

Développement d'une méthode avancée de mesure 3D et in situ des flux aérauliques

Résumé du projet

L'objectif général du projet de recherche est de contribuer au développement d'une nouvelle méthode de mesure in situ pour caractériser en 3D et en grande taille les flux aérauliques. Ce sujet de thèse répond aux nouveaux enjeux de l'aéraulique des pièces et des procédés dans le domaine industriel et environnemental.

Les enjeux de l'aérauliques sont de pouvoir connaître la dynamique des flux d'air et des transferts de température et de masse (polluant) associés. Les écoulements aérauliques sont de grande dimension (jusqu'au volume d'une pièce) presque toujours turbulents, à basse vitesse ($<1\text{m/s}$) et porteurs de nombreuses particules ou germes polluants. Sur le terrain la mesure de la vitesse de ces écoulements s'effectue encore avec des capteurs ponctuels ne fournissant pas la direction du flux et difficiles à étalonner avec précision aux basses vitesses. En laboratoire, les méthodes de mesure du mouvement fluide basées images ne présentent pas ces inconvénients et permettent d'estimer un champ de vitesse instantané. Récemment, Schanz *et al.* (2016) ont proposé une nouvelle approche très séduisante pour la mesure 3D et grand champ des écoulements. Toutefois, cette approche met encore beaucoup trop de contraintes sur le contexte expérimental pour pouvoir être déployée plus largement en laboratoire, et n'est pas envisageable en l'état comme méthode de mesure sur le terrain. Il est nécessaire de développer de nouveaux systèmes adaptés à la mesure grand champ, plus portable, plus pratiques et moins coûteux (Cao *et al.*, 2014).

Le principe de la mesure image consiste à ensemencher le fluide par des traceurs dont on estime le mouvement observé avec des caméras. La nécessité d'observer très distinctement de petites particules traceurs de l'écoulement pour pouvoir extraire un champ de vitesse explique l'absence de technique de mesure image pour le terrain, car ceci impose un éclairage puissant de type laser qui est difficilement transportable et très coûteux. Une façon lever le verrou technologique de la visualisation est d'utiliser des bulles de savon gonflées à l'hélium réfléchissant suffisamment la lumière provenant d'un éclairage peu onéreux de type LED (Scarano *et al.* 2015). Une autre façon de lever le verrou technologique de la visualisation est d'observer le mouvement des bulles de savon avec une caméra Time of Flight (ToF) capable d'estimer la profondeur des objets à partir d'une technologie de type LIDAR (mesure du temps de retour de la lumière). L'avantage de cette approche est qu'elle ne nécessite pas d'éclairer les bulles et peut donc être mis en œuvre à l'extérieur. *L'usage de caméras ToF pour la mesure du mouvement fluide sera innovant et constituera un point exploratoire du projet de thèse.* Toutefois dans le cas de la mesure volumique les traceurs ne fournissent que des observations éparses et grandes échelles de l'écoulement, ce qui ne permet pas de disposer d'un outil de mesure précis et robuste.

Pour faire sauter ce verrou technique et scientifique il faut réussir à introduire dans les méthodes de mesure des modèles physiques de la dynamique des fluides pour compléter les informations manquantes. *Dans le présent projet de thèse nous proposons de relever ce défi en couplant les images de traceurs éparses avec des modèles grandes échelles de la dynamique des fluides (Chandramouli et al., 2018). Le formalisme mathématique que nous mettrons en œuvre est celui des méthodes d'assimilation de données variationnelles, qui permettra de coupler observations et simulations de façon optimale (Gronskis et al., 2013 ; Yang et al., 2015).*

Références bibliographiques

Schanz, D. and Gesemann, S. and Schröder, A. Shake-The-Box: Lagrangian particle tracking at high particle image densities. *Exp Fluids* 57 (5), 70, 2016.



Cao X., J. Liu, N. Jiang, Q. Chen, Particle Image Velocimetry measurement of indoor airflow field: A review of the technologies and applications, *Energy and building*, 69, 367–380, 2014.

Scarano F., Ghaemi S., Caridi G.C.A., Bosbach J., Dierksheide U., Sciacchitano A., On the use of helium filled soap bubbles for large scale tomographic PIV in wind tunnel experiments. *Exp Fluids* 56:42, 2015

Chandramouli P., D. Heitz, S. Laizet, E. Mémin. Coarse large-eddy simulations in a transitional wake flow with flow models under location uncertainty. Under consideration for publication in *Computers & Fluids*, 2018.

Yang Y., C. Robinson, D. Heitz, E. Mémin - Enhanced ensemble-based 4DVar scheme for data assimilation - *Computers & Fluids*, 115:201-210, 2015.

Gronskis A., D. Heitz, E. Mémin. Inflow and initial conditions for direct numerical simulation based on adjoint data assimilation. *J. Comput. Phys.* 242:480-497, 2013.

Contexte du travail de thèse et équipes d'accueil

Le travail de thèse s'inscrit dans la poursuite des travaux de l'équipe ACTA (Irstea Rennes sur l'aérodynamique et le contrôle des atmosphères turbulentes) et de l'équipe projet commune Fluminance (Inria, Irstea et IRMAR de Rennes sur l'analyse du mouvement fluide dans les séquences d'images). ACTA a une quinzaine d'années d'expérience de recherche dans le domaine de la mécanique des fluides appliquée à l'aérodynamique industrielle. L'équipe a notamment déposé 5 brevets portant sur des technologies de diffusion locale et de recyclage des flux d'air dont le récent concept Froiloc®. Les travaux de recherche d'ACTA portent sur l'analyse, la modélisation et la maîtrise des flux d'air cisailés turbulents pouvant transporter de la chaleur et des polluants particuliers. Depuis 2004 l'équipe ACTA collabore avec l'Inria de Rennes sur la métrologie du mouvement fluide à partir de séquences d'images. En 2009 les chercheurs d'ACTA et des chercheurs Inria ont créé l'équipe Fluminance pour aborder ces sujets avec encore plus d'ambition. L'objectif est d'être capable de coupler les séquences d'images aux modèles de la dynamique des fluides pour proposer les nouveaux outils qui pourront être dérivés soit comme des méthodes de simulations réalistes soit comme des méthodes de mesures avancées comme proposé dans le présent projet de thèse. L'équipe Fluminance est devenue une référence dans le développement de ces nouveaux outils basés images et de leur application à l'aérodynamique avec l'équipe ACTA, aussi le projet de thèse s'inscrit parfaitement dans cette expertise.

Encadrement de la thèse

La thèse sera dirigée par Dominique Heitz.

L'encadrement de la thèse s'appuiera sur les équipes scientifiques ACTA et Fluminance, et sur la collaboration avec Imperial College London et l'INSA de Rennes.

Intérêt du sujet pour réaliser une thèse et profil du candidat

Le sujet permet d'aborder un problème générique pour la mesure 3D des flux aérodynamiques. Le contenu scientifique se situe à la pointe des développements internationaux en couplage expérience avec simulation. Titulaire d'un master 2 recherche ou équivalent, le candidat devra maîtriser la mécanique des fluides avec préférentiellement des connaissances solides en mathématiques appliquées.

Contrat de thèse

Contrat doctoral (3 ans)

Rémunération mensuelle : env. 1875 € brut (env. 1500 € net)

Modalités de candidature

Adresser CV et lettre de motivation à Dominique Heitz (Irstea, UR OPAALE).

dominique.heitz@irstea.fr

Tél. : +33 (02)23 48 21 70