


## Offre de contrat doctoral (F/H)

<b>Titre</b>	Caractérisation de la cavitation en écoulement turbulent dans le sillage d'un obstacle bidimensionnel	
<b>Contacts</b>	Henda DJERIDI <a href="mailto:henda.djeridi@legi.grenoble-inp.fr">henda.djeridi@legi.grenoble-inp.fr</a>	Damien COLOMBET <a href="mailto:Damien.colombet@legi.grenoble-inp.fr">Damien.colombet@legi.grenoble-inp.fr</a>
	Eric GONCALVES <a href="mailto:Eric.goncalves@ensma.fr">Eric.goncalves@ensma.fr</a>	Zhujun HUANG <a href="mailto:Zhujun.huang@legi.grenoble-inp.fr">Zhujun.huang@legi.grenoble-inp.fr</a>
<b>Lieux</b>	<b>Laboratoire LEGI</b> UGA/G-INP 1209-1211 Rue de la Piscine 38400 Saint Martin d'Hères <a href="https://www.legi.grenoble-inp.fr/web/">https://www.legi.grenoble-inp.fr/web/</a>	
		
<b>Durée</b>	36 mois plein temps, démarrage courant 2026	

### Contexte et motivations :

Les écoulements multiphasiques compressibles jouent un rôle clé dans un grand nombre d'applications d'ingénierie pour les secteurs de l'énergie et du transport : centrales nucléaires et sûreté, centrales hydroélectriques qui fonctionnent dans des conditions hors design pour étendre la portée opérationnelle, propulsion navale, capture et stockage du CO<sub>2</sub> pour les projets de neutralité carbone, technologie hydrogène pour l'aviation décarbonée, systèmes de refroidissement basés sur des écoulements diphasiques, moteurs à détonation, injecteurs de carburant ainsi que des processus chimiques (traitement de l'eau), etc. La modélisation physique de ces écoulements se heurte à de nombreux verrous en raison de la difficulté de modéliser les transferts de chaleur et de masse entre les phases qui peuvent se produire hors équilibre thermodynamique, de la grande variation des propriétés thermodynamiques (proche du vide jusqu'au point critique), ainsi que de l'interaction complexe avec la turbulence, le tout en présence de fortes ondes de pression ou d'ondes de choc. Cette thèse de doctorat vise à apporter quelques uns des éléments de réponse nécessaires à la compréhension des écoulements turbulents cavitants et des interactions inhérentes au moyen d'expériences de référence utilisant des métrologies de pointe (sonde optique, PIV, visualisation par camera rapide, Tomographie X) qui seront comparées à des simulations numériques haute performance réalisées par les partenaires du projet.

### Programme prévisionnel :

Les expériences seront réalisées dans le tunnel hydrodynamique de cavitation du LEGI qui dispose d'une veine d'essais dans laquelle seront installés différents corps de type profil NACA0015 (voir figure) et cylindre. Ce tunnel dispose également d'un système de mise en incidence des profils ainsi que d'un système de régulation permettant de modifier la vitesse de l'écoulement et la pression dans la veine d'essais, permettant d'atteindre une plage de nombre de Reynolds de  $10^4$ - $10^6$  et une plage de pression de 4 bars à 50 mbars, conduisant ainsi à l'obtention de nombreuses topologies d'écoulement en présence de phase vapeur. On s'attachera dans un premier temps à examiner les instabilités de cavitation autour des différents profils afin de mettre en évidence les bifurcations d'états d'écoulement en fonction des paramètres hydrodynamiques. Afin d'analyser la dynamique de la phase liquide et la turbulence de l'écoulement, nous proposons d'effectuer des mesures du champ de vitesse en utilisant la PIV stéréoscopique à haute cadence, résolue dans le temps et l'espace, pour obtenir le champ de vitesse à trois composantes. Pour la phase vapeur, le tunnel hydrodynamique sera équipé

de sondes optiques Doppler pour obtenir le taux de vide local, la vitesse de la phase vapeur, la distribution spatiale et, si nécessaire, la taille des bulles dans les structures de type poche de cavitation ou vortex dans le sillage du cylindre. Enfin, pour obtenir la dynamique de la phase vapeur, des mesures d'absorption des rayons X devront être effectuées à l'aide d'une source de rayons X, d'un amplificateur d'image et d'une caméra à grande vitesse. Enfin une dernière phase du travail de thèse pourra consister à utiliser des techniques de tomographie ultrasonore (mise au point au LEGI) qui seront comparées aux mesures radiographiques ou locales pour compléter les informations sur la dynamique des différentes phases en présence dans l'écoulement autour d'obstacles.

Un premier objectif sera de mieux comprendre comment les structures turbulentes transportent la phase vapeur, et comment la présence de la phase vapeur peut modifier la dynamique de la turbulence et ses échelles caractéristiques, afin que celles-ci puissent être prises en compte dans les modèles numériques. Un second objectif sera également d'apporter une meilleure compréhension sur l'interaction entre le changement de phase (évaporation/condensation) et la turbulence. Les résultats obtenus sur le cas canonique du cylindre seront alors comparés à ceux obtenus numériquement par les partenaires du projet dans le but de réaliser des validations des simulations de type LES (Laboratoires Pprim et Icube).

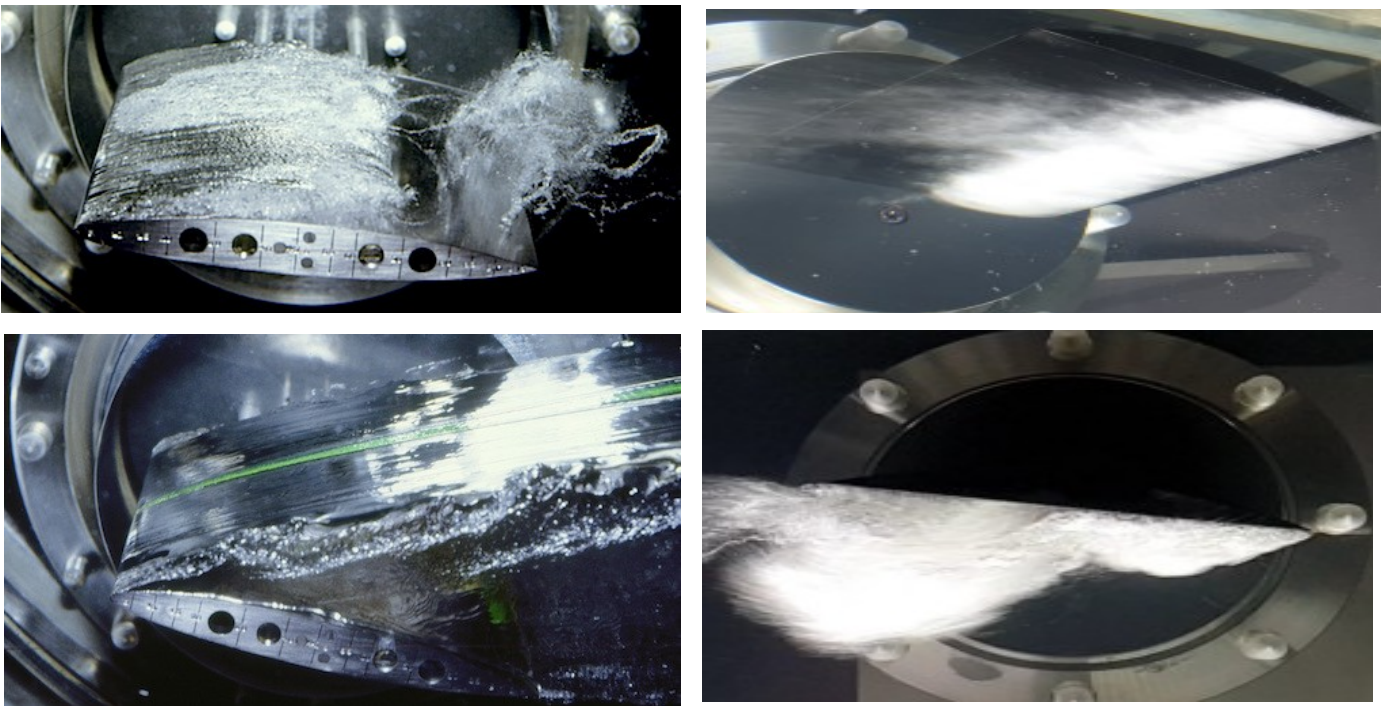


Figure 1 : Exemple d'écoulements cavitants se développant autour d'un profil NACA (sources LEGI / J.P. Franc & H. Djeridi); en haut / faible angle d'incidence : cavitation partielle avec la formation d'une poche de vapeur attachée au bord d'attaque du profil et des lâchés périodiques de structures diphasiques ; en bas / fort angle d'incidence : régime de supercavitation avec la formation d'une poche de vapeur qui se maintient sur l'intégralité de la corde du profil.

### **Environnement de travail :**

La personne qui sera recrutée intégrera l'équipe EDT (Écoulement Diphasique et Turbulent) en partenariat avec l'équipe Energétique du LEGI de l'Université Grenoble Alpes/ Grenoble INP. Le travail s'appuiera sur une approche expérimentale pour l'étude des écoulements turbulents en présence d'une phase dispersée de type vapeur (changement de phase). Les travaux seront réalisés dans le tunnel hydrodynamique du LEGI qui est équipé d'outils métrologiques de pointe (PIV, StéréoPIV, sonde optique, métrologie RX). Des comparaisons avec les études numériques seront réalisées en collaboration avec le laboratoire Pprime de l'Université de Poitiers et le laboratoire ICube de l'université de Strasbourg. Ce consortium est défini dans le cadre d'un projet collaboratif national financé par l'Agence Nationale de la Recherche, ANR COMPET ANR-25-CE51-6855, qui est porté par le laboratoire Pprime. Des interactions fortes avec l'ensemble des acteurs du projet permettront au candidat (ou à la candidate) d'évoluer dans un environnement scientifiquement riche.

### **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 ou en physique et en instrumentation. La personne retenue doit avoir un intérêt prononcé pour la recherche expérimentale. Une bonne maîtrise d'outils de post-traitement (Matlab, python ...) est recommandée. La personne recrutée sera fortement impliquée dans la diffusion des résultats au travers de rapports d'avancement, de publications dans des revues à comité de lecture et de présentations lors de conférences internationales. Par conséquent, une grande capacité de communication et de rédaction en anglais et en français est nécessaire.

### **Rémunération**

Salaire brut annuel: environ 24 500 € / en incluant la cotisation à la Sécurité Sociale.  
Début du contrat doctoral prévu en 2026.

### **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 conjointement à Henda DJERIDI, Damien COLOMBET et à Zhujun HUANG.

### **Références bibliographiques**

- [1] D. Colombet, D. Legendre, F. Risso, Cockx, Guiraud, "Dynamics and mass transfer of rising bubbles in a homogeneous swarm at large gas volume fraction", *J. Fluid Mechanics*, 763, pp.254–285, 2015.
- [2] G. Maurice, N. Machicoane, S. Barre, H. Djeridi, "Coupled X-ray high-speed imaging and pressure measurements in a cavitating backward facing step flow", *Phys. Rev. Fluids*, 6, 044311, 2021.
- [3] S. Prothin, J.Y. Billard, H. Djeridi, "Image processing using proper orthogonal and dynamic mode decompositions for the study of cavitation developing on a NACA0015 foil", *Exp. Fluids*, 57:157, 2016.
- [4] L. Menez, J. Decaix, P. Parnaudeau, E. Goncalves, "Numerical investigation of unsteady cavitating flows in the wake of a cylinder", In 15th Int. Conf. on Hydrodynamics ICHD, Sept. 2-6, Roma, Italy, 2024.