

Caractérisation morphométrique d'écoulements diphasiques par analyse d'image et géométrie aléatoire

Mathieu de LANGLARD¹, Fabrice LAMADIE¹, Sophie CHARTON¹ et Johan DEBAYLE²

¹DEN/DMRC/SA2I, Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives, France

²SPIN/LGF UMR CNRS 5307, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, France

debayle@emse.fr

RESUME

Pour de nombreux procédés physico-chimiques faisant intervenir des écoulements diphasiques (extraction liquide-liquide, traitement des gaz, etc.), il est très important de quantifier des informations géométriques telles que la fraction volumique ou la distribution de taille de la phase dispersée notamment pour contrôler et améliorer leur efficacité. Dans ce contexte, cette étude porte sur la caractérisation morphométrique d'un écoulement gaz-liquide à partir d'images acquises par imagerie « ombroscopiques » en transmission. L'objectif est d'interpréter ces images afin d'en extraire des informations quantitatives (taille, forme, répartition spatiale) sur la phase dispersée.

La difficulté principale de l'analyse de ce type d'images provient de la projection 2D du milieu dispersé. En effet, les particules (bulles, gouttes, etc.) visualisées sur les images 2D ne sont que des projections d'objets 3D ; projections qui se superposent quand la quantité de phase dispersée augmente ce qui rend difficile leur identification directe et leur individualisation donc leur caractérisation géométrique. Dans cette étude des traitements d'images spécifiques ont été mis en place afin de pallier ce problème. Dans un premier temps, des méthodes de reconnaissance de forme [1, 2, 3] basées sur l'extraction d'attributs caractéristiques et d'ajustement de formes *a priori* sur des groupements de particules ont permis de caractériser des images contenant une densité de projections modérée. Ces approches présentent des limitations quand cette dernière augmente. Par conséquent, dans un deuxième temps, des méthodes basées sur la géométrie aléatoire [4, 5] ont été développées. Dans ce cas, l'idée générale est de simuler des images 2D de projection d'un modèle géométrique 3D du milieu dispersé (dont les paramètres font notamment référence au nombre, à la taille, à la forme et à la dispersion spatiale des bulles) qui soient représentatives des données réelles. Un ajustement (obtenu par optimisation numérique) avec les images acquises permet l'identification des paramètres du modèle et la granulométrie de l'image réelle est considérée comme équivalente à celle de ce modèle optimisé (dont les paramètres sont maîtrisés).

Ces deux approches (reconnaissance de forme et géométrie aléatoire) ont été validées, qualifiées et quantifiées sur des images simulées numériquement. Dans un deuxième temps, les deux méthodes ont été appliquées à un écoulement gaz/liquide (Fig. 1) au sein d'un dispositif de laboratoire, considérant différents débits de gaz (c'est-à-dire pour plusieurs tailles et densités de bulles), afin de déterminer la granulométrie de la phase dispersée (Fig. 2).

Ces premiers essais semblent montrer que l'approche par géométrie aléatoire est préférable pour la caractérisation morphométrique d'images d'écoulements diphasiques notamment car elle permet d'étudier des milieux dispersés denses et fournit une quantification 3D à partir d'images 2D. Les perspectives de ce travail concernent le développement de modèles plus flexibles dans lesquels des interactions (répulsion ou attraction) entre les particules seront prises en considération.

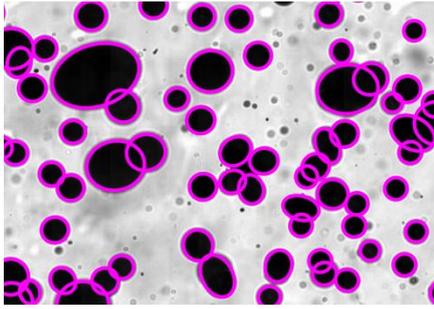
MOTS-CLES DU THEME

Mesures en ligne, Traitement des données, Descripteurs.

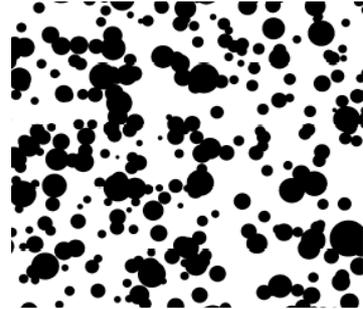
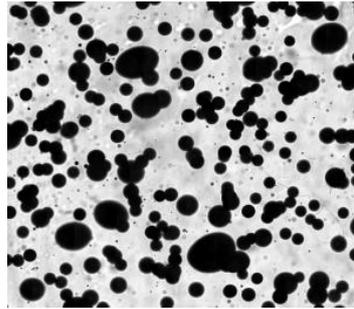
MOTS-CLES LIBRES

Analyse d'image, Ecoulement diphasique, Géométrie aléatoire, Granulométrie, Morphologie.

FIGURES



(a) *Traitement et analyse d'une image 2D pour individualiser et caractériser la forme et la distribution granulométrique du milieu dispersé.*



(b) *Modélisation d'image (côté droit) d'une image réelle 2D (côté gauche). L'image du modèle est statistiquement équivalente aux données réelles, ce qui permet indirectement d'extraire les distributions de taille et de forme du milieu dispersé.*

Fig. 1. Méthodes de reconnaissance de forme (a) et de géométrie aléatoire (b) pour la caractérisation morphométrique. Application à un écoulement diphasique gaz-liquide.

RÉFÉRENCES

- [1] M. De Langlard, H. Al Saddik, S. Charton, J. Debayle, and F. Lamadie. An efficiency improved recognition algorithm for highly overlapping ellipses: Application to dense bubbly flows. *Pattern Recognition Letters*, 101:88-95, 2018.
- [2] O. Ahmad, J. Debayle, N. Gherras, B. Presles, G. Fevotte, and J. C. Pinoli. Quantification of overlapping polygonal-shaped particles based on a new segmentation method of in situ images during crystallization. *Journal of Electronic Imaging*, 21(2):1-12, 2012.
- [3] O. Ahmad, J. Debayle, and J. C. Pinoli. A geometric-based method for recognizing overlapping polygonal-shaped and semi-transparent particles in gray tone images. *Pattern Recognition Letters*, 32(15):2068-2079, 2011.
- [4] M. De Langlard, F. Lamadie, S. Charton, and J. Debayle. A 3D stochastic model for geometrical characterization of particles in two-phase flow applications. *Image Analysis and Stereology*, 37(3):233-247, 2018.
- [5] S. Rahmani, J. C. Pinoli, and J. Debayle. Description of the the symmetric convex random closed sets as zonotopes from their Feret's diameters. *Modern Stochastics: Theory and Applications*, 3:325-364, 2016.