

PROPOSITION SUJET DE THESE

**Ecole doctorale I-MEP2 - Ingénierie - Matériaux, Mécanique, Environnement, Energétique,
Procédés, Production
(Financement Bourse Ministère)**

« Système acoustique pour l'étude des écoulements diphasiques turbulents »

Directrice de thèse : Henda DJERIDI (Pr G-INP / LEGI) henda.djeridi@legi.grenoble-inp.fr

Co-directeur : Cornel IOANA (Mcf HdR G-INP / GIPSA-lab) Cornel.ioana@gipsa-lab.grenoble-inp.fr

Le champ des recherches concerne des écoulements complexes (multiphasiques et multi-échelles) sur des problématiques qui peuvent être liées à des applications industrielles stratégiques. On s'intéressera à la mise en œuvre ainsi qu'à la validation d'une méthode de mesure basée sur la tomographie ultrasonore capable d'estimer, spatialement et à haute cadence, des champs de vitesse en écoulements multiphasiques et turbulents. L'idée principale de cette thèse est de valider, sur un écoulement académique (de type marche descendante), les performances et les limitations de cette technique de tomographie ultrasonore en la calibrant par rapport aux méthodes déjà utilisées au LEGI [1, 2, 3] pour ce type d'écoulements (PIV-LIT stéréo, Absorption RX). Cette nouvelle technologie de tomographie ultrasonore agile adaptée aux écoulements multiphasiques a un intérêt notable compte tenu de sa simplicité matérielle et de son adaptation à une utilisation plus industrielle. L'idée majeure étant de coupler le savoir-faire de deux laboratoires, le GIPSA-lab propose comme objectif pour le système, d'apporter une solution flexible et efficace de mesure de vitesse en écoulements complexes. Pour ce qui est de la précision de la mesure, l'objectif est d'avoir une erreur inférieure à 5 % et pouvoir fournir entre 500-1000 mesures/secondes, en régime turbulent. Le LEGI se propose quant à lui d'apporter toutes les connaissances physiques des phénomènes turbulents dans les écoulements multiphasiques et de mesurer et caractériser en laboratoire avec des instruments de pointe (difficilement transportables) les mécanismes complexes inhérents à ce type d'écoulements. L'application de cette instrumentation innovante (tomographie ultrasonore) dans une installation, dont les caractéristiques des différentes grandeurs physiques seront bien connues, permet une validation fine du concept pour la mesure du champ de vitesse des écoulements à la fois turbulents et diphasiques. Ceci permettra à court terme de mettre en place un système de contrôle et de surveillance des machines hydrauliques dans les systèmes de production d'énergie ou dans les systèmes hydrauliques rencontrés dans l'industrie pétrochimique.

Le sujet de thèse porte sur la contribution au traitement des signaux ultrasonores pour des mesures instantanées du champ de vitesse en écoulement turbulent diphasique. La tomographie ultrasonore multivoie [4] consiste à utiliser pour émettre et recevoir les ondes ultrasonores des transducteurs large bande constitués d'un ensemble d'éléments pouvant chacun être piloté de manière indépendante. L'application de lois de phase sur les éléments est mise en œuvre pour maîtriser les caractéristiques du faisceau scrutateur afin de mieux optimiser la résolution et la couverture spatiale de l'objet imagé. Le premier objectif de cette thèse est ainsi de proposer des nouvelles méthodes de

type « *transient adaptive waveform* » parfaitement adaptées aux techniques multiéléments et permettant de s'appliquer à des configurations complexes. Répondre à cet objectif nécessite de s'appuyer sur une modélisation directe de la propagation ultrasonore pour la description du phénomène physique de l'interaction onde-fluide prenant en compte toute la complexité d'un écoulement transitoire. L'innovation, en terme de « *transient adaptive waveform* » consiste à proposer les concepts de formes d'ondes transitoires avec des éléments discriminants, ce qui conduira à des contributions dans le domaine des séparations de signaux transitoires. Une fois que les mesures de chacune voie soient obtenues, leurs post-traitements pour la construction du profil 3D des paramètres hydrodynamiques demande l'utilisation des outils théoriques de reconstruction algébrique itérative, *Iterative Algebraic Reconstruction Technique* iART [4, 5, 6, 7]. Dans ce sens, des études menées par le laboratoire GIPSA Lab ont montré que la représentation parcimonieuse pour un cadre restreint, comme celui de la symétrie cylindrique, serait une alternative plus efficace par rapport aux méthodes de iART, d'après les critères des contraintes utilisées pour la régularisation des problèmes mal posés et, implicitement, la réduction des inconnues du problème étudié. Afin de mieux prendre en compte l'influence de la turbulence sur les signaux propagés, nous proposons la représentation parcimonieuse de la déformation de la phase induite par la turbulence, et pour cela, la représentation des signaux large-bande en coordonnées cylindriques sera utilisée. Un tel espace de représentation améliorera la visualisation de la déformation des phases dans une structure cylindrique, contribuant ainsi à la définition des espaces de représentation adéquats aux signaux issus des phénomènes hydrauliques transitoires. Les principales directions de recherche décrites ci-dessus fournissent les points de départ de cette thèse, proposée et co-encadrée en étroite collaboration avec le LEGI et le GIPSA-lab, dédiée au développement des nouvelles méthodes et algorithmes de traitement du signal pour les mesures instantanées en écoulements turbulents.

[1] G. Maurice, H. Djeridi, S. Barre: 2014 "Experimental investigation of a cavitating backward facing step flow" 27th IAHR symposium on Hydraulic machinery and systems, September 22-26 2014, Montréal Canada.

[2] V. Aeschlimann, S. Barre, H. Djeridi: 2011 "Velocity field analysis in an experimental cavitating mixing layer". *Journal of Physics of Fluids*, vol 23, Issue 5, May 2011.

[3] V. Aeschlimann, S. Barre, H. Djeridi: 2013 "Unsteady cavitation analysis using phase averaging and conditional approaches in a 2D venturi flow" *Open Journal of Fluid Dynamics*, vol. 3, pp. 171-183, September 2013.

[4] Y.V. Pyl'nov, S.S. Koshelyuk, P. Pernod, Y.I. Kutlubaeva, *Ultrasonic Tomographic Reconstruction of Liquid Flows Using Phase-Conjugated Waves*, *Physics of Wave Phenomena*, Vol. 20, No. 3, pp. 231-234, 2012.

[5] A.H. Andersen, A.C. Kak, *Simultaneous Algebraic Reconstruction Technique (SART): A Superior Implementation of the ART Algorithm*, *Elsevier Ultrasonic Imaging*, Vol. 6, No. 1, pp. 81-94, 1984.

[6] N. Besic, G. Vasile, A. Anghel, T. Petrut, C. Ioana, S. Stankovic, A. Girard and G. d'Urso, "[Zernike Ultrasonic Tomography for Fluid Velocity Imaging based on Pipeline Intrusive Time-of-Flight Measurements](#)", *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, vol. 61, no. 11, pp. 1846-1855, 2014,

[7] A. Digulescu, T. Petrut, I. Candel, F. Bunea, G. Dunca, D. Bucur, C. Ioana, A. Serbanescu, "On the vortex parameter estimation using wide band signals in active acoustic systems", *IEEE Oceans Conference, Taipei*, 2014.