

**THÈSE PRÉSENTÉE A L'UNIVERSITÉ D'ORLÉANS  
POUR OBTENIR LE GRADE DE  
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ D'ORLÉANS**

PAR

**Marco CASTAGNA**

ÉCOLE DOCTORALE ÉNERGIE – MATÉRIEL – SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Discipline : Mécanique des Fluides

---

**Contribution à l'étude et à la modélisation du développement d'une couche limite sur  
paroi super-hydrophobe : approche couplée expérimentale et numérique**

---

Soutenue Publiquement  
**Le 15 Novembre 2019 à 10h00**  
Salle J102, Polytech Orléans, Site Vinci

**MEMBRES DU JURY**

Johannes	BERNDT	Examineur	Chercheur HDR, Université d'Orléans, GREMI
Azeddine	KOURTA	Directeur de thèse	Professeur, Université d'Orléans, PRISME
Jacques	MAGNAUDET	Rapporteur	Directeur de Recherche, CNRS - IMFT
Nicolas	MAZELLIER	Co-encadrant	Maître de Conférences, Université d'Orléans, PRISME
Nicolas	MORDANT	Rapporteur	Professeur, Université Grenoble Alpes, LEGI
Jean-Christophe	ROBINET	Examineur	Professeur, Arts et Métiers ParisTech, DYNFLUID

**RÉSUMÉ**

Depuis plusieurs années, la popularité des revêtements dits super-hydrophobes (SH) est grandissante dans le secteur industriel. Pour les applications sous-marines, ces matériaux pourraient servir à réduire la traînée hydrodynamique et le bio-encrassement grâce à la présence d'un film d'air piégé au sein des rugosités. Bien que prometteurs à l'échelle du laboratoire, le comportement de ces matériaux en présence d'un écoulement dans des conditions réalistes soulève de nombreuses interrogations. Ce travail de thèse a pour objectif d'apporter une compréhension plus fine des mécanismes physiques pilotant le développement d'une couche limite sur une paroi SH pour une large gamme de régimes. Dans la première partie de ce travail des essais expérimentaux sont réalisés sur des sphères en chute libre dans un liquide au repos pour analyser les effets des revêtements SH. Différentes conditions de fonctionnement sont réalisées en utilisant une large gamme de diamètres des sphères et en modifiant les propriétés du liquide. Une analyse fine de la trajectoire des sphères a permis d'estimer les efforts hydrodynamiques instantanés agissant durant la chute libre. Le principal résultat obtenu pointe vers l'interaction de la couche d'air avec l'écoulement. L'intensité de cette interaction varie en fonction du régime de chute considéré. Les instabilités de trajectoire et du sillage sont amplifiées par les revêtements SH quand la perturbation hydrodynamique du sillage sur l'interface air-liquide est suffisamment importante. Pour analyser finement les mécanismes en proche paroi, la simulation numérique d'un écoulement dans un canal est considérée. La surface SH est modélisée par une condition de Navier de glissement pariétal, alors que la déformation de l'interface air-liquide est modélisée en imposant une ondulation stationnaire de la paroi du canal. Comparativement à une surface plane SH, la paroi ainsi déformée conduit à une diminution de l'effet bénéfique du glissement pariétal. Un modèle de glissement corrigé de cet effet est proposé.