

Méthodes d'évènements rares pour l'effondrement et le développement de la turbulence de Couette plan

Joran Rolland

Laboratoire de Physique de l'ens de Lyon
joran.rolland@ens-lyon.fr

L'écoulement de Couette plan est l'écoulement d'un fluide newtonnien entre deux parois planes parallèles séparées de $2h$ en mouvement à vitesse $\pm U$. Cet écoulement est intéressant car c'est un prototype de beaucoup d'écoulements de paroi (conduites, artères pulsées à géométrie variable, couches limites aérodynamiques et planétaires stables *etc.*) en ce qui concerne le mode de transition vers la turbulence. La transition est contrôlée par le nombre de Reynolds $R = Uh/\nu$ avec ν la viscosité cinématique du fluide. L'écoulement de base est linéairement stable pour tout nombre de Reynolds. Cependant, la turbulence peut exister dès que le nombre de Reynolds est plus grand que quelques centaines $R \gtrsim 325$. Ce comportement sous critique va de paire avec la possibilité de faire coexister en espace écoulement laminaire et turbulent (de manière quasipermanente si $325 \lesssim R \lesssim 400$), et l'existence de "points cols" dans l'espace des phases entre écoulement laminaire et écoulement turbulent. Ce dernier point implique qu'il faut soit des perturbations d'amplitude finie pour déclencher la turbulence, soit imposer un forçage à l'écoulement laminaire et suivre sa réponse entièrement non-linéaire. D'autre part, la turbulence peut avoir un temps de vie fini (mais très grand devant le temps de retournement) si le domaine de l'écoulement a une taille finie.

Tous ces ingrédients font que l'on peut étudier la turbulence de paroi transitionnelle sous la forme d'un problème de multistabilité. Pour capturer clairement toutes les étapes du développement de la turbulence lorsque l'écoulement laminaire est forcé, il est nécessaire de réduire la variance dudit forçage. Cela rend les transitions très rares. De manière similaire, le temps de vie de la turbulence augmente au moins exponentiellement en Reynolds et en taille de domaine : les relaminarisations sont elles aussi extrêmement rares. Dans cette communication, je présente l'utilisation d'une méthode d'étude d'évènements rares, l'Adaptive Multilevel Splitting [1], adaptée sur l'écoulement de Couette plan pour étudier la physique du développement de la turbulence sous forçage et son effondrement sous l'effet de ses propres fluctuations. La méthodologie et les quantités physiques suivies sont guidées par une étude numérique et théorique de ces évènements dans des systèmes modèles des écoulements de paroi [2].

Ainsi, je montrerai que la trajectoire allant de l'écoulement laminaire vers la turbulence prend la forme d'un instanton lorsque la variance du forçage tend vers 0 : le système se dirige vers un point col puis relaxe de manière déterministe vers la turbulence. Le point col choisi (qui a des propriétés d'*edge state* [3]), et la trajectoire suivie une fois qu'il est franchi, ne dépendent pas de la forme du forçage : le seul paramètre de contrôle est le taux d'injection d'énergie. Je montrerai ensuite comment adapter les méthodes d'études d'évènements rares à la question de la relaminarisation [4]. Je montrerai les premières déterminations du "point de sortie" et de la dépendance du nombre du temps de vie de la turbulence en nombre de Reynolds et taille de domaine.

Références

1. F. Cérou, A. Guayder, Stoch. An. Appl. **25**, 417–443 (2007).
2. J. Rolland, Phys. Rev. E, **97**, 023109 (2018).
3. T. Schneider, B. Eckhardt, J. A. Yorke, Phys. Rev. Lett. **99**, 034502 (2007).
4. T. Lestang, F. Ragone, C.-E. Bréhier, C. Herbert ; F. Bouchet, J. Stat. Mech. **2018**, 043213 (2018).