

La croissance de taches turbulentes dans l'écoulement de Couette plan

Couliou & Monchaux

ENSTA ParisTech, 828 boulevard des Maréchaux, 91762 Palaiseau Cedex
couliou@ensta.fr

Les écoulements cisailés transitent souvent à la turbulence via un scénario sous critique impliquant une éventuelle coexistence d'écoulements laminaire et turbulent. L'écoulement de Couette plan (ECP), l'écoulement d'Hagen-Poiseuille ou encore l'écoulement de Poiseuille plan sont des exemples typiques d'écoulements où une telle transition survient. Le nombre de Reynolds, le paramètre de contrôle naturel de ces systèmes, est défini dans notre ECP comme $Re = Uh/\nu$ avec U la vitesse des parois, h la demi-distance entre les parois et ν la viscosité cinématique de l'eau. Deux nombres de Reynolds Re_g et Re_t sont particulièrement pertinents pour cette étude ; au dessus de Re_g , les taches turbulentes peuvent survivre et au dessus de Re_t , une turbulence sans motif et homogène est observable. Dans les années 90, deux équipes -une à Saclay [1] et une à Stockholm [2]- ont étudié expérimentalement la croissance de taches de turbulence en s'intéressant par exemple au taux de croissance de ces taches. Aux bords de ces dernières, des ondes se déplaçant à une vitesse inférieure de celle des taches ont été vues. Des simulations numériques [3] ont été également faites et un élément qui semble crucial a été mis en évidence : un écoulement grande échelle en forme de quadripôles se développe autour de la tache turbulente. Notre étude a pour but de comprendre les mécanismes mis en jeu au cours de la croissance d'une tache turbulente. Un montage expérimental a été réalisé pour approcher l'ECP, écoulement idéal qui se développe entre deux plaques parallèles et infinies. Une courroie en plastique relie deux cylindres dont l'un est connecté à un servo-moteur qui conduit le système. Une perle tenue par un fil horizontal permet d'effectuer une perturbation localisée, permanente et reproductible. La turbulence se développe toujours autour de la perle dans un premier temps. Des visualisations et des mesures de vitesse par PIV ont été réalisées. Une analyse des spectres spatiaux issus des champs 2D de vitesse montre deux pics d'énergie aux instants où un spot croît dans la fenêtre de PIV. L'un des pics est associé aux stries, structures typiques des écoulements turbulents cisailés et l'autre à un écoulement grande échelle. Cette séparation d'échelle nous permet de définir une longueur d'onde de coupure pour extraire les écoulements petite et grande échelle. Pour l'écoulement grande échelle, on retrouve une structure quadripolaire. Nous avons étudié l'évolution de l'amplitude de la structure grande échelle et des stries en fonction du temps et du Re . Nous pouvons conclure que dès qu'il y a coexistence laminaire-turbulent, l'écoulement grande échelle existe. Il est présent durant toute la durée de la croissance de la tache turbulente et disparaît quand la turbulence envahit totalement le domaine selon la direction longitudinale. Selon Re , différents scénarios sont possibles au regard de l'évolution simultanée de l'amplitude des stries et de l'écoulement grande échelle. Nous avons également étudié l'évolution temporelle et en fonction de Re du taux de croissance des taches turbulentes mais aussi de la vitesse des ondes aux bords de ces taches. L'ensemble de nos résultats montre que deux mécanismes sont à l'œuvre pour permettre la croissance d'une tache turbulente ; une croissance par déstabilisation au niveau de la frontière laminaire turbulente mais aussi, dans le même ordre de grandeur, une croissance globale via à un transport à grande échelle.

Références

1. O. Dauchot and F. Daviaud. Finite amplitude perturbation and spots growth mechanism in plane Couette flow. *Physics of Fluids*, 7 :335, 1995.
2. N. Tillmark and P. H. Alfredsson. Experiments on transition in plane Couette flow. *Journal of Fluid Mechanics*, 235 :89, 1992.
3. A. Lundbladh and A. V. Johansson. Direct simulation of turbulent spots in plane couette flow. *Journal of Fluid Mechanics*, 229 :499, 1991.