M2 OAM : Introduction à la turbulence **2024-2025**

TP1 : Analyse statistique d'un jet turbulent

Ce TP a pour but de mettre en évidence quelques propriétés statistiques de jets turbulents, à partir d'une séries d'images temporelles réalisées à l'Inphyni.

---

1. Acquisition des données

Le montage expérimental étant déjà en place, il s'agit principalement de faire varier les paramètres de la caméra rapide filmant le jet, en particulier la fréquence d'acquisition.

- Faire varier la fréquence d'acquisition entre 100 et 2000 images par seconde. Quel effet ce paramètre a-t-il sur les données enregistrées ?
- À partir des vidéos acquises, extraire les variations temporelles de l'intensité lumineuse en un point situé au centre du jet. À partir de quelle fréquence d'acquisition peut-on suivre finement les fluctuations de l'intensité lumineuse dans le jet ?
- En déduire une fréquence d'acquisition optimale et enregistrer 5 vidéos de 5000 images chacune avec cette fréquence d'acquisition. Extraire les séries temporelles correspondantes en un point situé au centre du jet. Pour chacune des séries, sauver les données sous la forme d'un fichier .mat.

Par la suite, nous assimilerons l'intensité mesurée par la caméra rapide à une vitesse u. Même si cela ne représente pas du tout une mesure de vitesse, les séries temporelles de l'intensité en un point du jet ont de fortes similitudes avec des signaux de champs de vitesses turbulents. Nous allons donc travailler sur ces séries temporelles dans la suite. On pourra multiplier les signaux d'intensité par un facteur correctif, permettant de leur donner une valeur vraisemblable de la vitesse dans le jet.

2. Prédictibilité statistique

On note respectivement $<>_t$ et $<>_\varpi$ les moyennes par rapport au temps et les moyennes par rapport aux réalisations. On notera indifféremment $<>$ ou $<>_{t,\varpi}$ des moyennes par rapport au temps *et* aux réalisations.

- Pour chaque réalisation ϖ, calculer numériquement les moyennes temporelles $< u >_t$, l'écart type $\sqrt{Var_t[u]}$ et les représenter graphiquement.
- Faire de même pour l'intensité turbulente : $I_t = \sqrt{Var_t[u]}/ < u >_t$.

- Calculer les vitesses moyennes $U_0 =< u >_{t,\varpi}$ et fluctuantes $U_{rms} = (Var_{t,\varpi}[u])^{1/2}$
- Calculer l'intensité turbulente: $I = U_{rms}/U_0$. Dans une soufflerie, cette valeur est de l'ordre de quelque pourcents.

3. Calcul d'un nombre de Reynolds

- Pour définir une échelle de longueur, nous utilisons l'hypothèse de Taylor : Pour une intensité turbulente suffisamment faible, l'hypothèse de Taylor relie les fluctuations temporelles $u' = u- < u >$ sur une échelle t avec les fluctuations spatiales instantanées sur une échelle de longueur $l = U_0 t$.
- Pour une réalisation donnée, calculer et représenter graphiquement la dérivée spatiale $\partial_x u_x$ en fonction de la distance $x = U_0 t$.
- Calculer l'échelle de Taylor $\lambda = U_{rms}/\sqrt{< (\partial_x u_x)^2 >}$.
- Calculer le nombre de Reynolds $Re_\lambda = U_{rms}\lambda/\nu$.

4. Fonctions de corrélations

- On définit la corrélation spatiale des fluctuations comme

$$C(l) = \frac{< u'(0)u'(l) >}{< u'(0)^2 >}.$$

- Calculer et représenter cette corrélation : on considérera des distances $l_k = 2^k \times dx$, et $0 \leq k \leq \log_2(N)$ avec N le nombre de points par signal.
- Montrer que la correlation décroit approximativement comme une loi de puissance $C(r) \simeq 1 - \alpha(|r|/\lambda)^\xi$ pour $|r| \gtrsim \lambda$.