



Offre de contrat doctoral (F/H)

Titre	Influence de la déformation d'un revêtement super-hydrophobe sur les propriétés d'un sillage turbulent : approche couplée expérimentale et numérique	
Contacts	Prof. Nicolas MAZELLIER nicolas.mazellier@univ-orleans.fr	Prof. Jean-Christophe ROBINET Jean-christophe.ROBINET@ensam.eu
	Dr. Pierre-Yves PASSAGGIA pierre-yves.passaggia@univ-orleans.fr	
Lieux	Laboratoire PRISME Université d'Orléans 8 rue Léonard de Vinci 45072 Orléans Cedex 2 http://www.univ-orleans.fr/prisme	
	Laboratoire DYNFLUID Arts et Métiers Sciences and Technologies 151, Bd. de l'Hôpital 75013 PARIS, France https://dynfluid.ensam.eu/accueil-dynfluid-100729.kjsp	
Durée	36 mois plein temps, démarrage automne 2023	

Contexte et motivations :

Parmi les nombreuses variétés de matériaux innovants conçus pour répondre aux besoins industriels, les **surfaces super-hydrophobes** (SHS) ont reçu une attention toute particulière depuis une vingtaine d'années [7,9]. En contrôlant judicieusement leurs propriétés physico-chimiques, ces surfaces biomimétiques peuvent emprisonner une couche de gaz à l'intérieur de la rugosité de surface. Ce plastron gazeux joue alors le rôle d'un film lubrifiant qui limite le contact solide/liquide. Cette caractéristique également appelée « effet Lotus » peut se révéler très intéressante dans les applications où le contrôle de la mouillabilité est crucial. Un certain nombre d'études ont mis en évidence les effets bénéfiques des SHS dans la réduction du frottement pariétal à l'échelle du laboratoire dans des conditions de fonctionnement bien maîtrisées. Cependant, **l'extrapolation de ces performances dans des conditions extrêmes**, rencontrées en écoulements fortement turbulents, représentatifs d'applications industrielles (cf. vêtements déperlants, coques de navires, systèmes anti givrages en aéronautique...), est un enjeu majeur. En particulier, des travaux très récents ont souligné **l'importance de la déformation de l'interface gaz/liquide**, qui est actuellement négligée dans la phase de conception des SHS [2,3,5,6].

Cette thèse de doctorat vise à **apporter des éléments de réponse à cette problématique** en s'appuyant sur une **approche couplée** entre des **expérimentations de haute qualité** et des **simulations haute-fidélité**. L'objectif est d'étudier les performances hydrodynamiques de revêtements super-hydrophobes appliqués sur des corps épais. Une attention toute particulière sera portée à l'influence du revêtement sur la traînée hydrodynamique, le déclenchement d'instabilités ou encore la dynamique de l'interface du film gazeux. L'analyse physique des données expérimentales

et numériques permettra, in fine, de proposer des nouveaux modèles de parois plus pertinents que ceux actuellement utilisés pour la conception des SHS.

Pour atteindre ces objectifs, le travail de thèse s'appuiera sur les compétences complémentaires de 2 laboratoires de recherche. Le **travail expérimental** sera effectué au sein du **laboratoire PRISME** de l'Université d'Orléans. Les expériences porteront sur des sillages de corps épais équipés d'un revêtement super-hydrophobe dont on pourra faire varier la texturation de surface. Des méthodes optiques seront mises en œuvre pour évaluer les forces hydrodynamiques agissant sur le corps ainsi que l'influence du revêtement sur le développement du sillage. Les **simulations numériques** seront réalisées au sein du **laboratoire DYNFLUID** de l'ENSAM Paris. Dans cette partie on s'attachera à comprendre les mécanismes d'interactions locales entre le plastron et l'écoulement incident en proche paroi, en particulier dans la phase initiale où le plastron se déforme. On s'intéressera notamment à l'influence du revêtement sur le déclenchement de la transition de la couche limite. Les données expérimentales seront utilisées pour paramétrer les calculs numériques. Ces derniers serviront à formuler un nouveau modèle de parois dont les performances seront validées par confrontation avec les résultats expérimentaux.

Environnement de travail :

La personne qui sera recrutée intégrera l'axe thématique Ecoulements et Systèmes Aérodynamiques (ESA) du laboratoire PRISME à l'Université d'Orléans. Les activités de recherche de cet axe portent sur la compréhension, la modélisation et le contrôle d'écoulements de sillages représentatifs d'applications industrielles. En particulier, le travail s'appuiera sur un savoir-faire développé depuis plusieurs années sur l'étude des surfaces super-hydrophobes [1,3,5]. Dans un premier temps, un banc expérimental déjà opérationnel sera adapté pour répondre aux objectifs de l'étude. Une fois validé, le montage expérimental sera utilisé pour réaliser une campagne d'essais paramétriques. La base de données générée sera ensuite post-traitée et analysée. Des séjours au sein du laboratoire DYNFLUID de l'ENSAM Paris, qui travaille depuis plusieurs années sur des problématiques en lien direct avec le sujet de thèse [2,4], seront organisés tout au long de la thèse. L'objectif est ici de prendre en main les outils numériques pour la simulation haute-fidélité en proche paroi et de mener une étude de la transition en présence de déformations du plastron à l'échelle locale. Là aussi, la plupart des outils à mettre en œuvre sont déjà opérationnels.

Ce travail de thèse s'inscrit pleinement dans un projet de plus grande envergure, ANR IDEFHXYX (ANR-22-CE51-0021), qui est porté par le laboratoire PRISME et dont le laboratoire DYNFLUID est partenaire. La personne recrutée bénéficiera d'un environnement scientifique extrêmement riche puisqu'elle sera intégrée au sein d'un consortium dynamique et reconnu internationalement. Par ailleurs, des interactions avec d'autres laboratoires et chercheurs renommés seront envisagées durant le travail de thèse.

Compétences attendues :

Nous recherchons une personne (F/H) fortement motivée, titulaire d'un Master ou d'un diplôme d'ingénieur avec de très solides connaissances en mécanique des fluides. La personne retenue doit avoir un intérêt prononcé pour la recherche expérimentale, les techniques de mesure mais aussi pour la simulation numérique. Une bonne maîtrise d'outils tels que Matlab est recommandée. Le/La doctorant/e sera fortement impliqué/e dans la diffusion des résultats au travers des rapports d'avancement, des publications dans des revues à comité de lecture et des présentations lors de conférences internationales. Par conséquent, une grande capacité de communication et de rédaction en anglais et en français est exigée.

Rémunération

Salaire brut : environ 24 500 €/ an incluant la cotisation liée à la Sécurité Sociale.

Début du contrat doctoral prévu en Octobre 2023.

Candidature

Pièces à fournir dans le dossier de candidature :

- Curriculum Vitae
- Lettre de motivation
- Relevé de notes (même partiel) des deux dernières années
- Coordonnées de deux référents scientifiques

Le dossier de candidature est à adresser à Nicolas Mazellier (nicolas.mazellier@univ-orleans.fr), Pierre-Yves Passaggia (pierre-yves.passaggia@univ-orleans.fr) et à Jean-Christophe Robinet (Jean-christophe.ROBINET@ensam.eu) avant le **15/05/2023**. Les candidatures incomplètes ne seront pas examinées.

Références bibliographiques

- [1] Bettaieb, N., Castagana, M., Passaggia, P. Y., Kourta, A., & Mazellier, N. (2022). Prediction of resistance induced by surface complexity in lubricating layers: Application to super-hydrophobic surfaces.
- [2] Picella, F., Robinet, J. C., & Cherubini, S. (2020). On the influence of the modelling of superhydrophobic surfaces on laminar–turbulent transition. *Journal of Fluid Mechanics*, 901, A15.
- [3] Castagna, M., Mazellier, N. & Kourta, A. (2021) On the onset of instability in the wake of super-hydrophobic spheres, *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 87:108709.
- [4] Picella, F., Robinet, J. C., & Cherubini, S. (2019). Laminar–turbulent transition in channel flow with superhydrophobic surfaces modelled as a partial slip wall. *Journal of Fluid Mechanics*, 881, 462-497.
- [5] Castagna, M., Mazellier, N. & Kourta, A. (2018) Wake of super-hydrophobic falling spheres: influence of the air layer deformation, *Journal of Fluid Mechanics*, 850:646-673.
- [6] Seo, J., García-Mayoral, R. & Mani, A. 2015 Pressure fluctuations and interfacial robustness in turbulent flows over superhydrophobic surfaces. *J. Fluid Mech.* 783, 448–473.
- [7] Rothstein, J. P. 2010 Slip on superhydrophobic surfaces. *Annu. Rev. Fluid Mech.* 42, 89–109.
- [8] Legendre, D., Lauga, E. & Magnaudet, J. 2009 Influence of slip on the dynamics of two dimensional wakes. *J. Fluid Mech.* 633, 437–447.
- [9] Min, T. & Kim, J. 2004 Effects of hydrophobic surface on skin-friction drag. *Phys. Fluids* 16, 55–58.