



MESURE DE CONCENTRATION EN ECOULEMENTS A BULLES PAR LIF ET SPECTROMETRIE HAUTE FREQUENCE

Elise Alméras^{a*}, Sébastien Cazin^a, Cécile Plais^b, Frédéric Augier^b, Frédéric Risso^a, Véronique Roig^a

(a) Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse, Université de Toulouse et CNRS, 31400, Toulouse, France

(b) IFP Energies nouvelles, Lyon, Rond-point de l'échangeur de Solaize, BP 3, 69360 Solaize, France

*Correspondant: elise.almeras@imft.fr

Résumé : Nous étudions le transport d'un traceur fluorescent peu diffusif dans un nuage homogène de bulles en ascension dans de l'eau au repos en cellule de Hele-Shaw. Une bulle isolée en ascension dans cette cellule conserve une forme aplatie elliptique qui reste constante et présente des oscillations de trajectoire liées à l'instabilité de son sillage. Dans le nuage de bulles, l'agitation du liquide tout comme celle des bulles sont contrôlées par la dynamique de ces sillages fortement atténués par le frottement aux parois. L'expérience de mélange consiste à injecter un certain volume de Rhodamine WT en début d'expérience au sein du nuage de bulles et à suivre ensuite le transport de ce traceur dans l'agitation induite par les bulles. La concentration locale de traceur est mesurée en une position fixe par une technique de Fluorescence Induite par Laser (LIF) qui permet un suivi temporel à haute fréquence. Le montage expérimental est présenté sur la figure 1. Une première fibre optique connectée à une source laser est positionnée d'un côté de la cellule et illumine un petit volume cylindrique qui s'étend sur toute la largeur de la cellule. De l'autre côté de la cellule, une seconde fibre optique collecte la lumière émise. Cette fibre est connectée à un spectrophotomètre. La mesure du spectre de lumière émise dans le volume de mesure permet de séparer la lumière fluorescée, qui est proportionnelle à la concentration, de la lumière incidente résiduelle. Ce système permet l'enregistrement d'un signal de concentration à 250 Hz. Le passage de bulles dans le volume de mesure, ou tout autour, perturbe la mesure puisque les bulles peuvent ré-éclairer par leurs réflexions ce volume ou l'occulter. Une méthode d'analyse du signal et de validation de la mesure a été mise en œuvre. Pour cela, la mesure LIF est synchronisée avec une caméra Haute Fréquence, éclairée par un rétro-éclairage, qui enregistre simultanément la distribution des bulles autour du volume de mesure. Le montage de la caméra est présenté sur la figure 1. La figure 4 montre la similitude des enregistrements des deux systèmes de mesure après élimination des artefacts liés aux passages des bulles dans le volume de mesure. Grâce à cette technique nous avons pu mettre en évidence d'intenses fluctuations de concentration dont la fréquence est associée à celle des sillages des bulles dans les mécanismes de mélange en cellule de Hele-Shaw. Cela confirme l'importante contribution des sillages des bulles au transport de concentration.

1. Introduction

Les réacteurs chimiques mettant en jeu les écoulements à bulles sont très courants dans les applications industrielles (pétrochimie, traitement de l'eau, etc.) parce qu'ils possèdent de très bonnes propriétés de transfert de masse et de mélange. Les colonnes à bulles permettent ainsi de mettre intimement en contact deux ou plusieurs composés - initialement en phases gazeuse et liquide - en assurant un transfert interfacial de masse efficace et de réaliser une réaction chimique en phase liquide après mélange des réactifs. Les lois globales du mélange dans ces réacteurs sont connues de manière empirique, mais les mécanismes du mélange dans un tel écoulement restent mal connus, en premier lieu à cause de la difficulté d'effectuer des mesures de concentration résolues en temps en présence de bulles. De telles mesures nécessitent l'utilisation de méthodes optiques que la présence de bulles réparties aléatoirement dans l'espace rend très ardues à mettre en œuvre.

Plusieurs stratégies d'étude du mélange en écoulement à bulles peuvent être envisagées.

Dans un premier temps, afin d'analyser les mécanismes fondamentaux du mélange, une étude de mélange d'un constituant peu diffusif a été menée dans un réseau aléatoire de sphères fixes traversé par un écoulement (Besnaci *et al.*, 2010). Cet écoulement génère, en effet, une agitation dans le liquide qui résulte des interactions des sillages du réseau et qui possède des propriétés statistiques et spectrales très proches de celles observées dans des nuages de bulles (Amoura, 2008). Ces études montrent que le mélange a principalement deux origines : (i) l'interaction du colorant avec l'importante déformation de l'écoulement au voisinage des sphères, qui peut en particulier provoquer la capture du colorant dans les sillages, son piégeage temporaire avant relargage ; (ii) le second mécanisme de mélange est la turbulence au sein du réseau.

Pour des bulles de forme ellipsoïdale, le mélange d'un constituant peu diffusif dans un nuage homogène de bulles dépend de la fraction volumique et du nombre

