Relaminarisations rares dans un modèle de turbulence de paroi transitionnelle : au delà des expériences et simulations numériques directes

Joran Rolland[1]

Goethe Universität Frankfurt, Altenhoferallee 1, D60348, Frankfurt, Allemagne
rolland@iau.uni-frankfurt.de

La transition vers la turbulence dans les écoulements de paroi, tels que l'écoulement de Poiseuille dans une conduite, l'écoulement de Couette plan, la couche limite, se distingue notablement des séries de bifurcations et d'instabilités linéaires que l'on retrouve par exemple dans la convection thermique. L'écoulement de base est linéairement stable à des Reynolds bien au delà du seuil de transition. En conséquence, des perturbations d'amplitude finie sont nécessaires pour créer de la turbulence. On peut de plus constater de la coexistence spatiale et temporelle entre écoulement laminaire et écoulement turbulent. Une autre caractéristique est que dans le régime transitionnel, des relaminarisations de tout ou partie de l'écoulement sont observées. La turbulence est alors caractérisée par son temps de vie moyen T [1,2]. Cela peut rendre la turbulence de paroi très intermittente. Comprendre et savoir modéliser cette intermittence est fondamental pour comprendre les couches limites planétaires stables par exemple [3].

Bien qu'il soit clair que le temps de vie moyen de la turbulence T croisse au moins exponentiellement avec le nombre de Reynolds, la dépendence exacte de $\ln(T)$ en R n'est pas entièrement bien connue pour tous les écoulements de paroi. De plus, lorsque l'écoulement a sa fraction turbulente naturelle, la dépendence de T avec la taille du domaine est très partiellement connue [2]. Le principal frein à ces investigations est l'extrême longueur de T. Connaître précisement $T(R,L)$ permettra de confronter les explications proposées pour la physique des relaminarisations.

Un moyen de calculer $T(R,L)$ efficacement est de reformuler le problème en la recherche d'un évènement rare. On peut alors utiliser des méthodes numériques dédiées pour obtenir $T(R,L)$ [4]. Le cadre théorique de l'étude de ces excursions rares peut être utilisé pour interpréter la dépendence de $T(R,L)$ [5]. Je présenterai une étude de ce type réalisée sur un modèle de l'écoulement de poiseuille dans une conduite [1]. Le corps de l'étude concernera le calcul systématique de $T(R)$ pour les bouffées turbulentes isolées et $T(R,L)$ dans les conduites ayant une fraction turbulentes naturelle. Je proposerai une interprétation du comportement de $T(L)$ selon les valeurs de L. J'illusterai finalement l'application de ces méthodes à l'étude du dédoublement d'une bouffée turbulente ou du développement de la turbulence dans une conduite laminaire perturbée. Ces résultats pourraient servir de guide pour des études similaires dans des simulations numériques directes [2].

Références

1. D. Barkley, *Modeling the transition to turbulence in shear flows*, J. Phys. : Conf. Ser. **318**, 032001 (2011).
2. T. M. Schneider, B. Eckhardt, *Lifetime statistics in transitional pipe flow*, Phys. Rev. E **78**, 046310 (2008).
3. C. Ansorge, J. P. Mellado, *Global intermittency and collapsing turbulence in the stratified planetary boundary layer* Boundary-Layer Meteorol. **153**, 89–116 (2014).
4. F. Cérou, A. Guyader, *Adaptative multilevel splitting for rare event analysis*, Stochastic analysis and application, **25**, 417–443 (2007).
5. J. Rolland, F. Bouchet, E. Simonnet, *Computing transition rates for the 1-D stochastic Ginzburg– Landau–Allen–Cahn equation for finite-amplitude noise with a rare event algorithm*, J. Stat. Phys. **162**, 277–311 (2016)