

Effets de taille finie en turbulence de paroi transitionnelle

joran rolland

ENSMA, Institut PPrime, UPR CNRS 3346, Chasseneuil du Poitou, France.

joran.rolland@ensma.fr

La transition vers la turbulence dans les écoulements de paroi se distingue en ce qu'elle nécessite des perturbations d'amplitude finie pour être déclenchée et qu'elle peut présenter de la coexistence laminaire-turbulence de manière quasi-permanente. En pratique, on trouve plusieurs changements de régime à des nombres de Reynolds successifs où l'écoulement passe d'un régime où seul l'écoulement de base laminaire peut exister de manière permanente quelque que soit la taille du domaine, à un régime où une coexistence laminaire turbulence peut exister, puis à un régime où seul l'écoulement turbulent finit par occuper tout le domaine.

La transition entre écoulement laminaire et coexistence laminaire-turbulente a souvent été comparée à un phénomène critique de type percolation dirigée. Il a cependant été récemment remarqué qu'une estimation directe d'exposants critiques dans un domaine de taille fini, même grand, était imparfaite [1]. Une adaptation de l'analyse en taille finie des transitions de phase aux systèmes de percolation pourrait éventuellement résoudre cette question [2]. Cette approche consiste en considérer la transition dans le système dans des domaines de taille croissante et à utiliser les lois d'échelle en taille pour remonter aux exposants. À coût donné cette approche est plus précise qu'une estimation directe, et peut aussi parfois aider à trancher quant au type de transition.

Cette communication présente une autre situation où des effets de tailles et une approche de type physique statistique sont pertinentes dans l'étude de la coexistence laminaire-turbulente. Ainsi on peut mettre en évidence des grandes déviations en limite de taille infinie des fonctions de densités de probabilités de l'énergie cinétique de la turbulence [3]. Cela indique que la probabilité d'une excursion vers un état de faible énergie cinétique, voire, le taux de probabilité d'effondrement de la turbulence suit une telle loi d'échelle. Cela a été vérifié extensivement dans des modèles de turbulence de paroi transitionnelle, numériquement et théoriquement, à l'aide de techniques dédiées à l'étude des événements rares [4]. Cela suppose que l'on considère l'effondrement de la turbulence à sa fraction turbulente naturelle, mais cela a aussi des conséquences sur l'effondrement des bouffées turbulentes isolées dans ces modèles.

L'effondrement de la turbulence et les "bas" nombres de Reynolds ne sont pas les seules situations où des effets de taille particuliers se manifestent. Lors de la transition entre coexistence laminaire-turbulente et turbulence de paroi, on note deux crossovers successifs [5]. Le premier, à R_t^- , concerne les écoulements deux dimensions comme Couette plan, efface la brisure de symétrie qui conduit à deux orientations pour des bandes laminaire turbulente, et montre un comportement de type phénomène critique pour toutes les tailles de domaine examinées jusqu'à présent. le second crossover, à R_t^+ , correspond à un saut lisse de l'énergie cinétique turbulente. Cela peut être décrit par une transition de phase du premier ordre lissée par une densité finie de fronts entre les deux phases (coexistence et entièrement turbulent), qui peut être analysée théoriquement. Cette analyse laisse entendre qu'un tel désordre spatial pourrait impacter la première transition dans de très grands domaines [1].

Références

1. M. Chantry, L. S. Tuckerman, D. Barkley, J. Fluid Mech. **824**, R1 (2017).
2. W. Ettoumi, J. Kasparian, J.-P. Wolf, Phys. Rev. Let. **114** 063903 (2015).
3. J. Rolland, Eur. Phys. J. B **88** : 66 (2015).
4. J. Rolland, hal-01657300 (2017).
5. J. Rolland, arxiv :1801.04493 (2018).