
Étude du mélange turbulent généré par des grilles fractales oscillantes

Ezgi Unlu*¹, Valentin Musy¹, and Tom Lacassagne¹

¹IMT Nord Europe, CERI Energie et d'Environnement – IMT Nord Europe, Institut Mines Télécom, Université de Lille, CERI Energie et d'Environnement, F-59000 Lille, France – France

Résumé

La génération de la turbulence par l'utilisation de grilles est un sujet qui attire l'attention des mécaniciens des fluides depuis plusieurs années grâce à la capacité de ces systèmes à générer un écoulement turbulent homogène, isotrope et contrôlable. Ces grilles se déclinent en plusieurs types présentant différentes propriétés d'écoulement : grilles fixes (Duda et al., 2020), fractales (Hurst et Vassilicos, 2007), actives (Hearst et Lavoie, 2015), oscillantes (Thompson et Turner, 1975 ; Lacassagne et al., 2019) ainsi que des grilles fractales oscillantes qui ont été présentées récemment par Musy et al. (2024). Leur nature fractale permet d'injecter l'énergie cinétique à plusieurs échelles. De plus, leur écoulement moyen complexe, tridimensionnel mais répétable, laisse entrevoir une bonne capacité de macro-mélange combiné au micro-mélange turbulent. Dans cette étude, afin de comprendre et d'étudier les effets de la géométrie de la grille sur la topologie de l'écoulement généré et sur la capacité de mélange, quatre grilles aux différentes géométries (simple cartésienne – référence –, 3 grilles fractales à différentes géométries) ont été utilisées. Pour la caractérisation scalaire locale de l'écoulement (écoulement moyen, fluctuations et statistiques de concentration), une méthode diagnostique optique, la PLIF (*Planar Laser Induced Fluorescence*) sensible au pH, a été employée. Cette méthode, basée sur la loi d'absorption de Beer-Lambert, consiste à utiliser un colorant fluorescent excité par une nappe laser (à 488 nm dans cette étude), qui émet de la fluorescence dont l'intensité augmente avec le pH. Pour étudier le mélange et le transport scalaire passif de la concentration (en ion (H⁺)), des solutions acides et basiques ont été préparées et injectées dans des milieux initialement basiques ou acides. Une étude de calibration a été réalisée afin de convertir l'intensité des pixels en valeurs de pH connues. Grâce à cela, la concentration instantanée ainsi que le champ de concentration moyen et fluctuant ont été déterminés. Les temps de mélange ont également été obtenus par analyse de l'évolution de l'indice de mélange en fonction du temps. Les résultats montrent que les grilles fractales présentent de meilleures performances que la grille simple – grille de référence – grâce à leur écoulement moyen plus efficace combiné au mélange turbulent. Pour compléter cette étude, le post-traitement des données provenant du couplage (PIV (*Particle Image Velocimetry*)/PLIF) et l'analyse tridimensionnelle du mélange via la PTV (*Particle Tracking Velocimetry*) sont actuellement en cours.

*Intervenant