

États transitoires dans l'écoulement de Couette plan

Monchaux Romain¹ & De Souza David¹

IMSIA, ENSTA ParisTech, CNRS, CEA, EDF, Institut Polytechnique de Paris, 828 Boulevard des Maréchaux, 91762 Palaiseau Cedex, France
 monchaux@ensta.fr

Les écoulements cisailés de paroi sont le siège d'une transition à la turbulence complexe du fait de son caractère sous-critique [1]. Cette transition constitue l'un des plus vieux problèmes ouverts de la mécanique et la comprendre davantage ouvrirait la voie à des stratégies de contrôle. Dans le voisinage du seuil de transition, la dynamique des zones turbulentes met en jeu un grand nombre d'échelles temporelles et spatiales. Comme ces structures turbulentes sont advectées à la vitesse débitante moyenne, la plupart des dispositifs expérimentaux ne permettent pas de les étudier sur des temps longs. Nous utilisons un dispositif de Couette plan à deux parois mobiles pour lequel la vitesse débitante est nulle [3] et nous pouvons donc analyser les structures turbulentes sur des temps arbitrairement longs. Les mesures sont réalisées à l'aide de vélocimétrie par Imagerie de particules à haute résolution spatiale qui nous permettent d'avoir accès à toutes les échelles temporelles et spatiales de l'écoulement considéré. Notre étude se concentre sur le régime transitionnel pour lequel zones laminaires et turbulentes coexistent dans l'espace physique. Nous cherchons à caractériser les états stationnaires (s'ils existent) dans ce régime transitionnel. Pour ce faire, nous préparons l'écoulement dans un état uniformément turbulent à un nombre de Reynolds initial $R_i = 480$ puis nous abaissons le nombre de Reynolds à un rythme donné $\Delta R/s$ jusqu'à un nombre de Reynolds final R_f . La fraction de l'espace physique qui est dans l'état turbulent (la fraction turbulente) est mesurée en fonction du temps pour permettre un suivi global de la dynamique complexe sur plusieurs milliers de temps d'advection. Nous posons les questions suivantes : (i) le système relaxe-t-il sur des états asymptotiques donnés, et si oui, de quoi dépendent les états observés (R_f , $\Delta R/s, \dots$) ? (ii) indépendamment de ces éventuels états asymptotiques, quelles sont les caractéristiques de la dynamique y conduisant ? Nous avons fait varier les deux paramètres de contrôle de notre système dans une large gamme : R_f entre 300 et 410 (pour $R > 300$ la turbulence ne se maintient jamais, pour $R > 410$, l'écoulement est uniformément turbulent); $\Delta R/s$ entre 0.3 et 1000. Nous montrons qu'un état asymptotique semble toujours être atteint par le système et que cet état ne semble dépendre que de R_f , du moins en ce qui concerne sa fraction turbulente. La dynamique de retrait de la turbulence dépend elle en revanche fortement de $\Delta R/s$. En particulier, nous montrons que dans environ la moitié de nos expériences la dynamique de retrait ralentit sur des états transitoires pour lesquels la fraction turbulente reste statistiquement stationnaire. Ces états sont associés à des valeurs quantifiées de la fraction turbulente (typiquement 5%, 10%, 30% et 50%) autour desquelles le système fluctue pendant un temps arbitrairement long avant de relaxer vers l'état asymptotique ou vers un autre état stationnaire de fraction turbulente éventuellement plus élevée. Si ces états transitoires avaient déjà été mentionnés brièvement dans la littérature[2], nous en proposons ici une caractérisation complète et nous soulevons des questions concernant leur nature et particulièrement leur lien avec la topologie de l'espace des phases.

Références

1. F. Daviaud, J. Hegseth, and P. Berge. Subcritical transition to turbulence in plane couette flow. *Physical Review Letters*, 69 :2511–2514, 1992. N. Tillmark and P. H. Alfredsson. Experiments on transition in plane Couette flow. *Journal of Fluid Mechanics*, 235 :89–102, 1992.
2. A. Prigent and O. Dauchot. Transition to Versus from Turbulence in Subcritical Couette Flows. In T Mullin and R. Kerswell, editors, *IUATM Symposium on laminar-turbulent transition and finite amplitude solutions*, pages 195–219, 2005.
3. M Couliou and R Monchaux. Spreading of turbulence in plane couette flow. *Physical Review E*, 93(1) :013108, 2016.