



ETUDE PAR PIV ET PLIF COUPLEES DU MELANGE DANS LES ECOULEMENTS DE TAYLOR-COUPETTE

Marouan Nemri^a, Sophie Charton^{a*}, Sébastien Cazin^b, Eric Climent^b

(a) CEA, DEN, DTEC, SGCS, F-30207 Bagnols-sur-Cèze, France

(b) Institut de Mécanique des Fluides, Université de Toulouse, CNRS-INPT-UPS, F-31400 Toulouse, France

*Correspondant: sophie.charton@cea.fr

L'extraction liquide-liquide dans un appareil industriel est un processus complexe impliquant la chimie, de la dynamique des interfaces, le transfert de matière et de la mécanique des fluides. Parmi ces phénomènes, les processus de transport, qui sont dépendant de la taille, méritent une attention particulière dans le cadre des études de R&D (où la réduction d'échelle est encouragée, en particulier dans l'industrie nucléaire) et d'extrapolation. Ainsi, les écoulements dans les appareils d'extraction sont l'objet de nombreuses études, aussi bien numériques qu'expérimentales.

Nous avons choisi d'étudier les écoulements de Taylor-Couette, déjà mis à profit pour réaliser des expériences d'extraction à petite échelle [1], afin de mettre en évidence les interactions et couplages entre les propriétés hydrodynamiques et la chimie, et en particulier le mélange et de dispersion axiale.

Les écoulements de Taylor-Couette ont lieu dans l'espace annulaire entre deux cylindres concentriques, dont l'un (interne) est en rotation et l'autre (externe) fixe. Leur évolution vers la turbulence se fait à travers une succession d'instabilités hydrodynamiques [2,3]. Les différents régimes rencontrés sont susceptibles d'influencer considérablement les propriétés de mélange.

Cette séquence d'instabilités a été déterminée en utilisant une technique de visualisation. Grâce à une analyse spectrale, les Reynolds de transition et les caractéristiques des écoulements obtenus (états d'ondes) ont été identifiés. Des procédures de démarrage ont également été identifiées afin d'atteindre de manière reproduire ces différents régimes [4].

Les mécanismes de mélange locaux ont été étudiés et caractérisés par mesures PIV (vélocimétrie par image de particules) et PLIF (fluorescence induite par laser) simultanées. Un appareil spécifique, avec un entrefer suffisamment grand ($e = 11$ mm) a été spécialement conçu pour effectuer des mesures optiques précises. Les mesures PIV et PLIF ont été effectuées dans différents régimes d'écoulement : le régime des rouleaux de Taylor (Taylor Vortex Flow, TVF), et le régime ondulatoire (Wavy Vortex Flow, WVF).

Les visualisations PLIF démontrent clairement l'existence de différents mécanismes de transport, allant de la diffusion moléculaire pour le mélange

intravortex, à l'échange de véritables paquets de fluide dans le cas du mélange intervortex dans le régime WVF.

En outre, les résultats de la PLIF ont confirmé l'existence d'échanges intervortex dans le régime TVF, en particulier au voisinage des parois et dans les zones d'écoulement « entrant ».

Les simulations numériques directes (DNS) réalisées en parallèles permettent d'étendre à la direction azimutale les conclusions de cette étude expérimentale menée dans un plan méridien (r,z) de l'entrefer.

L'importance relative de chaque mécanisme, ainsi que leur évolution avec la structure de l'écoulement, ont été étudiés de façon qualitative et quantitative, confirmant ainsi les conclusions de l'étude « macroscopique » basée sur des mesures de distribution de temps de séjour (DTS) [5]. Les résultats ont notamment confirmé que, en fonction de l'histoire de l'écoulement, la présence de vagues dans le régime WVF peut avoir un effet dramatique sur le niveau de mélange, pour un même nombre de Reynolds.

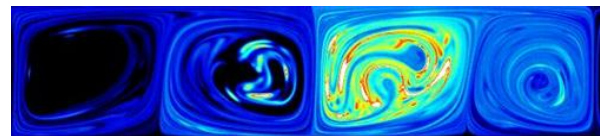


Figure 1 : Concentration instantanée (PLIF) en régime WVF

Références

- [1] M.W. Davis and E.J. Weber. Liquid-liquid extraction between rotating concentric cylinders, *Industrial and Engineering Chemistry*, 52, 1960.
- [2] D. Coles. Transitions in circular Couette Flows, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 223, 1923.
- [3] D. Andereck, S.S. Liu and H.L. Swinney. Flow regimes in a circular Couette system with independently rotating cylinders, *Journal of Fluid Mechanics*, 164, 1985.
- [4] C. Moore and C. Cooney. Axial dispersion in Taylor-Couette flow, *AIChE Journal*, 41, 1995.
- [5] M. Nemri, S. Charton, E. Climent and J.Y. Lanoë. Experimental and numerical investigation on mixing

and axial dispersion in Taylor-Couette flow patterns,
Chemical Engineering Research and Design, 2012
DOI:10.1016/j.cherd.2012.11.010.