

Perturbations non-linéaires optimales dans un écoulement de Couette plan

Yohann Duguet¹, Luca Brandt², & Robin B. Larsson²

¹ LIMSI-CNRS, UPR 3251, 91403 Orsay, France

² KTH Mechanics, Linné Flow Centre, Osquars Backe 18, SE-10044 Stockholm, Suède
duguet@limsi.fr

Dans de nombreux écoulements cisailés, la transition vers la turbulence s'observe en l'absence d'instabilité linéaire de l'écoulement de base. Nous nous proposons d'étudier numériquement les mécanismes qui permettent d'initier un écoulement turbulent avec une perturbation initiale de moindre énergie [1]. L'exemple choisi est celui d'un écoulement de Couette plan incompressible entre deux parois planes se déplaçant parallèlement avec des vitesses opposées. Le nombre de Reynolds est de 400, et le domaine de calcul est une cellule tridimensionnelle périodique de taille comparable au Minimal Flow Unit, la taille critique pour qu'un écoulement turbulent puisse se maintenir. Cette perturbation est recherchée comme une superposition de modes linéaires optimaux, dont l'amplification linéaire transitoire est maximale [2]. Un algorithme d'optimisation non-linéaire de l'énergie initiale met en évidence le rôle prépondérant des modes 'obliques' par rapport aux perturbations essentiellement bidimensionnelles [3]. Le scénario complet de la transition peut être suivi dans l'espace de Fourier associé : interactions nonlinéaires et croissance transitoire des modes excités amènent l'écoulement au voisinage d'un état non-linéaire non identifié auparavant [4]. Il s'agit d'un écoulement stationnaire dominé par des streaks de faible amplitude. Cet état limite (*edge state*) instable est la dernière étape cohérente avant d'atteindre l'état turbulent. L'énergie critique des perturbations initiales de type oblique ou longitudinal est aussi étudiée en fonction du nombre de Reynolds et de la longueur du domaine de calcul. Des calculs avec une bonne résolution numérique suggèrent un seuil critique évoluant comme $E_c = O(Re^{-2})$, en accord avec plusieurs prédictions théoriques [5,6,7].

Références

1. C. Cossu, An optimality condition on the minimum energy threshold in subcritical instabilities, *Comptes Rendus Mécanique*, **333**, 4, 331 2005.
2. S.C. Reddy and D. S. Henningson, Energy growth in viscous channel flows, *Journal of Fluid Mechanics*, **252**, 209-238, 1993.
3. P.J. Schmid, D.S. Henningson, A new mechanism for rapid transition involving a pair of oblique waves, *Phys. Fluids*, **4**(9), 1992.
4. T. M. Schneider, J. F. Gibson, M. Lagha, F. De Lillo and B. Eckhardt, Laminar-turbulent boundary in plane Couette flow, *Phys. Rev. E*, 037301 (2008).
5. J.S. Chapman, Subcritical transition in channel flows, *Journal of Fluid Mechanics*, **451**, 35, 2002.
6. F. Waleffe, J. Wang, Transition Threshold and the Self-Sustaining Process, IUTAM Symposium on Laminar-Turbulent Transition and Finite Amplitude Solutions, Springer, Dordecht, 2005.
7. B. Hof, A. Juel and T. Mullin, Scaling of the turbulence transition threshold in a pipe, *Phys. Rev. Lett.*, **91**, 244502, 2003.