

# Écoulement de Couette plan transitionnel : phénomène critique ou désenchevêtrement homocline ?

Paul Manneville

LadHyX (CNRS UMR 7646) École Polytechnique, F-91128 Palaiseau  
paul.manneville@ladhyx.polytechnique.fr

En toute généralité, les bifurcations entre régimes d'écoulement sous-critiques sont marquées par la coexistence d'états et l'hystérésis, la transition d'un régime à l'autre étant contrôlée par des processus de nucléation. L'écoulement de Couette plan, linéairement stable pour tout nombre de Reynolds  $R$ , transite de l'état laminaire *directement* vers la turbulence par nucléation de poches turbulentes qui n'ont qu'une durée de vie finie pour  $R < R_g \simeq 325$  et une probabilité finie ( $< 1$ ) de durer indéfiniment pour  $R > R_g$ . À l'inverse, un écoulement turbulent préparé pour  $R = R_i \gg R_g$  et porté rapidement à une valeur  $R = R_f$  («trempe») plus basse relaxe tout en restant turbulent tant que  $R_f > R_g$  mais relaxe vers l'état laminaire avec probabilité 1 pour  $R_f < R_g$  après un transitoire plus ou moins long [1]. Les expériences de S. Bottin [2] ont montré que, pour des séries de trempes préparées de la même façon, les temps de relaxation suivaient une distribution exponentiellement décroissante,  $\Pi(\tau_{tr} > \tau) \propto \exp(-\tau/\langle\tau_{tr}\rangle)$ , dont le temps caractéristique  $\langle\tau_{tr}\rangle$  est une fonction de  $R_f$  divergeant en  $R_g$  comme  $1/(R_g - R_f)$ . La modélisation du phénomène au moyen de réseaux d'itérations couplées par H. Chaté [2] avait montré le même comportement qualitatif mais avec un temps caractéristique divergeant comme  $1/(R_g - R_f)^2$ .<sup>1</sup>

Suspectant que la modélisation par réseaux d'itérations, dans l'esprit de l'intermittence spatio-temporelle à la Pomeau [3], soit trop idéalisée, nous avons cherché à développer une modélisation plus proche des équations de Navier–Stokes, dans un premier temps avec des conditions aux limites non-réalistes de glissement aux parois [4] puis corrigée pour tenir compte de conditions aux limites réalistes de non-glissement [5]. La simulation du système d'EDPs ainsi obtenu par une méthode de Galerkin montre un comportement semi-quantitativement identique à l'expérience avec un  $R_g$  trop bas d'un facteur 2 seulement —imputée à une sous-estimation notable de la dissipation visqueuse— mais avec divergence du temps caractéristique en  $1/(R_g - R_f)$  comme dans l'expérience.

Des résultats récents sujets à polémique concernant le problème voisin de la transition de l'écoulement de Poiseuille dans un tuyau par «*turbulent puffs/slugs*» [6] [divergence algébrique en  $R_g$  pour Peixinho & Mullin (2006) et Willis & Kerswell (2007) ; croissance exponentielle avec  $R$  associée à un enchevêtrement homocline pour Hof *et al.* (2006)] et le fait que Hof *et al.* réinterprètent les résultats de S. Bottin pour affirmer l'absence de caractère critique en  $R_g$  nous conduisent à reprendre l'étude statistique de notre modèle pour : (1) affiner la statistique, (2) rendre compte d'éventuels effets de taille finie et (3) tenter d'interpréter la différence observée entre les résultats obtenus sur réseaux d'itérations couplées et avec les EDPs couplées.

## Références

1. Pour une revue du problème, consulter : P. Manneville, *Instabilités, chaos et turbulence* (Éd. École Polytechnique, 2004), Chap. 6, et plus particulièrement § 6.3.4.
2. S. Bottin, H. Chaté, Eur. Phys. J. B **6** (1998) 143–155.
3. Y. Pomeau, Physica D **23** (1986) 3–11.
4. P. Manneville, dans *Rencontres du Non-Linéaire 2000*, Y. Pomeau, R. Ribotta, eds. (Paris Onze Éditions, Orsay) pp. 123–128. F. Locher, P. Manneville, C.R. Acad. Sci. Paris **328** Serie IIb (2000) 159–164.
5. M. Lagha, P. Manneville Eur. Phys. J. B, soumis, 2006. M. Lagha, Thèse École Polytechnique, déc. 2006.
6. J. Peixinho, T. Mullin, Phys. Rev. Lett. **96** (2006) 094501. B. Hof *et al.* Nature **443** (2006) 59–62. A.P. Wallis, R.R. Kerswell, Phys. Rev. Lett. **98** (2007) 014501.

<sup>1</sup>  $R$  n'est pas ici le nombre de Reynolds mais simplement le paramètre de contrôle du modèle.