

Analyse taille finie d'une crise de fluctuation dans l'écoulement de Couette plan transitionnel

J. Rolland

IAU, Frankfurt Universität, Altenhöferallee 1, Frankfurt
rolland@iau.uni-frankfurt.de

L'écoulement de Couette plan, comme de nombreux autres écoulements de paroi, nécessite des perturbations d'amplitude finie pour développer de la turbulence. Une des conséquences est que la turbulence peut être localisée en espace et en temps. Si le nombre de Reynolds R , le paramètre de contrôle de l'écoulement, est dans une gamme $[R_g; R_t]$, la fraction turbulente de l'écoulement atteint un régime statistiquement permanent, avec une moyenne croissant continuellement [1,2]. Dans ce régime, la turbulence est modulée sinusoidalement et s'organise en bandes obliques alternativement laminares et turbulentes.

Ces bandes sont loin d'être permanentes, en particulier lorsque R approche R_t . Si le domaine ne contient qu'une seule longueur d'onde, on peut assister à des fluctuations d'orientation, avec un temps de résidence dans l'une ou l'autre orientation suivant une loi de type Arrhenius [2]. De manière concomitante, on observe la décroissance de l'amplitude de la modulation de la turbulence, mesurée par un paramètre d'ordre M , ainsi qu'un maximum des fluctuations de M . Ce type de comportement est très semblable à la crise de fluctuations observée dans l'écoulement de Von-Karman [3].

Le comportement de l'écoulement de Von Karman, en turbulence développé, semble mieux décrit par une physique statistique hors d'équilibre, avec un flux de probabilité clairement identifié. Cependant, lors de la crise dans Couette, l'amplitude de la modulation de la turbulence M se comporte en très bonne approximation comme un système à l'équilibre. Entre autres, les corrélations en temps du paramètre d'ordre sont de type Ornstein-Uhlenbeck [4], et sa moyenne suit une loi de puissance en R de type champ moyen [2]. Il apparaît que dès que R est suffisamment loin de R_g , des quantités moyennées en espace de ce type sont gaussiennes : leur fonction de grandes déviations est parabolique (dans la limite de taille allant vers l'infini) [4]. Cela motive donc une étude numérique de la crise de fluctuations dans le même esprit que l'étude d'une transition de phase à l'équilibre, en faisant une analyse en taille finie. La démarche consiste en le suivi de la fonction de réponse du paramètre d'ordre χ_L autour de R_t . On mesure son maximum, ainsi que le Reynolds $R_{t,L}$ auquel il est atteint, dans des systèmes de tailles croissantes. Leur dépendance en la taille est ensuite comparée à des lois faisant apparaître d'éventuels exposants critiques.

Les données actuelles indiquent que la taille pertinente est la surface $L_x L_z$ du système, sans effet du rapport d'aspect L_x/L_z . Il apparaît une croissance du maximum de la fonction de réponse avec $L_x L_z$, tandis que le Reynolds auquel il est atteint semble converger vers une valeur asymptotique. Dans des systèmes contenant plusieurs longueurs d'onde de bandes, la crise de fluctuations correspond non plus à des saut d'orientations, mais à une coexistence en espace des deux orientations possible. Cela avait déjà été observé dans des expériences de laboratoire [1]. Dans la phase désordonnée, $R > R_{tL}$ où les bandes ne sont plus visibles à l'oeil, la moyenne du paramètre d'ordre et la fonction de réponse suivent des lois de type champ moyen typique $\propto 1/\sqrt{L_x L_z |R - R_{tL}|}$. Cela correspond au fait que la modulation de la turbulence ne disparaît pas entièrement et que la fraction turbulente reste strictement inférieure à 1. *Des simulations complémentaires sont en cours au centre de calculs interactifs de l'université de Nice, CICADA.*

Références

1. A. Prigent, G. Grégoire, H. Chaté, O. Dauchot, W. van Sarloos, Phys. Rev. Lett. **89** 014501 (2002).
2. J. Rolland, P. Manneville, Eur. Phys. J B **80**, 529–544 (2011), J. Stat. Phys. **142**, 577–591 (2011).
3. P.P. Cortet, E. Herbert, A. Chiffaudel, F. Daviaud, B. Dubrulle, V. Padilla, J. Stat. Mech, P07012 (2011).
4. J. Rolland, Eur. Phys. J B, *sub judice*, thèse de doctorat (2012)).