

Titre : Contrôle de l'émulsification microscopique par réglage rhéologique fin

Mots clés : émulsification, microcanaux, écoulement turbulent, fluides non-newtoniens, réduction de la traînée, efficacité énergétique

Résumé : Une étude expérimentale de la dynamique turbulente de l'émulsification dans un dispositif microfluidique à jonction en croix est présentée. L'étude se concentre sur la possibilité d'augmenter l'efficacité énergétique du dispositif microfluidique déjà conçu et breveté en produisant des émulsions plus stables avec des gouttes de faibles tailles sans compromettre les coûts énergétiques globaux du processus d'émulsification. La phase continue aqueuse est rhéologiquement modifiée par l'ajout d'une quantité infime (moins de 1% en masse) d'un matériau polymère (gomme de xanthane). Dans un cadre physique simplifié, une étude de la dynamique d'une seule goutte d'huile dans la zone d'impact des microcanaux est d'abord réalisée. Deux modes dynamiques fondamentaux sont observés. Le premier concerne le "piégeage" de la goutte dans la zone d'impact et sa déformation sans rupture. Le second phénomène concerne la rupture des gouttes. Une description quantitative de la cinématique de la déformation des gouttes a été réalisée à l'aide d'un nouvel outil qui permet d'évaluer les distributions de

vitesse le long des contours des gouttes, montrant que la rupture des gouttes est dominée par l'extension. Ensuite, le processus d'émulsification a été étudié dans une large gamme de concentrations de polymères dans la phase continue et de nombres de Reynolds (jusqu'à 16000) afin d'observer le phénomène de réduction de la traînée. Les statistiques de la taille des gouttelettes dans les émulsions résultantes sont mesurées ex-situ au moyen de la microscopie numérique. Les mesures intégrales des statistiques des pertes de charge dans le microcanal permettent de cartographier les niveaux de réduction de la traînée. Pour chaque état, la dynamique spatio-temporelle du processus d'émulsification est évaluée au moyen d'une imagerie à grande vitesse in-situ de l'interface entre les deux fluides. En utilisant des mesures micro-PIV de séries temporelles de la vitesse, une diminution significative du niveau des fluctuations de la vitesse axiale mesurée à la ligne centrale du microcanal est observée dans le régime d'écoulement de réduction de la traînée.

Title : Controlling the microscopic emulsification by fine rheological tuning

Keywords : emulsification, microchannel, turbulent flow, non-Newtonian fluids, drag reduction, energy efficiency

Abstract : An experimental study of the turbulent dynamics of emulsification in a cross-slot microfluidic device is presented. The study focuses on the possibility of increasing the energetic efficiency of the already designed and patented microfluidic device by producing more stable emulsions with fine drops without compromising the overall energetic costs of the emulsification process. The aqueous continuous phase is rheologically tuned by adding a minute amount (typically less than 1% by weight) of a polymeric material (xanthan gum). As a simpler physical setting, an investigation of the dynamics of a single oil drop in the microscopic cross-slot of the shear thinning fluid was carried out first. Two fundamental dynamic modes are observed. The first one relates to the trapping of the drop in the impingement zone and its deformation without breakup. The second phenomenon that is of particular relevance to the emulsification process relates to the breakup of drops. A quantitative description of the kinematics of drop deformation was performed using a novel tool that allows one to assess the velocity distributions along the drop

contours showing that the droplet-breakup is extension-dominated. Next, the emulsification process was investigated in a wide range of polymer concentrations in the continuous phase and Reynolds numbers (up to 16000) so the drag reduction phenomenon is observed. The statistics of droplet sizes in the resulting emulsions are measured ex-situ by means of digital microscopy. Integral measurements of the statistics of the pressure drops in the microchannel allow one to systematically map the drag reduction states. Corresponding to each state, the space-time dynamics of the emulsification process are assessed by means of in-situ high speed imaging of the interface between the two fluids which further allows one to extract the characteristic time and space scales associated to the dynamics of the interface. Using micro-PIV measurements of time series of the velocity, a significant decrease of the level of fluctuations of the axial velocity measured at the centre-line of the microchannel is observed within the drag reduction flow regime.