

Experimental and numerical study of buoyancy driven turbulent mixing zones

Abstract:

This thesis is devoted to the study of the production of turbulent mixing by the Faraday and Rayleigh-Taylor instability. The first part focuses on the Faraday instability for miscible fluids. After evidencing the mechanism selecting the primary wave mode, we study its sub-critical transition to turbulence. From theoretical criteria validated experimentally and numerically, we find that the wavebreaking leading to turbulence originates from a parametric secondary instability at the node of the primary wave. In the second part, the Rayleigh-Taylor instability is addressed within the framework of a new experimental facility. This original setup allows to stabilise the heavy fluid by means of a grid until the contact with the lighter fluid is made, in order to better control initial conditions. The purpose of the study is to determine, through experiments and numerical simulations, whether the classical dynamics of the Rayleigh-Taylor instability is preserved despite the presence of the grid. Most of this work focused on understanding the mechanisms responsible for the appearance of an ascending jet when contact is made between the two fluids. The model proposed confirms that the menisci curvature inside the holes, created by a pressure jump at the interface between the heavy fluid and air, is at the origin of the jet. This finding paves the way to a new setup in which the fluids pressures could be controlled precisely.

Keywords: Instabilities, mixing, turbulence, Rayleigh-Taylor, Faraday, miscible fluids, Inertial Confinement Fusion, DNS, experiment, linear stability analysis

Étude expérimentale et numérique des zones de mélange turbulent induit par des effets de flottaison

Résumé :

Cette thèse est consacrée à l'étude de la production de mélange turbulent par des instabilités de Faraday et Rayleigh-Taylor. La première partie est dédiée à l'instabilité de Faraday pour des fluides miscibles. Après avoir mis en évidence le mécanisme sélectionnant le mode de l'onde primaire stationnaire, nous étudions sa transition sous-critique à la turbulence. Nous obtenons, à partir de critères théoriques validés expérimentalement et numériquement, que la transition finale à la turbulence est causée par le déferlement venant du développement d'une instabilité secondaire paramétrique au nœud de la vague. Dans un deuxième temps, l'instabilité de Rayleigh-Taylor est étudiée à l'occasion de la mise en œuvre d'une nouvelle installation expérimentale. Ce dispositif original permet de stabiliser le fluide lourd grâce à une grille jusqu'à ce qu'il soit mis en contact avec le fluide léger, permettant un meilleur contrôle des conditions initiales. Le but de l'étude est de déterminer, grâce aux expériences et à des simulations numériques, si la dynamique classique de l'instabilité de Rayleigh-Taylor est préservée malgré la présence de la grille. Une majeure partie de l'étude a porté sur la compréhension des mécanismes responsables de l'apparition d'un jet ascendant au moment du contact entre les deux fluides. Le modèle proposé confirme que la courbure des ménisques au niveau des trous de la grille, créés par un saut de pression entre le fluide lourd et l'air, est à l'origine de ce jet. Ce résultat nous oriente donc vers l'élaboration d'un nouveau dispositif permettant de contrôler finement les niveaux de pression.

Mots-clés : Instabilité, mélange, turbulence, Rayleigh-Taylor, Faraday, fluides miscibles, Fusion par Confinement Inertiel, DNS, expérimentation, analyse de stabilité linéaire