

ED SMAER

Sujet de thèses 2014

Laboratoire : FAST

Etablissement de rattachement : UPMC

Directeur de thèse et section CNU ou CNRS : Béatrice GUERRIER (CNRS 10)

E-mail : guerrier@fast.u-psud.fr

Codirection et section CNU ou CNRS : Sophie Mergui (CNU 60), Georg Dietze (CNRS 10)

E-mail : mergui@fast.u-psud.fr, dietze@fast.u-psud.fr

Titre de la thèse : **Films liquides tombants sur plan incliné cisailés par une contre-écoulement de gaz en milieu confiné.**

Collaborations dans le cadre de la thèse : LOCIE (Chambéry)

Rattachement à un programme : GDR 3373 « Ruissellement et films liquides cisailés »

Le sujet peut être publié sur le site web de l'ED SMAER : OUI ~~NON~~ .

Résumé du sujet :

De nombreux procédés industriels (agroalimentaire, distillation, désalinisation...) font intervenir la circulation à contre-courant d'une phase liquide et d'une phase vapeur. La déstabilisation de l'interface liquide génère des trains d'ondes qui favorisent les échanges de chaleur et de masse entre les deux phases mais la présence de ces ondes est également à l'origine du phénomène d'engorgement du système lorsque le milieu est très confiné, provoquant une chute dramatique des rendements. L'enjeu est alors d'optimiser le procédé en repoussant le point critique d'engorgement tout en maintenant un échange important entre phases. Les études expérimentales sur l'engorgement disponibles dans la littérature (essentiellement conduites en géométrie cylindrique), font apparaître une grande disparité de résultats concernant les seuils d'engorgement. Cette disparité révèle, outre le problème de la définition du critère d'engorgement, une grande sensibilité du système liquide/gaz au confinement et aux conditions d'entrées du gaz et du liquide, souvent mal contrôlées.

L'objectif de cette thèse est de caractériser, par une approche expérimentale, la dynamique d'un film liquide tombant sur un plan incliné soumis à un contre-écoulement d'air dans un canal rectangulaire très confiné, dans le cas où les conditions d'entrée des phases liquide et gaz sont parfaitement contrôlées. On s'attachera à identifier les mécanismes physiques à l'origine de l'engorgement du système dans le but de contrôler son déclenchement. Des mesures simultanées de vitesse dans les deux phases et de l'épaisseur de film par des techniques non intrusives seront réalisées.



Visualisation de la surface d'un film liquide tombant sur un plan incliné (de la gauche vers la droite) soumis à un contre-écoulement d'air.

Sujet développé (à présenter en 2 ou 3 pages maximum,
en précisant notamment le contexte, les objectifs, les résultats attendus)

D'un point de vue scientifique, la caractérisation des mécanismes physiques à l'origine du phénomène d'engorgement reste un problème ouvert et encore peu décrit dans la littérature. La grande majorité des études existant sont expérimentales et concernent des écoulements dans des tubes cylindriques. De nombreuses lois de corrélation empiriques donnant le seuil d'engorgement en fonction de paramètres caractéristiques ont été établies mais un manque flagrant d'universalité est observé (voir [1]). Cette disparité est non seulement liée à la définition du critère d'engorgement, variable d'une étude à l'autre, mais également à l'extrême sensibilité du phénomène aux conditions aux limites du système.

L'engorgement peut ainsi apparaître à partir de la formation de ponts liquides en entrée de liquide ([2]) ou de bourrelets liquides en sortie lorsque le gaz entre brutalement en contact avec le liquide ([3]). Un phénomène de blocage puis de rebroussement des ondes de surface au voisinage de la sortie du liquide par le contre-écoulement de gaz a également été observé ([4], [5]). Malgré leur disparité, ces études expérimentales tendent toutefois à identifier trois mécanismes fondamentaux participant au phénomène d'engorgement: 1) la déstabilisation de l'interface liquide/gaz, gouvernée par la dynamique des ondes de surface, 2) l'entraînement du liquide vers l'amont par le contre-écoulement de gaz, gouverné par la dynamique du film, 3) l'arrachement de gouttelettes de liquide issues de la désintégration du film liquide par le contre-écoulement de gaz.

La complexité liée au couplage de ces différents mécanismes intervenant dans les situations réelles rend la simulation numérique ou la modélisation de l'engorgement extrêmement difficile à mettre en œuvre. Récemment, des études numériques sur le comportement d'une onde solitaire en présence d'un contre-écoulement de gaz ont été menées ([6]-[8]) mais ces études ne prennent pas en compte la dynamique non linéaire du système (interaction entre les ondes et/ou interactions tridimensionnelles) inhérente aux situations réelles. Enfin, citons une étude numérique (2D) très récente ([9]) portant sur la dynamique d'un train d'onde soumis à un contre-écoulement d'air dans un espace très confiné et proposant un scénario possible de contrôle du film par un forçage adéquat pour repousser le seuil d'engorgement. Aucune de ces études ne prennent en considération l'arrachement de gouttes observé dans beaucoup d'expériences.

L'objectif de cette thèse est ainsi d'élucider, à l'aide d'expériences de laboratoires parfaitement contrôlées, quels sont les mécanismes clés qui rentrent en jeu dans le phénomène d'engorgement à partir de mesures locales fiables de vitesse dans les phases liquide et gazeuse ainsi que des mesures simultanées d'épaisseur de film.

Cette étude expérimentale s'inscrit dans une dynamique de recherche impliquant études numériques et activités de modélisation menées sur la problématique plus générale des transferts de chaleur et de masse au sein des films tombants, engagées au laboratoire FAST et au laboratoire LOCIE (Chambéry).

Déroutement du travail et approche envisagée :

Le travail s'appuiera sur un dispositif expérimental existant au laboratoire, consistant en un plan incliné sur lequel s'écoule un film liquide soumis à un contre-écoulement turbulent d'air. Le dispositif devra être adapté de façon à obtenir une configuration très confinée (canal de hauteur 5 mm). L'instabilité primaire du film liquide sera parfaitement contrôlée à l'aide d'un forçage temporel imposé à l'injection du liquide et les conditions d'entrée du gaz seront également totalement maîtrisées.

Les paramètres caractéristiques du problème seront ajustables via : l'inclinaison du plan (de 0 à 30°), le débit du liquide et du gaz, les propriétés physiques du liquide (liquides envisagés : eau, solutions de butanol, solutions de glycérine).

Des visualisations seront réalisées à l'aide d'une caméra rapide matricielle et la vitesse de phase des ondes de surface sera déterminée par caméra rapide linéaire. Les champs de vitesse dans le liquide et dans le gaz seront obtenus soit par PIV soit par LDV. L'épaisseur du film sera mesurée à l'aide de méthodes optiques non intrusives (mesures locales par CCI, champs 2D par méthode Schlieren).

Profil du candidat recherché :

Le candidat devra avoir des connaissances avancées en mécanique des fluides et instabilités hydrodynamiques, avec un goût avéré pour les études expérimentales.

Bibliographie

- [1] Jeong, J. and No, H., 1994, *Nuclear Eng. Design* **148**, 109-117.
- [2] Mouza, A., Paras, S. and Karabelas, A., 2002. *Int. J. Multiphase Flow* **28**, 1311-1331.
- [3] Vlachos, N., Paras, S., Mouza, A. and Karabelas, A., 2001. *Int. J. Multiphase Flow* **27**, 1415-1430.
- [4] Njifenju, K., 2010. *PhD thesis*, Université Pierre et Marie Curie.
- [5] Roy, R. and Jain, S., 1989. *Experiments in Fluids* **7**, 318-328.
- [6] Trifonov, Y., 2010, *Int. J. Multiphase Flow* **36**, 549-557.
- [7] Trifonov, Y., 2010, *AIChE Journal*, **56 (8)**, 1975-1987.
- [8] Tseluiko, D. and Kalliadasis, S., 2011, *Journal Fluid Mechanics*, **673**, 19-59.
- [9] Dietze, G. and Ruyer-Quil, C., 2011, *Journal Fluid Mechanics*, **722**, 348-393.