

Marine Thiébaud^{1*} et Thomas Bickel¹

1. LOMA Laboratoire Onde-Matière d'Aquitaine, Université Bordeaux I, Talence

* m.thiebaud@loma.u-bordeaux1.fr

Le but de l'étude est de traiter les propriétés statistiques d'une interface entre deux fluides visqueux sous l'effet du cisaillement dans une géométrie plane. Ce système stationnaire hors équilibre est assez simple pour être abordé analytiquement et est assez sophistiqué pour présenter les caractéristiques des états stationnaires hors équilibre, comme le montrent des expériences effectuées par Derks et ses collaborateurs [1]. Une interface entre deux fluides newtoniens particuliers (diamètre ~ 100 nm) a été cisailée : une diminution du déplacement quadratique moyen a été constatée.

La première partie [2] du travail consiste à formaliser la suppression des fluctuations d'une interface par les effets visqueux sous cisaillement. La méthode employée suppose la déformation de l'interface par rapport à sa configuration moyenne petite, comme lors de l'obtention des relations de dispersion. Un développement à l'ordre deux mène à une équation non-linéaire de *couplage de modes* de type Kardar-Parisi-Zhang. L'équation d'évolution temporelle de l'interface révèle que les fluctuations thermiques interfaciales sont contrôlées hors équilibre par un taux de cisaillement effectif qui diffère du taux de cisaillement appliqué. La résolution à petit cisaillement montre que l'interface présente un certain degré d'universalité dans le sens où toutes les caractéristiques du système (les deux fluides et l'interface) ainsi que le cisaillement se factorisent en un seul paramètre de contrôle noté α . Le modèle hydrodynamique aboutit à une diminution quadratique en α des fluctuations de l'interface, correction en accord qualitatif avec les mesures expérimentales [1] mais sous-estimée d'un facteur trois par rapport à ces mêmes expériences.

Dans une seconde partie [3], une analyse de stabilité de cette même interface soumise au même écoulement de Couette plan à bas nombre de Reynolds est effectuée. Il a en effet été montré qu'une interface sans tension de surface [4] est instable aussi petit que soit le nombre de Reynolds. Les tensions de surface mises en jeu dans les expériences de Derks et ses collaborateurs étant très faibles ($10^{-9} - 10^{-6}$ N.m⁻¹), la question est de quantifier les effets stabilisants de la tension de la surface et de la gravité : existe-t-il une tension de surface critique au-delà de laquelle la situation est stable à très petit nombre de Reynolds, ou la présence d'une tension de surface aussi petite soit-elle suffit-elle à stabiliser l'interface ? Suite à une dérivation du type "relation de dispersion" en supposant un grand nombre capillaire, l'étude menée a révélé que, quelque soit l'effet stabilisant - tension de surface ou gravité -, la stabilité est contrôlée par les rapports de viscosité et de densité. L'écoulement est instable seulement si le fluide le plus dense est le plus visqueux et si sa viscosité cinématique est la plus petite. Ces conditions ne sont pas vérifiées dans le cas des expériences de Derks et de ses collaborateurs présentant donc un écoulement stable pour des taux de cisaillement raisonnables.

Le modèle hydrodynamique a permis d'expliquer qualitativement la diminution des fluctuations sous l'effet du cisaillement ainsi que de poser les conditions de stabilité et d'instabilité. Les résultats expérimentaux montrent cependant une correction environ trois fois plus importante que ne l'explique le modèle hydrodynamique. Il a été vérifié à l'aide de simulations numériques que ce décalage entre les corrections observée et calculée n'est pas dû à une singularité de l'équation non-linéaire par rapport au cisaillement. Il est prévu afin de comprendre ce décalage de simuler l'interface comme une zone de transition entre deux fluides et non plus de la considérer comme une surface infiniment fine.

Références

- [1] D. Derks, D. G. A. L. Aarts, D. Bonn, H. N. W. Lekkerkerker and A. Imhof, "Suppression of Thermally Excited Capillary Waves by Shear Flow", PRL **97**, 038301 (2006).
- [2] M. Thiébaud and T. Bickel, "Nonequilibrium fluctuations of an interface under shear", PRE **81**, 031602 (2010).
- [3] M. Thiébaud and T. Bickel, "Stability of an interface with ultra-low tension in a Couette flow", Soft Matter, accepted, DOI:10.1039/C1SM05205E.
- [4] A. P. Hooper and W. G. C. Boyd, "Shear-flow instability of the interface between two viscous fluids", J. Fluid Mech. **128**, pp. 507-528 (1983)

Je souhaite concourir au prix "présentation orale" et je déclare être une chercheuse non-permanente n'ayant pas encore soutenu la thèse.