

# Proposition de stage de M2 : Intensification des transferts de chaleur par oscillations de paroi dans un écoulement turbulent fortement anisotrope à l'aide de T-LES (Thermal-Large Eddy Simulation).

## Contexte

Ce stage fait partie du projet [ANR SOLAIRE](#) qui comprend 2 doctorants. Le projet SOLAIRE vise à améliorer l'efficacité de la conversion de l'énergie solaire concentrée en électricité grâce à des outils d'apprentissage automatique. Le composant clé de ces centrales électriques est le récepteur solaire, qui convertit l'énergie solaire concentrée en énergie thermique et la transfère à un fluide caloporteur, l'air sous pression dans notre cas. Le projet vise à maximiser les transferts thermiques entre le gaz et la paroi du récepteur solaire, tout en minimisant les pertes de pression. Pour ce faire, l'optimisation des transferts thermiques et l'élaboration de stratégies de contrôle de la turbulence en proche paroi font appel à l'apprentissage automatique. Pour plus de détails, voir cette [vidéo du projet POLYPHEM](#) expliquant les défis de la recherche sur les récepteurs solaires. Pour évaluer au mieux les différents types de modèles T-LES (Thermal-Large Eddy Simulation) dans notre cas d'étude, il est nécessaire d'effectuer des simulations avec différents types de modèles sur différentes mailles afin d'obtenir l'évaluation la plus précise possible de ces modèles. Ce type de simulation offre une bonne perspective car elle est comparativement beaucoup moins chère que la direct numerical simulation (DNS). Une représentation visuelle de la DNS peut être vue ici [visualisation de l'évolution d'une simulation numérique directe](#).

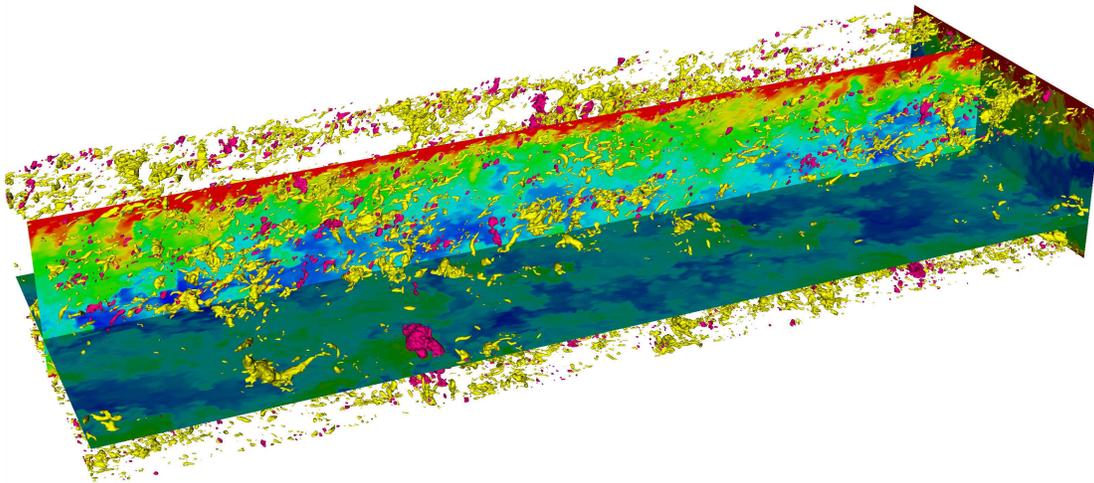


Figure 1: Représentation d'un champ de température, avec des structures turbulentes

## Description

Le contrôle de la turbulence par l'oscillation de la paroi a le potentiel d'intensifier les transferts de chaleur. La méthode utilisée pour réaliser cette paroi oscillante est l'ajout d'une force volumique dans le fluide, dans la direction transversale de l'écoulement. Ce choix est basé sur des études approfondies portant sur la réduction de la traînée (par exemple, Quadrio *et al.* (2009) [6], Gatti et Quadrio (2013) [5] ou Agostini *et al.* (2014) [1]). Ces études ont montré que la traînée pouvait être réduite ou augmentée de manière significative, en fonction des paramètres de contrôle, en particulier la période et l'amplitude des oscillations. Le mécanisme par lequel ces oscillations contrôlent la traînée est complexe et a fait l'objet de nombreuses études (par exemple, Agostini *et al.* (2014) [1], Agostini *et al.* (2015) [2], Agostini & Leschziner (2018) [3] ou Ricco *et al.* (2021) [7]). Essentiellement, les oscillations produisent une couche de Stokes qui affaiblit ou renforce les

structures turbulentes près de la paroi, ainsi que les tourbillons associés, réduisant ou améliorant ainsi l'échange turbulent près de la paroi.

Dans un premier temps, le stagiaire se familiarisera avec TrioCFD [4], le code CFD que nous utilisons pour effectuer nos simulations, et le code de post-traitement que nous utilisons. Pendant ce temps, il/elle liront la bibliographie sur ce sujet et rassembleront des informations sur les effets des différentes amplitudes et périodes d'oscillation sur l'écoulement.

Dans un deuxième temps, le stagiaire effectuera des simulations T-LES pour différentes amplitudes et périodes dans un cas simplifié représentant l'écoulement à l'intérieur d'un récepteur solaire. Enfin, le stagiaire effectuera des T-LES exploratoires dans des conditions proches des conditions de fonctionnement d'un récepteur solaire. Pour toutes ces simulations, le stagiaire étudiera les effets sur le flux de chaleur de la paroi  $\phi_\omega$ , ainsi que sur les forces de frottement à la paroi  $\tau_\omega$ . Ces simulations seront effectuées sur le cluster du TGCC, Irene.

## Compétences attendues

Deuxième année de master ou dernière année d'école d'ingénieur, avec une formation en mécanique des fluides. Des connaissances en programmation et l'utilisation de langages tels que C/C++, Python ou Shell sont un plus mais ne sont pas nécessaires.

**Localisation** PROMES-CNRS Perpignan : Rambla de la thermodynamique, Tecnosud, 66100 Perpignan

**Durée** 5 à 6 mois à partir de février à mars 2024

**Salaire** Gratification forfaitaire actuelle du CNRS (615 €/mois)

## Encadrants

- Adrien Toutant (Maître de conférences, Université de Perpignan - 04 68 68 27 09, adrien.toutant@univ-perp.fr)
- Yanis Zatout (Doctorant, PROMES-CNRS - LISN, yanis.zatout@promes.cnrs.fr)

## Comment candidater

Envoyez un e-mail avec chaque encadrant en copie, contenant :

- Votre CV
- Votre relevé de notes de licence et de master
- Lettres de recommandation (facultatif)

## References

- [1] L. Agostini, E. Toubert, and M. Leschziner. Spanwise oscillatory wall motion in channel flow: drag-reduction mechanisms inferred from DNS-predicted phase-wise property variations at. *Journal of Fluid Mechanics*, 743:606–635, March 2014.
- [2] L. Agostini, E. Toubert, and M.A. Leschziner. The turbulence vorticity as a window to the physics of friction-drag reduction by oscillatory wall motion. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 51:3–15, 2015.
- [3] Lionel Agostini and Michael Leschziner. The impact of footprints of large-scale outer structures on the near-wall layer in the presence of drag-reducing spanwise wall motion. *Flow, Turbulence and Combustion*, 100(4):1037–1061, 2018.
- [4] Christophe Calvin, Olga Cueto, and Philippe Emonot. An object-oriented approach to the design of fluid mechanics software. *ESAIM: Mathematical Modelling and Numerical Analysis - Modélisation Mathématique et Analyse Numérique*, 36(5):907–921, 2002.
- [5] Davide Gatti and Maurizio Quadrio. Performance losses of drag-reducing spanwise forcing at moderate values of the reynolds number. *Physics of Fluids*, 25(12):125109, 2013.
- [6] Maurizio Quadrio, Pierre Ricco, and Claudio Viotti. Streamwise-travelling waves of spanwise wall velocity for turbulent drag reduction. *Journal of Fluid Mechanics*, 627:161–178, 2009.
- [7] Pierre Ricco, Martin Skote, and Michael A. Leschziner. A review of turbulent skin-friction drag reduction by near-wall transverse forcing. *Progress in Aerospace Sciences*, 123:100713, 2021.