

Quelques mesures expérimentales autour de la transition dans la couche limite produite par un disque en rotation

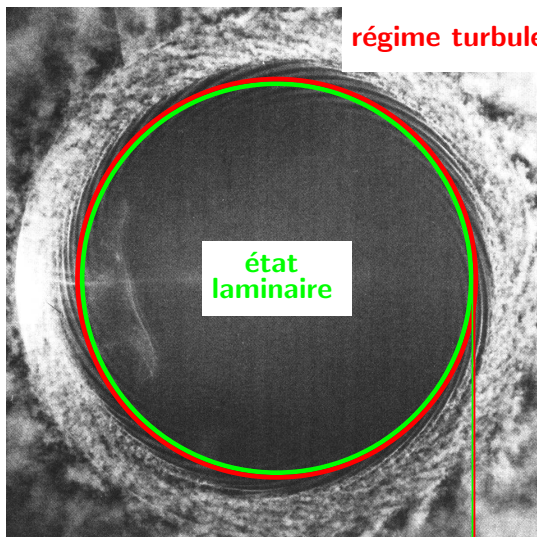
Benoît PIER



Laboratoire de mécanique des fluides et d'acoustique
CNRS — Université de Lyon
École centrale de Lyon, France



1er avril 2008



(Kohama 1984)

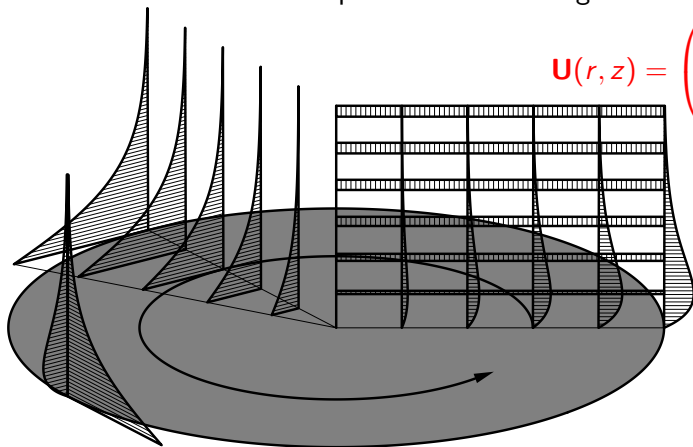
transition à $R_c \simeq 500\delta$

- Transition brusque laminaire–turbulent
- Dynamique exacte de la région de transition ?
- Instabilités primaire et secondaire
- Instabilités convective et absolue
- Fréquences intrinsèques ?
- Type de turbulence ?

Écoulement de base autosimilaire

pas d'échelle de longueur caractéristique

$$\mathbf{U}(r, z) = \begin{pmatrix} rU(z) \\ rV(z) \\ W(z) \end{pmatrix}$$



épaisseur constante de la couche limite $\delta = \sqrt{\frac{\nu}{\Omega}}$

Résultats théoriques

- $R < R^{sc} \simeq 284$ stabilité :
atténuation de toutes les perturbations
- $R^{sc} < R < R^{ca}$ instabilité convective :
amplification spatiale des perturbations extérieures
(imperfections du disque, fluctuations extérieures, vibrations. . .)
- $R > R^{ca} \simeq 507$ instabilité absolue :
croissance des perturbations à r fixé
 ~> fluctuations d'amplitude finie auto-entretenu
 ~> train d'ondes non linéaires à $\beta = 68$ et $\omega \simeq 50.5\Omega$
 ~> instabilités secondaires ~> transition

Avantages et inconvénients de cette configuration

- Couche limite 3D générique
→ représentative de nombreuses configurations pratiques
- Solutions autosimilaires
→ pas besoin d'étude paramétrique
- Grande séparation des échelles : $R_{transition} \simeq 500\delta$
→ analyse en échelles multiples tout à fait légitime

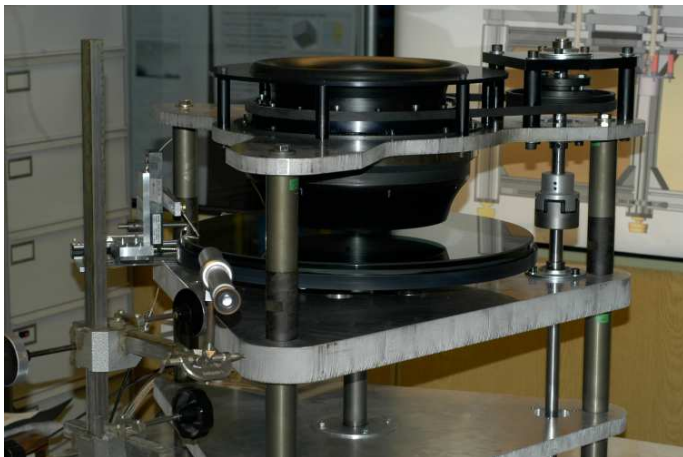
Avantages et inconvénients de cette configuration

- Couche limite 3D générique
→ représentative de nombreuses configurations pratiques
- Solutions autosimilaires
→ pas besoin d'étude paramétrique
- Grande séparation des échelles : $R_{transition} \simeq 500\delta$
→ analyse en échelles multiples tout à fait légitime

- Amplification exponentielle des perturbations extérieures sur une grande région en amont de la transition
→ comportement intrinsèque “masqué” par le bruit extrinsèque ?
- Mesures très près d'une paroi en mouvement

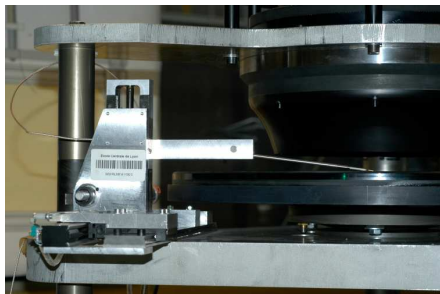
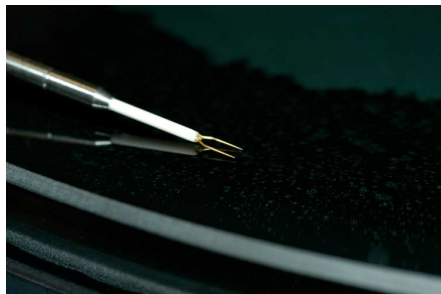
Dispositif expérimental

- Disque en verre de 50 cm de diamètre (planéité $< 10 \mu\text{m}$)
- Rotation jusqu'à 1400 tours/min ($\delta \gtrsim 350 \mu\text{m}$)

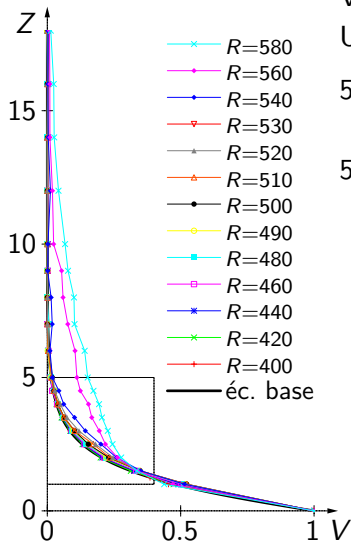


Dispositif expérimental

- Mesures de vitesse locale par fil chaud
- Positionnement par système de déplacement deux axes (précision radiale $50\ \mu\text{m}$, précision verticale $2\ \mu\text{m}$)



Mesures de vitesse azimutale — profils moyens

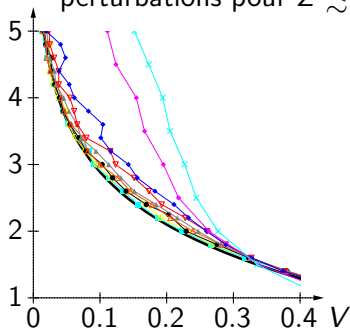


Vitesse de rotation $\Omega = 900$ tours/min

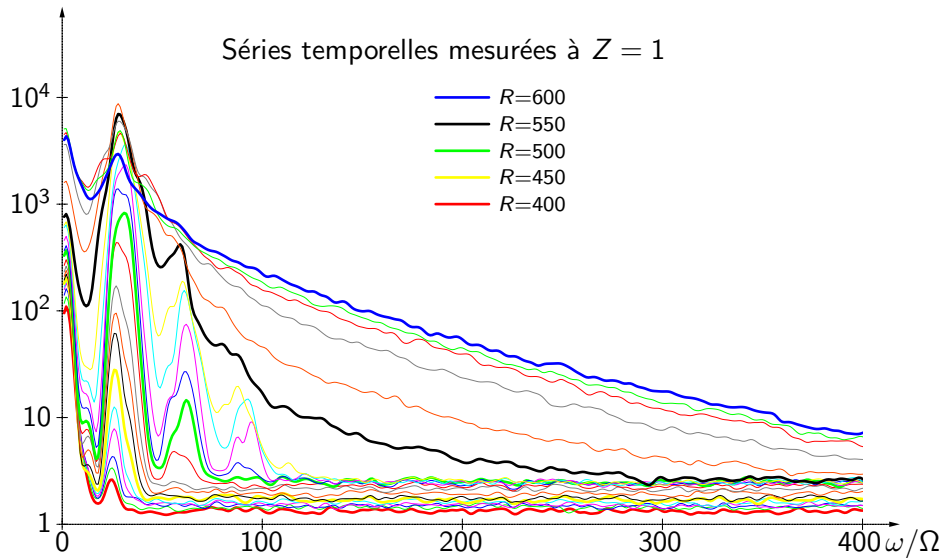
Unité de couche limite $\delta = 400 \mu m$

$500 \lesssim R \lesssim 540$ régime faiblement non linéaire
confiné dans la région $Z \lesssim 5$

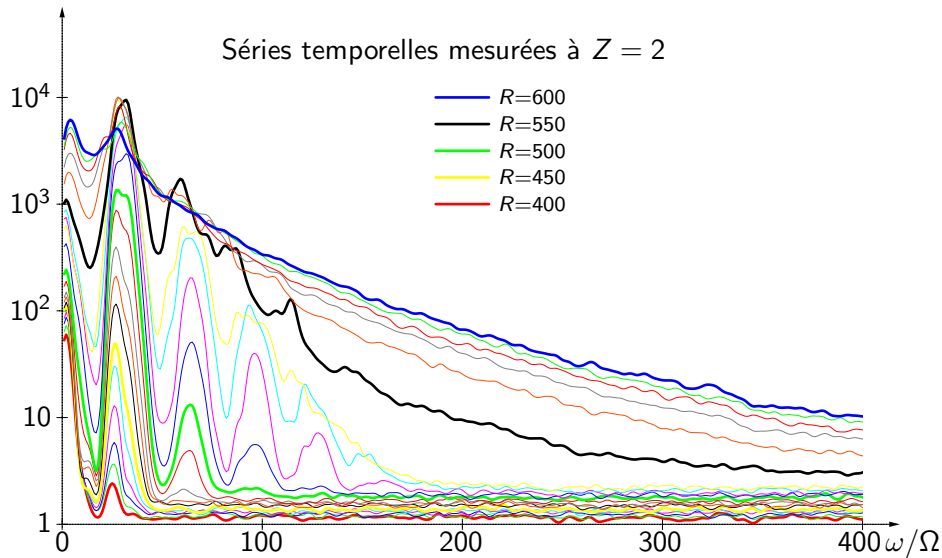
$550 \lesssim R$ régime fortement non linéaire
perturbations pour $Z \lesssim 15$



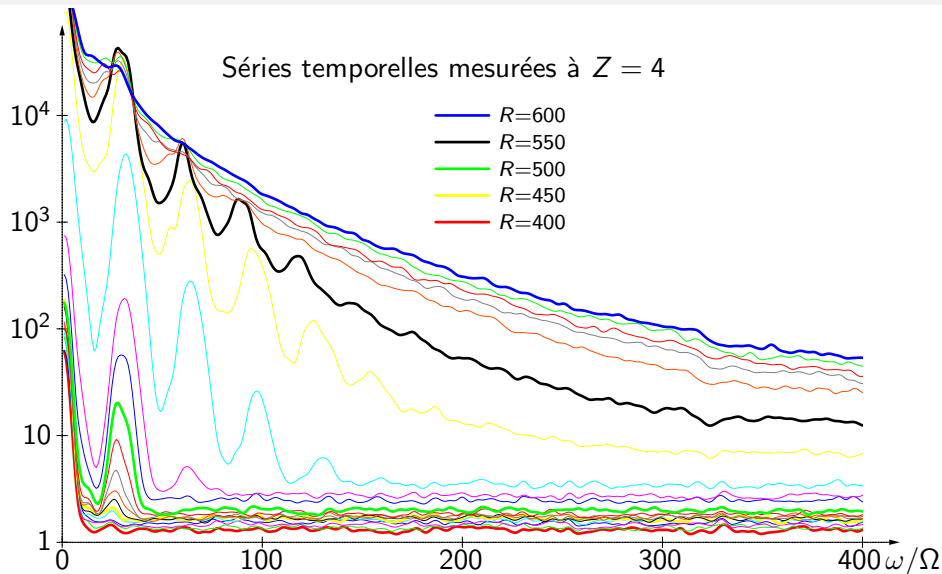
Spectres des fluctuations

Séries temporelles mesurées à $Z = 1$ 

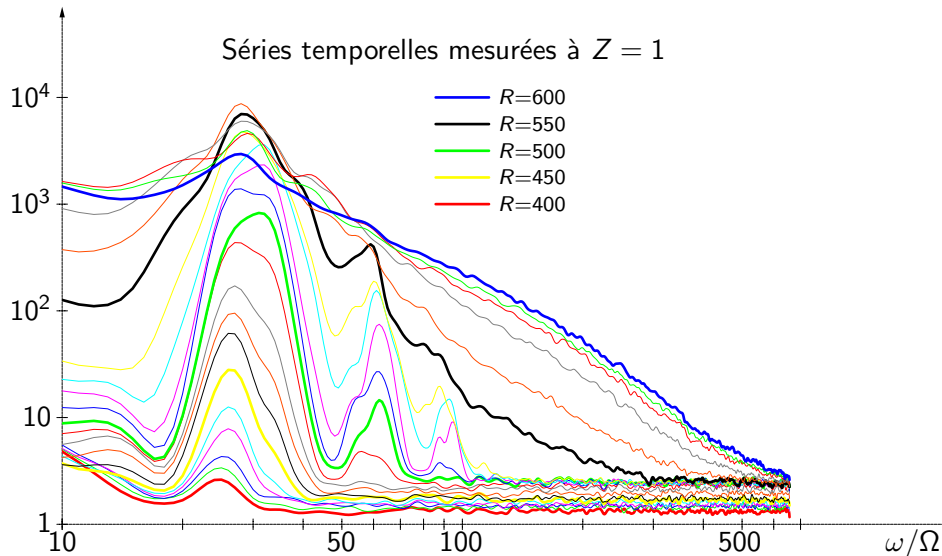
Spectres des fluctuations

Séries temporelles mesurées à $Z = 2$ 

Spectres des fluctuations

Séries temporelles mesurées à $Z = 4$ 

Spectres des fluctuations

Séries temporelles mesurées à $Z = 1$ 

Conclusions (très) provisoires et questions

- $R \lesssim 480$: Écoulement de base très peu perturbé
- $480 \lesssim R \lesssim 540$: Fluctuations faiblement non linéaires
spectres harmoniques (fréquence dominante $\simeq 30\Omega$)
perturbations confinées dans la région $Z \lesssim 5$
- $540 \lesssim R$: Régime turbulent, fort épaissement de la couche limite

Conclusions (très) provisoires et questions

- $R \lesssim 480$: Écoulement de base très peu perturbé
 - $480 \lesssim R \lesssim 540$: Fluctuations faiblement non linéaires
spectres harmoniques (fréquence dominante $\simeq 30\Omega$)
perturbations confinées dans la région $Z \lesssim 5$
 - $540 \lesssim R$: Régime turbulent, fort épaissement de la couche limite
-
- Influence des défauts du disque ?
 - Quel environnement faut-il pour voir la fréquence intrinsèque à 50Ω ?
 - Réponse à un forçage extérieur et contrôle ?
 - Modification de la dynamique par la présence d'une rugosité microstructurée (projet "Microsillon") ?



Frédéric Plaza

1965–2008