

Avis de Soutenance

Madame Mouna GUIZANI

Acoustique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Contrôle par ultrasons focalisés d'un écoulement en conduite en vue de traitements vasculaires

Travaux dirigés par Monsieur Jean-christophe BERA et Monsieur Bruno GILLES

Cotutelle avec l'université "Université de Monastir" (Tunisie)

Soutenance prévue le **jeudi 12 février 2026** à 14h00

Lieu : Salle de conférence 151 Cours Albert Thomas 69003 Lyon

Salle : LabTAU, Inserm

Composition du jury proposé

M. Jean-christophe BERA	Professeur des universités	Université Lyon 1	Directeur de thèse
M. Maher BEN CHIEKH	Professeur	École Nationale d'ingénieurs Monastir Tunisie	Directeur de thèse
Mme Hélène BAILLIET	Maître de conférences	Université de Poitiers	Rapporteure
Mme Sabra HABLI	Maître de conférences	ISTEUB Tunis Tunisie	Rapporteure
M. Pierre TRONTIN	Professeur des universités	Université Lyon 1	Examineur
M. Mohamed Sadok GUELLOUZ	Maître de conférences	École Nationale d'ingénieurs Bizerte Tunisie	Examineur
M. Bruno GILLES	Université Lyon 1	Invité	

Mots-clés : Streaming acoustique, HIFU, Ecoulement en conduite, PIV, Contrainte pariétale, Mélange

Résumé :

La présente thèse étudie l'écoulement induit par ultrasons focalisés au sein d'un fluide confiné en conduite, dans une configuration compatible avec un vaisseau sanguin humain de calibre centimétrique. Les investigations, expérimentales et numériques, sont menées sur le modèle simplifié d'un tube circulaire droit indéformable, dans le cas d'un conduit fermé ou dans le cas d'un débit permanent imposé. Sur le plan expérimental, un dispositif basé sur un transducteur de thérapie par ultrasons focalisés de haute intensité (HIFU) a été mis en œuvre afin de générer un faisceau ultrasonore focalisé parallèle à l'axe du tube. Des mesures de champs de vitesse ont été effectuées dans l'eau à l'aide de la technique de vélocimétrie par images de particules (PIV). En parallèle, des simulations numériques basées sur le champ HIFU expérimental et la modélisation de son effet fluide par un champ de force volumique ont été menées à l'aide du logiciel OpenFOAM, dans le cas d'un fluide newtonien puis dans le cas d'un fluide non-newtonien modélisé par la loi de Bird-Carreau. La structure tourbillonnaire générée par les ultrasons focalisés se caractérise par un

cœur dense d'écoulement de streaming aligné avec la direction de l'onde ultrasonore, accompagné d'un écoulement de retour à faible vitesse. Tandis que la position du foyer ultrasonore dans le tube ne s'avère pas critique pour générer le mélange, elle influence significativement la contrainte de cisaillement pariétal, qui augmente à mesure que le foyer se rapproche de la paroi du tube. La comparaison entre les fluides newtonien et de Bird-Carreau a montré qu'à des intensités acoustiques élevées, le fluide Bird-Carreau se comporte de manière similaire au fluide newtonien, en maintenant un mélange et une contrainte de cisaillement pariétal efficace. Une investigation complémentaire, consacrée au cas où de la cavitation ultrasonore apparaît sous l'effet du champ HIFU, a permis d'estimer un coefficient d'atténuation ultrasonore effectif caractérisant le milieu cavitant.

Summary:

This thesis investigates the flow generated by focused ultrasound within a fluid confined in a conduit, in a configuration compatible with a centimetric human blood vessel. Experimental and numerical investigations are conducted on the simplified model of a rigid, straight circular tube, both in the case of a closed conduit and in the case of an imposed steady flow. Experimentally, a setup based on a high-intensity focused ultrasound (HIFU) therapy transducer was implemented to generate a focused ultrasound beam parallel to the tube axis. Velocity field measurements were performed in water using particle image velocimetry (PIV). In parallel, numerical simulations based on the experimental HIFU field and the modeling of its fluidic effect by a volumic force field were carried out using OpenFOAM software, first for a Newtonian fluid and then for a non-Newtonian fluid modeled by the Bird-Carreau law. The vortex structure generated by focused ultrasound is characterized by a dense core of streaming flow aligned with the direction of the ultrasonic wave, accompanied by a low-velocity reverse flow. While the position of the ultrasound focus within the tube is not critical for generating mixing, it significantly influences the wall shear stress, which increases as the focus approaches the tube wall. The comparison between Newtonian and Bird-Carreau fluid revealed that at high acoustic intensities, the Bird-Carreau fluid behaves similarly to the Newtonian fluid, maintaining effective mixing and wall shear stress. Further investigation, focusing on the case where ultrasound cavitation occurs under the influence of the HIFU field, enabled the estimation of an effective ultrasound attenuation coefficient characterizing the cavitating medium.