

Mise au point d'un dispositif de trajectographie optique pour l'étude lagrangienne des écoulements dans une cuve agitée utilisée dans l'industrie pharmaceutique

Degand, A.,^{a*}, Collignon, M.L.^{a,b}, Delafosse, A.^{a,b}, Delvigne, F.^c, Thonart, P.^c, Crine, M.^{a,b}, Toye, D.^a

^aLaboratoire de Génie Chimique, Université de Liège, allée de la Chimie 3, 4000 Liège, Belgique

^bF.R.S-FNRS, rue d'Egmont 5, 1000 Bruxelles, Belgique

^cCentre Wallon de Biotechnologie Industrielle, passage des Déportés 2, 5030 Gembloux.

Mots-clés: trajectographie optique, suivi lagrangien, cuve agitée mécaniquement

Les cuves agitées mécaniquement sont très largement utilisées dans l'industrie pharmaceutique. Les performances des procédés mis en œuvre (culture de cellules animales, cristallisation, flocculation) dépendent fortement de l'environnement physico-chimique et hydrodynamique développé à l'échelle locale au sein de ces cuves. L'approche classique qui consiste à décrire l'environnement local via une approche Eulérienne n'est pas suffisante pour prédire l'impact des conditions d'agitation sur les performances du procédé. En effet, ce type d'approche permet de déterminer la distribution spatiale des grandeurs caractéristiques du procédé (vitesses du fluide, concentration, ...) et leur évolution temporelle, mais elle ne donne aucune information ni sur la succession des conditions physico-chimiques et hydrodynamiques rencontrées par chaque particule (cellule, cristal ou floc), ni même sur les distributions de temps de séjour de la particule dans ces conditions. Une information de ce type ne peut être obtenue qu'en se basant sur une approche Lagrangienne, qui consiste à décrire les trajectoires suivies par chacune des particules et à prendre en compte l'historique des conditions rencontrées par les particules.

Dans le but d'accéder à cette information lagrangienne, le Laboratoire de Génie Chimique de l'Université de Liège a développé en partenariat avec le Centre Wallon de Biologie Industrielle, un appareillage original de trajectographie optique permettant de suivre la trajectoire d'une particule de 300 µm dans une cuve cylindrique transparente de 30 cm de diamètre. Le dispositif se compose de 3 caméras (Falcon 4M60, Dalsa) disposées selon les 3 axes de l'espace, qui enregistrent les trois coordonnées spatiales de la particule à une fréquence de 60 Hz. L'éclairage uniforme et athermal de la cuve est assuré par trois panneaux backlights (Phlox) disposés sur les parois diamétralement opposées aux caméras. Le processus de fabrication de la particule (micro-encapsulation d'huile de paraffine et de charbon actif dans un gel d'alginate de calcium) permet d'ajuster la densité de la particule et sa couleur noire facilite sa détection sur les images par ombroscopie. Les images mesurées par les caméras sont analysées en cours d'acquisition, grâce à un logiciel spécifiquement développé, qui permet de n'enregistrer les paramètres (position, taille, niveau de gris moyen, ...) que d'un nombre limité d'objets détectés dans les images et susceptibles de correspondre à la particule suivie. La particule est ensuite retrouvée parmi les candidats grâce à des algorithmes développés dans Matlab et se basant sur des critères de taille et sur des considérations hydrodynamiques telles que la direction de son déplacement ou la distance maximale parcourue entre deux images. La trajectoire de la particule peut ainsi être construite point par point à partir de ses positions successives au cours du temps.

La trajectoire est ensuite superposée aux cartographies spatio-temporelles des grandeurs caractéristiques du procédé étudié, afin de déterminer la séquence de conditions rencontrées, le temps de séjour dans chaque condition, la fréquence de retour dans une condition donnée... en fonction des conditions opératoires du procédé (vitesse d'agitation, design de l'agitateur...).

* Auteur à qui la correspondance devra être adressée : alinedegand@gmail.com, mlcollignon@ulg.ac.be