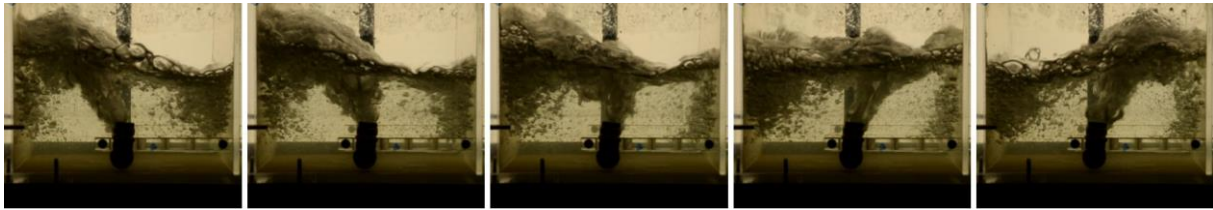


PROPOSITION DE THESE 2023-2026



Instabilités de jet dans un bain de roche en fusion

Contexte

Saint-Gobain conçoit, produit et commercialise des solutions d'isolation, qui apportent confort et performance thermique aux bâtiments, véhicules et infrastructures, tout en répondant aux défis de la construction durable et de la gestion efficace des ressources et de l'énergie. Saint-Gobain est engagé pour atteindre la neutralité carbone en 2050. Parmi les matériaux isolants, la laine de roche occupe une place centrale pour accompagner la transition énergétique. Les composants de la laine de roche sont fondus avant d'être fibrés. Une des technologies de fonte met en jeu un couplage entre jets de flammes et bain de roche fondue, déclenchant des modes de ballotement à la surface du bain. Cette instabilité représente un défi pour la conduite régulière du procédé, et il est donc nécessaire d'acquérir une compréhension détaillée de la physique du bain de verre agité.

La thèse sera co-dirigée par S. Ramanarivo, enseignante-chercheuse au LadHyX à l'école Polytechnique, spécialisée en interaction fluide-structure et en systèmes dynamiques, et S. Perrard, chercheur CNRS au PMMH, à l'ESPCI, spécialisé en écoulement turbulent et à surface libre et William Woelffel, chef de projet R&D à Saint Gobain Research Paris, spécialiste des procédés de fusion du verre.

Sujet de thèse

L'objectif de la thèse est de comprendre, par des expériences de laboratoire et des modèles physiques, les phénomènes mis en jeu lorsqu'un jet vertical impacte une surface libre. Des expériences préliminaires réalisées au LadHyX ont mis en évidence un couplage entre modes de ballotement de la cuve, et jet de surface. Bien que chaque élément pris séparément soit bien connu [1, 2], le couplage dynamique entre les deux n'a pas fait l'objet d'étude spécifique.

Après avoir identifié les nombres sans dimension pertinents, l'étudiant-e sera amené-e à concevoir des modèles expérimentaux réduits, à température ambiante dans des liquides transparents, afin de caractériser les gammes de déstabilisation de la surface par le jet. En utilisant un forçage mécanique extérieur, l'étudiant-e cherchera à comprendre séparément les équations dynamiques qui régissent l'évolution de la surface libre et du jet turbulent, en présence d'un terme de forçage. On développera ensuite des modèles physiques mettant en jeu des équations couplées entre l'écoulement à surface libre et le(s) jet(s), afin d'étudier la stabilité du système. Un volet numérique, basée sur une méthode de volume fini en 2 dimensions pourra également être envisagée, afin d'explorer dans une plus large gamme de paramètres le couplage bain / jet.

Le développement des expériences et du travail de modélisation se fera en étroite collaboration avec l'équipe de physique de la fusion au centre de R&D Saint Gobain Research Paris <https://www.sgr-paris.saint-gobain.com>, afin d'extrapoler les résultats obtenus dans des modèles réduits au cas des fours verriers à bain de roche. Les expériences de laboratoire seront réalisées au LadHyX, une participation à des expériences pilotes à Saint Gobain Research Paris pourra également être envisagée.

Profil souhaité

Titulaire d'un master 2 ou d'un diplôme d'école d'ingénieur à la fin de l'année universitaire en mécanique des fluides, physique ou modélisation. Candidat rigoureux et réfléchi, avec un intérêt pour l'expérience et une bonne capacité de synthèse.

Durée de la thèse 3 ans

Type de contrat CIFRE

Adresses

- Laboratoire d'Hydrodynamique de l'École polytechnique, École polytechnique, Route de Saclay, 91120 Palaiseau
 - Laboratoire Physique et Mécanique des Milieux hétérogènes, ESPCI - Sorbonne Université, 7 quai Saint Bernard, 75005 Paris
 - Saint-Gobain Research Paris, Groupe « Physique de la Fusion », département « Élaboration des Verres », 39 quai Lucien Lefranc, 93300 Aubervilliers
-

Contact/encadrement

- **Sophie Ramanarivo** – LadHyX – sophie.ramanarivo@ladhyx.polytechnique.fr
- **Stéphane Perrard** – PMMH – stephane.perrard@espci.fr
- **William Woelffel** – Saint-Gobain Research Paris – william.woelffel@saint-gobain.com

Références

[1] J.-M. Chyan & H.-H. Hwung (1993) *On the interaction of a turbulent jet with waves*, Journal of Hydraulic Research, 31:6, 791-810, DOI: 10.1080/00221689309498819

[2] Barile et al., *Theoretical analysis and numerical simulations of turbulent jets in a wave environment*, Phys. Fluids **32**, 035105 (2020); <https://doi.org/10.1063/1.5141039>