

Comment naissent les vagues sous l'effet du vent ?

A. Paquier, F. Moisy & M. Rabaud

Laboratoire Fluides, Automatique et Systèmes Thermiques - Bâtiment 502, Rue du Belvédère - Campus
Universitaire d'Orsay - 91405 Orsay Cedex, France
paquier@fast.u-psud.fr

La question de la formation des vagues sous l'effet du vent, bien qu'apparemment simple, a suscité un grand nombre travaux théoriques, expérimentaux et numériques. En dépit de ces nombreuses études, les détails du mécanisme de la génération et de la croissance des vagues induites par un écoulement d'air restent encore mal compris. Les modèles existant, dont les plus répandus sont ceux de Kelvin-Helmholtz, de Phillips [1] et de Miles [2], fournissent des prédictions parfois contradictoires et souvent assez éloignées de la réalité.

Afin de comprendre l'origine de la formation des premières vagues par le vent, nous avons monté une expérience nouvelle utilisant un fluide visqueux plutôt que de l'eau. Nous pensons que cette particularité simplifie le problème et peut faciliter l'identification des mécanismes clefs de la formation des vagues. Le liquide, un mélange de glycérol et d'eau trente fois plus visqueux que l'eau pure, subit les contraintes d'un écoulement d'air turbulent sur une longueur de 1.5 m. Du fait de cette viscosité élevée, l'écoulement dans le liquide reste laminaire et quasi bidimensionnel, avec un profil parabolique .

La mesure de la topographie de la surface est réalisée par la méthode optique Free Surface Synthetic Schlieren (FS-SS) reposant sur la réfraction d'un motif aléatoire de points disposé sous le canal [3]. Cette méthode non intrusive nous permet de mesurer avec une résolution micrométrique les amplitudes de déformation de la surface et ainsi d'observer les premières déformations à faible vitesse de vent. La topographie de l'interface est entièrement reconstituée sur des champs de visualisation s'étendant sur toute la largeur de la cuve et sur une longueur de 40 cm dans la direction du vent, avec une résolution temporelle suffisante pour pouvoir suivre le déplacement des perturbations de la surface du liquide.

Les données obtenues par FS-SS ont permis de mettre en évidence l'existence de deux régimes de génération de vagues à l'interface liquide-air. Les premières perturbations, à peine visibles à l'œil nu, sont observées aux plus faibles vitesses de vent. L'amplitude de ces perturbations augmente avec la vitesse du vent en suivant une loi de puissance mais elle ne croît cependant pas en fonction du fetch (la distance de liquide sur laquelle le vent souffle, dans notre cas, la distance au début de la cuve). Ces perturbations sont spatialement désorganisées et peuvent s'interpréter comme la réponse de l'interface aux fluctuations de pression de l'écoulement d'air turbulent.

Passé un seuil en vitesse de vent, les perturbations s'organisent spatialement en un état structuré de vagues quasi parallèles entre elles et perpendiculaires à la direction du vent. La longueur d'onde de ces vagues est d'ordre centimétrique. Leur amplitude augmente toujours avec la vitesse du vent mais beaucoup plus rapidement que lors du premier régime. Contrairement aux perturbations du premier régime, la hauteur de ces vagues augmente clairement en fonction du fetch.

Références

1. O. M. PHILLIPS, On the generation of waves by turbulent wind, *J. Fluid Mech.*, **2** (05), 417–445 (1957).
2. J. W. MILES, On the generation of surface waves by shear flows, *J. Fluid Mech.*, **3** (02), 185–204 (1957).
3. F. MOISY, M. RABAUD, K. SALSAC, A Synthetic Schlieren method for the measurement of the topography of a liquid interface, *Exp. Fluids*, **46**, 1021–1036 (2009).