

Capture de bulles en écoulement de Taylor Couette. Lois de similitude

B. VAN RUYMBEKE^a, C. GABILLET^a, N. LATRACHE^b, C. COLIN^c

a. IRENav, Ecole Navale, celine.gabillet@ecole-navale.fr

b. IRDL, UBO, noureddine.latrache@univ-brest.fr

c. IMFT, INPT, Catherine.Colin@imft.fr

Résumé :

Cette étude vise à caractériser expérimentalement la capture de bulles d'air dans un écoulement de Taylor Couette dont le cylindre intérieur est en rotation, pour un rapport des rayons de 0.91. Le nombre de Reynolds varie dans la gamme [1400-20000]. Pour cette gamme, les cellules de Taylor sont présentes et piègent les bulles. Le taux de vide effectif ainsi que les composantes de vitesse effectives, axiale et azimutale, du gaz ont été caractérisés par visualisation rapide des bulles. On montre que ces paramètres sont contrôlés par: 1) la fraction volumétrique d'air disponible qui résulte du rapport entre le débit volumique d'injection d'air et le débit volumique de rotation du liquide et par 2) le nombre de Froude, basé sur la circulation dans les cellules. Des lois d'évolution de ces paramètres ont été obtenues, qui peuvent être généralisées à des liquides de différentes viscosités.

Abstract :

We investigate experimentally air bubbles capture in a Couette Taylor device with the inner cylinder rotating, for a radii ratio equal to 0.91. The Reynolds number range is [1400- 20000]. For this range, Taylor vortices occur and trap the bubbles. The effective gas volume fraction, gas axial and azimuthal velocity components have been characterized by high speed video recording of the bubbles. It is shown that all these parameters are controlled by: 1) the available air volumetric fraction, which is the ratio between the air injection rate and the liquid rotating rate, 2) the Froude number, based on the circulation of the Taylor vortices. General laws have been obtained, regardless of the liquid viscosity.

Mots clefs : Tracking, bulles, capture, cellules de Taylor

1 Introduction

L'injection de bulles dans un écoulement de Taylor Couette pour les régimes de transition vers la turbulence permet d'étudier les mécanismes d'interaction entre les bulles et des structures cohérentes contrôlées. Des études récentes se sont intéressées à la dispersion des bulles dans un écoulement de Taylor Couette, avec cylindre intérieur en rotation ([1] et [2]). Elles ont mis en évidence un arrangement préférentiel des bulles dans les cellules contra-rotatives de Taylor ou dans les zones de jets sortants entre cellules près du cylindre intérieur. Cependant, il n'existe pas à l'heure actuelle de modèle prédictif du taux de vide pour ce type d'écoulement. Le travail expérimental vise à établir les

paramètres de normalisation et les lois adimensionnelles d'évolution du taux de vide et de la cinématique des bulles dans un écoulement de Taylor Couette, avec cylindre intérieur en rotation.

2 Description des expériences

Le dispositif a un rapport des rayons de 0.91, une largeur d'entrefer d de 20mm et un rapport d'aspect (hauteur L/d) égal à 44 (cf. Figure 1). Deux mélanges différents d'eau/glycérine (de viscosités respectives $\nu=17.2 \cdot 10^{-6}$ et $3.4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$) ont été testés ; ils permettent de couvrir une gamme de nombre de Reynolds $Re=V_i d/\nu$ entre 1400 et 20000, V_i étant la vitesse orthoradiale du cylindre intérieur. Des trous micro-perçés situés en bas du dispositif permettent d'injecter des bulles d'air sphériques de diamètre entre $0.05d$ et $0.06d$. Les deux mélanges permettent de faire varier la vitesse ascensionnelle des bulles ($V_b=0.04$ et 0.11 m/s respectivement) et la capacité de capture en bulles du dispositif. Nous avons procédé à des visualisations rapides des bulles dans l'entrefer et analysé les images en combinant des méthodes d'inter-corrélation spatiale et de tracking. Le taux de vide global intégré sur la largeur d'entrefer et sur une longueur d'onde axiale ainsi que les composantes de vitesse azimutale et axiale du gaz en moyenne temporelle ont été analysés pour les 2 mélanges, en faisant varier le nombre de Reynolds et le débit d'air Q_g . On définit la fraction volumétrique de contrôle $\alpha=Q_g/(V_i d L)$ qui varie entre 0 et 0.1%. D'autre part, les cellules de Taylor (circulation, taille) ont été caractérisées par Particle Image velocimetry en régime monophasique.

3 Résultats

Nous avons mis en évidence que le taux de vide normalisé par la fraction volumétrique de contrôle évolue linéairement avec le carré du nombre de Froude Fr (Figure 2). Le nombre de Froude compare la force d'inertie des cellules, favorable à la capture des bulles, à la force d'Archimède. Il dépend de la circulation Γ_0 dans les cellules et de la longueur d'onde λ_0 en monophasique. La vitesse axiale du gaz normalisée par sa vitesse débitante évolue comme l'inverse du carré du Froude et l'inverse de la fraction volumétrique de contrôle. La vitesse azimutale normalisée par la vitesse V_i évolue en logarithme de la fraction volumétrique de contrôle. Les lois obtenues sont des lois de similitude, valables pour les deux mélanges étudiés. Leur validité pour différentes géométries reste à étudier.

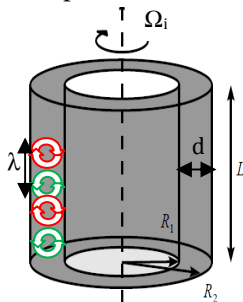


Figure 1. Dispositif.

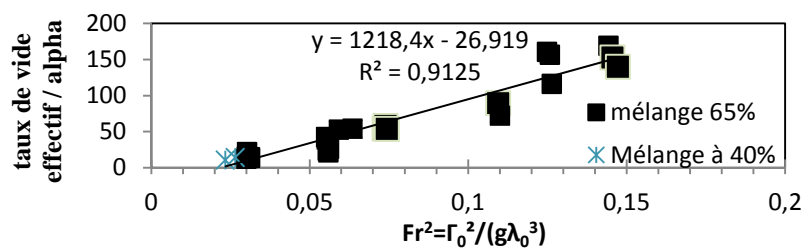


Figure 2. Taux de vide effectif normalisé par alpha en fonction du Froude.

Références

- [1] A. Chouippe, E. Climent, D. Legendre, C. Gabillet, 2014, Numerical Simulation of Bubble Dispersion in Turbulent Taylor-Couette Flow, Physics of Fluids 26 043304 (2014) 1-22
- [2] G. Ndong Fokoua, C. Gabillet, A. Aubert, C. Colin, Effect of bubble's arrangement on the viscous torque in bubbly Taylor-Couette flow, Physics of Fluids 27 034105 (2015) 1-34