Final – le 14/01/2022

Calculatrice et formulaire A4 recto autorisés

De nombreuses informations sont dans l'énoncé alors prenez bien le temps de le lire

Dans tous les exercices qui suivent, on prendra pour les fluides les propriétés suivantes : les viscosités dynamiques de l'air et de l'eau sont respectivement égales à 1.8 10^{-5} Pa.s et 8.88 10^{-4} Pa.s, leurs masses volumiques à 1.23 kg.m^{-3} et 1000 kg.m^{-3}. La vitesse du son dans l'air est de 340 m/s et dans l'eau de l'ordre de 1500 m/s. On rappelle les expressions générales des nombres de Reynolds et de Mach :

$$R_e = \frac{U L}{\nu} \qquad \text{et} \qquad M = \frac{U}{a}$$

avec L l'échelle caractéristique de longueur en m, U l'échelle caractéristique de vitesse en m.s^{-1} et a la vitesse du son dans le milieu. Les nombres de Reynolds (basés sur l'échelle de longueur caractéristique de ces objets) de transition entre régimes laminaire et turbulent seront pris égaux à 200 pour l'écoulement derrière un cube, de 350 pour une sphère, et 250 pour un cylindre de section rectangulaire. Les coefficients aérodynamiques C_n s'expriment par la relation :

$$C_n = \frac{F_n}{\frac{1}{2}\rho U^2 S_F}$$

dans cette expression la surface frontale S_F sera prise comme la surface « vue » par l'écoulement arrivant sur l'objet ,ρ est la masse volumique du fluide en kg.m^{-3} et F_n est la force exprimée en N. .

Exo 1

On souhaite étudier en soufflerie l'écoulement d'air autour d'un cylindre de section circulaire D = 0.01 m. Pour cela, la soufflerie utilisée est un parallépipède rectangle de longueur Ld , de hauteur Hd et de profondeur Yd. Le cylindre est centré sur la hauteur et situé à une distance 0.1 m de l'entrée. Ld est égal à 0.3 m, Hd à 0.1 m et Yd à 0,3 m

1 - On cherche à réaliser une expérience pour un nombre de Reynolds égal à 200, quelle vitesse faut-il imposer au fluide dans notre cas pour cela ?

3 - L’écoulement peut-il être considéré comme incompressible?

4 - On suppose que l'écoulement correspond à une des courbes présentées sur la figure 1 à la suite de ce texte. A laquelle correspond-it ?

5 - L'écoulement est-il stationnaire ou instationnaire (expliquez) ?

6 - Quel est le régime d'écoulement observé sur la deuxième courbe ?

7 - Pour quelle vitesse limite ce régime apparaît-il ?

8 - Des nouvelles données expérimentales sont disponibles dans la même configuration géométrique pour un cylindre de diamètre 0.002 m mais dans un canal hydraulique rempli d’eau à une vitesse de 0.004 $m.s^{-1}$. L'écoulement est-il incompressible ?

9 - Quelle vitesse faudrait-il imposer pour reproduire le même écoulement dans notre configuration ?

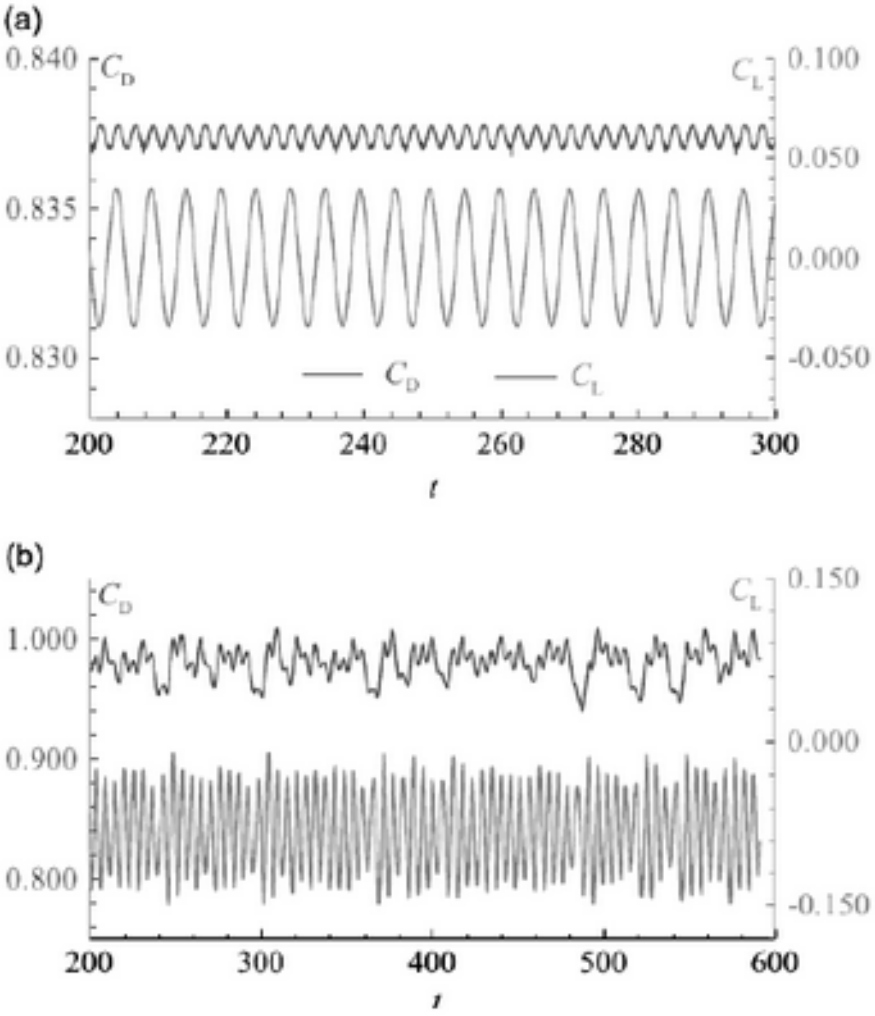

Figure 1 : Evolution temporelle des coefficients de portance et de traînée en fonction du temps pour l'écoulement autour d'un cylindre de section circulaire pour 2 régimes d'écoulement différents. (Lu et al. 2014)

Exo 2

On étudie une aile d'avion caractérisée par les courbes suivantes indiquant la portance (Cl) et la traînée (Cx) en fonction de l'angle d'incidence (en degré). **L'étude se fera dans l'air à une vitesse définie par un nombre de Mach égal à 0,05.**

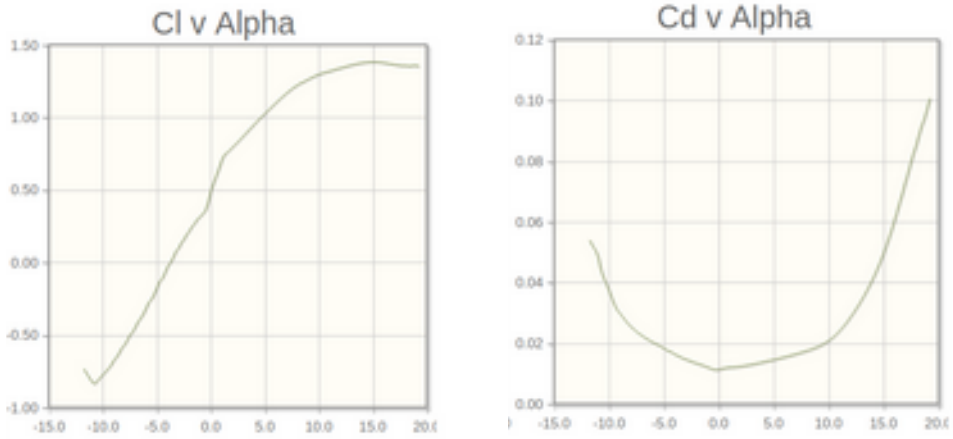

Figure 2 : Coefficients de portance et de traînée en fonction de l'incidence (en degré)

1 – L'aile est-elle symétrique ? Pourquoi ?

2 – Donnez la valeur de la finesse pour un angle d'incidence de 10° ?

3 – Quel est l'angle d'incidence pour lequel l'avion pourra partir en « piqué » ?

4 – En supposant une surface frontale de $1m^2$, quelle seraient (approximativement) les valeurs des forces de portance et de traînée pour un angle d'incidence de 10° ?

5 – En supposant une surface frontale de $1m^2$, quelle seraient (approximativement) les valeurs des forces de portance et de traînée pour un angle d'incidence de -10° ?

6 – En supposant une surface frontale de $1m^2$, quelle seraient (approximativement) les valeurs des forces de portance et de traînée pour un angle d'incidence de 15° ?

7 – Une aile d'avion est caractérisée par une échelle de longueur carctéristique appelée la corde. On suppose que les résultats présentés sont obtenus pour une aile de corde 1m.

Quelle vitesse faudrait-il imposer à l'air pour une aile de corde 0,5 m pour obtenir le même écoulement que dans l'étude précédente sans chercher à conserver la même valeur de nombre de Mach ?

8 – Quelle serait alors la vitesse à imposer si on remplaçait l'air par de l'eau ?

9 – Pour cette dernière configuration (avec de l'eau), quelle serait la valeur de la force de portance (avec une surface frontale de $1m^2$) pour un angle d'incidence de 10° ?

10 – Quelle serait la valeur de la finesse dans ce dernier cas ?