



Conf'luences de l'IMFT

IMFT Salle J. Nougaro

Le 7 février 2007 à 10H30

Image: S. Bottin, 1998.

T **RANSITION** **VERS LA TURBULENCE:**

PROBLÈME

DÉJÀ BIEN COMPRIS

OU ENCORE

TRÈS OUVERT ?

PAUL MANNEVILLE

paul.manneville@ladhyx.polytechnique.fr

Augmentant de façon considérable les transferts en tout genre, la turbulence autour de nous a des effets importants qu'il faut contrôler, soit pour les éviter, soit pour les encourager. De Reynolds et Bousinesq (fin-XIXème) en passant par Prandtl, Kolmogorov ou Landau (mi-XXème) jusqu'à Ruelle & Takens (1971), les problèmes semblaient s'être progressivement éclaircis, au moins sur un plan conceptuel. Le mélange inhérent à l'idée de turbulence paraissait en effet bien pris en compte par la notion de chaos, les travaux sur les scénarios expliquant de leur côté la transition vers une dynamique toujours plus complexe. En pratique les choses sont moins idylliques car ces scénarios supposent l'existence de modes d'instabilité manipulables analytiquement (ou presque!), ce qui n'est possible que dans un contexte faiblement non-linéaire où l'on peut travailler par une cascade d'approches en perturbation, pour autant que l'on ait affaire à des systèmes dynamiques de dimension finie.

Exemple archetypal, la convection reste un cas relativement simple car le régime convectif se substitue continûment au régime diffusif (bifurcation super-critique) mais il arrive que deux solutions non-triviales localement stables puissent coexister, et que la façon d'installer le système dans l'une ou l'autre devienne cruciale (hystérésis à une bifurcation sous-critique). Des difficultés s'ajoutent encore quand on considère les écoulements ouverts typiques des situations turbulentes, caractérisés par leur paramètre de contrôle naturel, le nombre de Reynolds R . Une première distinction s'opère entre les écoulements présentant un point d'inflexion, en général instables pour R petit à modéré (Kelvin-Helmholtz) et super-critiques, et ceux qui en sont privés, potentiellement voués à la coexistence et la sous-criticalité car s'ils sont éventuellement instables pour $R \gg 1$ (Tollmien-Schlichting), le corollaire en est la possibilité de trouver des solutions non-linéaires non-triviales des équations de Navier-Stokes à nombre de Reynolds intermédiaire. D'autres difficultés sont naturellement et directement associées à la présence d'un transfert de l'amont vers l'aval : Les instabilités qui se développent peuvent être emportées par le courant si elles sont trop faibles ou au contraire remonter le courant et envahir la totalité du domaine si elles sont plus fortes. Des écoulements stables peuvent même voir certaines perturbations s'amplifier avant de décroître ce qui, combiné à la coexistence évoquée plus haut, peut provoquer une transition sauvage vers la turbulence. Toutes ces propriétés ne sont pas indépendantes les unes des autres mais au contraire interfèrent de façon complexe. Nous essaierons de broser le tableau le plus clair et le plus synthétique possible de l'état actuel des connaissances sur ce sujet. L'écoulement de cisaillement simple (Couette plan), stable vis à vis de perturbations infinitésimales pour tout nombre de Reynolds, transite de façon "sauvage" vers la turbulence par nucléation de poches turbulentes.