

Sujet Stage M2

Turbulence à bas Reynolds

Laboratoire :

Laboratoire Matière et Systèmes Complexes, UMR 7057, CNRS-Université Paris-Diderot,
10 rue A. Domon et L. Duquet, 75013 Paris.

Direction : Sandra Lerouge et Charlotte Py

Financement : Oui

E-mail : sandra.lerouge@univ-paris-diderot.fr

Web : <http://www.msc.univ-paris-diderot.fr/slerouge/>

Résumé

Contrairement aux fluides simples, les fluides complexes (polymères, émulsions, mousses...) sont structurés à l'échelle « mésoscopique », intermédiaire entre l'échelle moléculaire et l'échelle macroscopique. Les tailles caractéristiques impliquées correspondent par exemple à la longueur d'enchevêtrement pour les solutions de polymères ou à la taille des bulles dans les mousses. En raison de cette taille intermédiaire et des temps caractéristiques qui lui sont associés, les fluides complexes possèdent des propriétés viscoélastiques : leur réponse à une déformation peut se décomposer en deux contributions, l'une purement élastique et l'autre purement visqueuse. Sous écoulement la microstructure d'un fluide complexe peut être facilement modifiée. Ces changements, en retour, rétro-agissent sur l'écoulement lui-même et peuvent conduire à des instabilités. Dans le cas des fluides polymériques, ces instabilités peuvent se développer même à des vitesses d'écoulement pour lesquelles les effets inertiels sont négligeables (Figure 1).

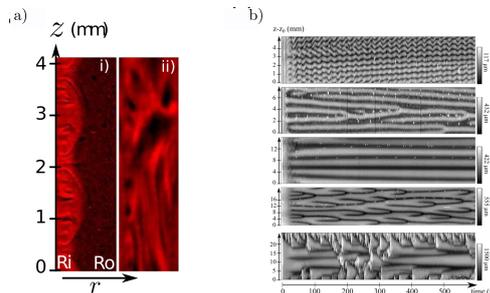


FIGURE 1 – (a) Développement de structures cohérentes et turbulence dans l'écoulement de Taylor-Couette de micelles géantes. (b) Différents motifs d'écoulement observés en fonction de la vitesse d'écoulement imposée.

Elles sont pilotées par les forces élastiques qui n'existent que sous écoulement et conduisent à des comportements dynamiques complexes, qui rappellent parfois la turbulence inertielle. Elles s'avèrent ultra-limitantes dans toutes les applications de mises en oeuvre des polymères, en particulier pendant le procédé d'extrusion qui permet la mise en forme des polymères dans l'industrie pneumatique entre autres. Par contre elles pourraient s'avérer fort-utiles pour faciliter le mélange et les transferts de chaleur à bas Reynolds, dans les applications microfluidiques en particulier. Les mécanismes qui pilotent les instabilités et la turbulence d'origine élastique (à bas Reynolds) sont encore mal connus. De plus, très peu d'études ont jusque-là considéré l'interaction entre les modes élastiques et les effets thermiques susceptibles de se développer compte-tenu des valeurs importantes des viscosités impliquées.

Au cours de ce projet, nous étudierons les instabilités et la turbulence élastique qui se développent dans les systèmes de polymères vivants dont le comportement sous écoulement peut être facilement ajusté en changeant la concentration en tensio-actifs. Il s'agira de caractériser les champs d'écoulement et de température dans différentes conditions d'écoulement et de déterminer quantitativement les forces élastiques sous-jacentes. Nous explorerons les régimes inertio-élastique et purement élastique dans des écoulements de référence (von Karman et Taylor-Couette contra-rotatif) pour comprendre l'interaction entre les effets élastiques, inertiels et thermiques. Enfin, nous envisageons de contrôler (inhiber ou générer, en fonction de l'application requise) ces instabilités en jouant sur les propriétés des surfaces limitant l'écoulement, à savoir la rugosité, la rigidité et la chimie de surface.