

Sujet de thèse :

Etude expérimentale et numérique d'un oscillateur fluide

Laboratoire : Laboratoire des Écoulements Géophysiques et Industriels (LEGI)

Période : octobre 2022 – septembre 2025

Encadrement : Henda Djeridi, Cyrille Bonamy, Zhujun Huang, Nathanaël Machicoane

Encadrement : Akwel Automotive

Mots clés : écoulements diphasiques, instabilités, jets oscillants

1) Contexte :

Lorsqu'un écoulement présente une fréquence caractéristique sans présence d'un forçage, on parle d'oscillateur fluide. Dans le cas d'un jet et sous certaines conditions, la forme de la cavité de la buse peut donner lieu à ces oscillations, du fait de la présence de zones de recirculation internes instables. Ce phénomène est mis à profit dans de nombreuses applications, comme c'est le cas pour le nettoyage de surfaces (e. g. pare-brises, caméras, capteurs...) dans les activités du partenaire Akwel Automotive. Le jet liquide oscillant permet alors de couvrir une grande surface avec une mise en place simple et sans nécessiter de pièce mobile. La demande grandissante d'un nombre de plus en plus grand de surfaces spécifiques à nettoyer (caméra de recul par exemple), couplée aux contraintes liées aux objectifs de développement durable ainsi qu'aux utilisations en conditions variées, nécessitent l'innovation de ce procédé. De plus, même si son utilisation est courante, ce type d'oscillateur fluide diphasique, dénommé gicleur fluide par la suite, fait intervenir des mécanismes sous-jacents qui ne sont que partiellement compris et qui demandent des études fondamentales.

2) Objectifs scientifiques et techniques :

- Compréhension du domaine d'application et état de l'art et bibliographie
- Compréhension approfondie du produit existant via les méthodes expérimentales et numériques
- Définition des voies possibles de développement (unique ou en couplage : expérimentale, simulation, autres ... avec leurs avantages / inconvénients)
- Optimisation de la solution existante suivant la méthodologie retenue afin de résoudre les problématiques connues.
- Développement d'un ou plusieurs gicleurs optimisés : Adaptation aux différents besoins du véhicule pare-brise, caméras, ADAS (Aide à la conduite véhicule autonome).

3) Méthodes :

La thèse reposera sur deux approches complémentaires et menées simultanément : la conception et la réalisation d'un banc d'essai expérimental et le développement de simulations numériques. Les mesures expérimentales porteront sur de l'imagerie rapide du jet liquide en sortie de buse afin de caractériser les oscillations (amplitudes, fréquences, angle) et sur de la vélocimétrie dans la buse (micro particule image velocimetry, μ PIV) pour étudier les mécanismes physiques en jeu. Les simulations numériques seront menées sur OpenFoam/ AnsysFluent, passant par des validations sur des cas canoniques et via des comparaisons quantitatives avec les résultats expérimentaux. L'outil numérique sera un atout pour les variations de géométrie de buse et la conception de gicleur innovant, qui sera épaulé par les capacités de CAO et prototypage du partenaire Akwel.

En plus des connaissances en mécanique des fluides et analyses physiques/mécaniques, des compétences en traitement du signal et d'image et en ingénierie logicielle (développement d'algorithmes, connaissances de langages tels que python ou matlab, interfaçage de cluster ou de machines linux...) seront fortement appréciées chez le(a) candidat(e).

4) Résultats attendus :

- Dépendance de la solution numérique vis-à-vis des approches dimensionnelles réduites : comparaison des simulations en deux et trois dimensions.
- Sensibilité spatiale de la solution numérique (type de maillage, résolution, géométrie de la sortie...)
- Efficacité de la méthode de simulation (notamment vis-à-vis de la turbulence, e. g. URANS, LES) et validation quantitative
- Analyse des modes d'instabilités en fonction des paramètres géométriques et hydrodynamiques
- Mise en évidence des optimisations de design de la buse
- Test et validation du prototype innovant

Modalités d'encadrement, de suivi de la formation et d'avancement des recherches du doctorant

Le(la) doctorant(e) disposera d'un bureau au LEGI et d'une salle d'expérimentation, ainsi qu'un ordinateur personnel pour l'analyse des données, l'accès à la bibliographie et les ressources en ligne, et la publication des résultats. L'encadrement sera réalisé par Henda Djeridi, Zhujun Huang, Cyrille Bonamy et Nathanaël Machicoane. Les exigences de formations doctorales et de bilans annuels seront respectées.

L'environnement collaboratif bénéficiera en outre au (à la) doctorant(e), en particulier via les réunions/présentations d'équipe et les séminaires de laboratoire. L'équipe d'encadrement regroupe des compétences larges, notamment avec une forte expertise sur les aspects numériques et expérimentaux des écoulements diphasiques et des instabilités.

Thématique

Instabilités, turbulence

Domaine

Mécanique des fluides

Conditions scientifiques matérielles (conditions de sécurité spécifiques) et financières du projet de recherche

Le laboratoire dispose de tout le matériel nécessaire pour réaliser les expériences et les calculs numériques. Les services techniques dédiés aux expériences du LEGI apporteront un support technique, ainsi que des formations, et le(a) candidat(e) aura accès au cluster de calcul du laboratoire, ainsi qu'aux infrastructures régionale (GRICAD) et nationale (GENCI) si besoin. Akwel sera en charge de la réalisation des prototypes de gicleur fluide, et son équipe de R&D sera en appui sur les objectifs techniques.

Ouverture Internationale

Conférences internationales (par exemple APS DFD 2024, USA).

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

Publications dans des journaux scientifiques internationaux (rang A). Conférences nationales (GdR TRANSINTER et NS2.0 en particulier) et internationales. Brevets.