

# Impact de la turbulence sur l'instabilité de cisaillement d'une couche de mélange diphasique

J-P. MATAS<sup>a</sup>, S. MARTY, A. CARTELLIER

LEGI-Université de Grenoble, BP 53 38041 Grenoble Cedex 9

<sup>a</sup>: [matas@legi.grenoble-inp.fr](mailto:matas@legi.grenoble-inp.fr)

## Résumé :

*Nous mettons en évidence expérimentalement l'impact de la turbulence du gaz sur l'instabilité de cisaillement d'une couche de mélange eau-air. Nous montrons via deux techniques de forçage différentes que l'augmentation du taux de turbulence conduit à une augmentation continue de la fréquence de l'instabilité. La fréquence est typiquement doublée pour un taux de turbulence de 10%. Une analyse de stabilité spatiotemporelle incluant un modèle élémentaire de viscosité turbulente permet d'expliquer cet effet.*

## Abstract :

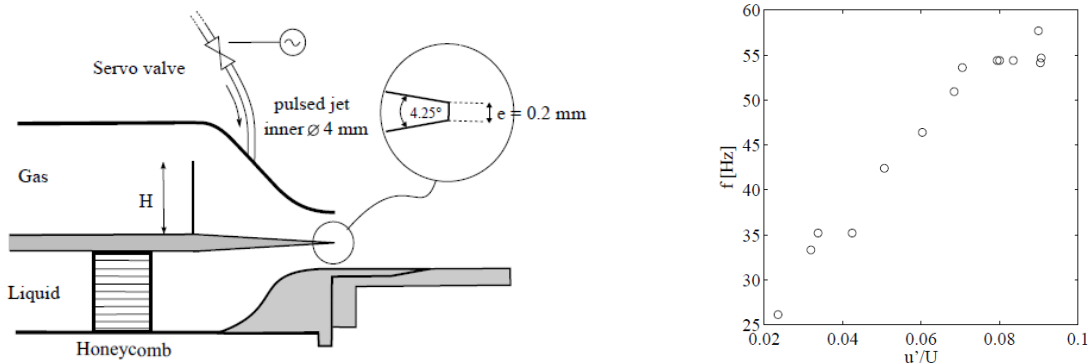
*We show experimentally how gas turbulence impacts the shear instability of a two-phase mixing layer. We show via two forcing techniques that the frequency of the instability increases continuously when the turbulence rate is increased. A turbulence intensity of 10% leads typically to a doubling of frequency. We capture this effect theoretically via a spatiotemporal stability analysis where gas turbulence is included in a simple Newtonian eddy viscosity model.*

## Mots clefs : instabilité de cisaillement, turbulence

L'instabilité d'une couche de mélange diphasique a été largement étudiée dans le contexte de l'atomisation liquide : la fragmentation d'un jet liquide en gouttes est le but de nombreuses applications liées à la combustion, et l'instabilité de cisaillement entre un liquide lent et un gaz rapide est la première étape conduisant à la déstabilisation du jet et à la formation de gouttes (1,2). Il a été mis en évidence dans les travaux antérieurs que cette instabilité de cisaillement était pilotée par l'épaisseur de vorticité gaz  $\delta$ . Des travaux plus récents ont montré que l'instabilité de cisaillement était plus précisément une instabilité absolue, avec un mécanisme soit contrôlé par la tension de surface (3) soit par le confinement des jets liquide et gaz (4). Nous montrons ici que les quantités moyennes ne sont pas suffisantes pour rendre compte des caractéristiques de cette instabilité, et qu'il faut aussi prendre en compte les fluctuations de vitesse dans le gaz.

Nous utilisons le dispositif expérimental ci-dessous, permettant de générer une nappe liquide (largeur 10 cm hauteur 1cm) et un courant gaz parallèle (mêmes dimensions). Nous utilisons deux techniques de forçage : a) un obstacle de hauteur H est placé dans le canal gaz, et le sillage derrière cet obstacle permet de générer la turbulence b) nous pouvons également injecter un jet d'air pulsé dans le

convergent gaz, et le débit dans ce jet pulsé permet de piloter le taux de turbulence dans le jet gaz final en sortie du convergent. Le taux de turbulence est caractérisé via l'anémométrie fil chaud, et permet de confirmer que les techniques ci-dessus permettent de varier le taux de turbulence à profil de vitesse moyen constant.



La fréquence de l'instabilité du liquide est mesurée à l'aide d'une sonde optique placée en sortie : la sonde optique intercepte les vagues de l'écoulement, et le spectre de ce signal fournit la fréquence dominante. Nous constatons sur la figure ci-dessus (droite) que l'augmentation du taux de turbulence conduit à une augmentation de la fréquence de l'instabilité. Ce résultat est obtenu pour plusieurs vitesses liquide et gaz, et indépendamment de la technique de forçage. Des visualisations haute cadence permettent de constater que la turbulence conduit à une diminution de la longueur d'onde, tandis que la vitesse des vagues reste constante (voir ci-dessous : à gauche taux de turbulence de 2%, à droite taux de turbulence de 9%,  $U_{\text{gas}} = 27 \text{ m/s}$  et  $U_{\text{liq}} = 0.28 \text{ m/s}$ ).



Nous réalisons ensuite une analyse de stabilité spatiotemporelle pour les points expérimentaux étudiés, et modélisons la turbulence du gaz par un modèle élémentaire de viscosité turbulente newtonienne :  $\frac{1}{2}\rho u'^2 = \eta_{\text{turb}} U_{\text{gaz}}/\delta$ . L'analyse de stabilité montre que pour les points étudiés l'instabilité est absolue, et que l'augmentation de la viscosité du gaz conduit à une augmentation de fréquence d'un ordre de grandeur analogue avec ce qui est observé expérimentalement : la fréquence est doublée pour un taux de turbulence de l'ordre de 10%, correspondant à une viscosité gaz 10 fois plus grande que la viscosité moléculaire. Ces résultats ouvrent des perspectives sur le contrôle de l'instabilité de cisaillement, et au-delà sur la formation de gouttes, via la turbulence.

## Références

- [1] A. Lefebvre, Atomization & Sprays New York Hemisphere 1989.
- [2] P. Marmottant, E. Villermaux, On Spray Formation, J. Fluid Mech. 498 73, 2004.
- [3] T. Otto, M. Rossi, T. Boeck, Viscous instability of a sheared liquid-gas interface: Dependence on fluid properties and basic velocity profile, Phys. Fluids 25 032103 2013.
- [4] J-P Matas, Inviscid vs viscous instability mechanism of a two-phase mixing layer, J. Fluid Mech. 768 375, 2015.