10.1080/15567265.2012.761304> .
- [4] Tesař, V. Enhancing impinging jet heat or mass transfer by fluidically generated flow pulsation. *Chemical Engineering Research and Design*, 87(2), 181-192, 2009, <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2008.08.003> .
- [6] Huang X., Li P., Tan Y., Time-dependent heat transfer analysis of ellipsoidal protruded microchannel with multiple pulsating jets, *Applied Thermal Engineering*, Volume 210, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.118348> .
- [7] Saliba G., Etude et développement de micro-oscillateurs fluidiques pour le refroidissement de systèmes électroniques embarqués, PhD thesis, Université de Toulouse, 2022 .