Proposition de stage M2 :
Dynamique et reproductibilité de l'impact d'un anneau tourbillonnaire sur une paroi

Laboratoire : Institut de Physique de Nice (INPHYNI), CNRS, Université Côte d'Azur
Contacts :
- Jérémie Bec (jeremie.bec@univ-cotedazur.fr)
- Christophe Brouzet (christophe.brouzet@univ-cotedazur.fr)
- Simon Thalabard (simon.thalabard@univ-cotedazur.fr)

Contexte général – Lorsqu'un anneau tourbillonnaire rencontre une paroi, il s'étale, engendre de nouvelles structures tourbillonnaires et peut se détacher ou se désorganiser [1-3]. Cette interaction offre une configuration contrôlée pour étudier comment une paroi modifie un écoulement intense et favorise sa transition vers la turbulence. Ce stage s'inscrit dans le projet TURBO consacré aux anomalies et à la perte de prédictibilité des écoulements aux grands nombres de Reynolds. Il vise à caractériser expérimentalement la dynamique d'un anneau tourbillonnaire projeté perpendiculairement contre une paroi plane, avec une attention particulière portée à la reproductibilité de son évolution après impact.

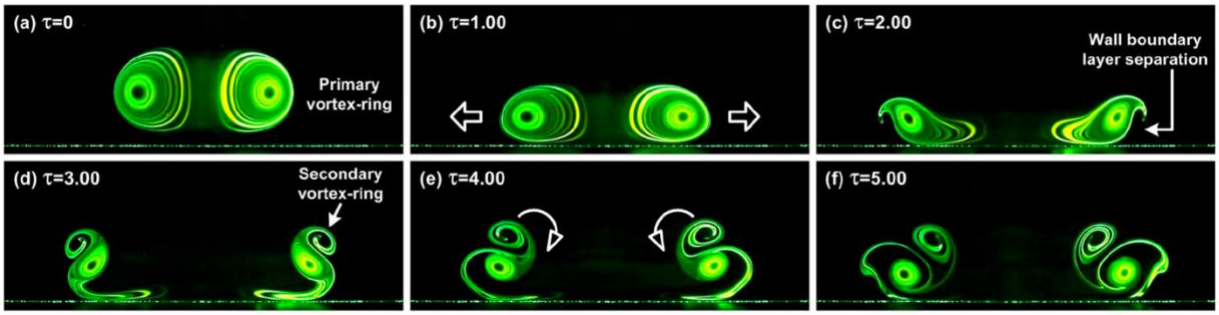


Figure 1 : Impact d'un anneau tourbillonnaire projeté perpendiculairement sur une paroi plane, visualisé grâce à un dispositif de fluorescence induite par laser [1]. Le nombre de Reynolds de l'anneau est de 2000.

Objectifs et travail proposé – L'expérience sera réalisée dans une cuve d'eau, à l'aide d'un générateur d'anneaux tourbillonnaires et d'un dispositif de vélocimétrie par images de particules (PIV). Le dispositif sera développé pour atteindre des nombres de Reynolds élevés, tout en caractérisant précisément l'état de l'anneau avant son interaction avec la paroi. Le travail comprendra :

- la participation à la mise au point et à la caractérisation du générateur, avec le soutien technique du laboratoire ;
- la mesure des champs de vitesse et le suivi des structures tourbillonnaires lors de leur approche, de leur expansion le long de la paroi et de leur éventuel détachement ;
- l'étude de l'influence du nombre de Reynolds sur cette dynamique et sur l'apparition d'instabilités ;
- la réalisation d'expériences répétées afin de quantifier la variabilité entre impacts et de la relier aux variations mesurées de l'anneau incident. L'objectif est d'établir un protocole expérimental reproductible et une première description quantitative et statistique de l'interaction anneau-paroi. Des simulations et des développements théoriques, menés en parallèle par d'autres membres de l'équipe, accompagneront l'interprétation des observations.

Profil et encadrement - Le stage s'adresse à un étudiant ou une étudiante de Master 2 en physique, mécanique des fluides ou formation équivalente, ayant un goût pour l'expérimentation et l'analyse quantitative. Des connaissances en hydrodynamique et en programmation pour le traitement des

données seront appréciées. Un encadrement expérimental quotidien et le soutien technique du laboratoire seront assurés. Le stage sera principalement consacré à l'expérimentation et à l'analyse des mesures.

Perspectives scientifiques et poursuite en thèse – À plus long terme, cette expérience permettra d'examiner deux questions fondamentales : la dissipation d'énergie reste-t-elle importante lorsque le nombre de Reynolds augmente ? L'évolution après impact conserve-t-elle une variabilité irréductible lorsque les perturbations initiales deviennent très faibles ? Cette seconde question rejoint celle de la "stochasticité spontanée", au cœur du projet TURBO. Ce stage pourra se poursuivre par une thèse bénéficiant d'un financement dédié dans le cadre de ce projet, financé par l'ANR. La poursuite en doctorat sera discutée au cours du stage, en fonction de l'intérêt du ou de la stagiaire et de l'adéquation avec le projet. La thèse prolongera l'étude de la dynamique et de sa reproductibilité vers la dissipation et la prédictibilité aux grands nombres de Reynolds, en interaction avec les travaux numériques et théoriques de l'équipe.

Références

[1] T. H New, S. Shi, and B. Zang, "Some observations on vortex-ring collisions upon inclined surfaces", *Exp. Fluids* **57**, 109 (2016).
[2] A Mishra, A. Pumir, and R. Ostilla-Mónico, "Instability and disintegration of vortex rings during head-on collisions and wall interactions", *Phys. Rev. Fluids* **6**, 104702 (2021).
[3] W. N. McAtee & V. Raghav, "Secondary vorticity defines finite-edge effects in vortex ring collisions with plane walls", *J. Fluid Mech.* **1028**, A40 (2026).