

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 $1.8 \cdot 10^{-5}$ Pa.s et $1.31 \cdot 10^{-3}$ 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 :

$$Re = \frac{UL}{\nu} \quad \text{et} \quad M = \frac{U}{a}$$

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 200 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 laisse tomber dans de l'air un bout de papier que l'on assimile à un cylindre de section rectangulaire. Nous supposons que la taille caractéristique est la largeur de la section rectangulaire égale à 0,01 m. Lors de sa chute, le bout de papier atteint une vitesse stable égale à 0,146 m/s.

1 - L'écoulement est-il laminaire ou turbulent (justifiez) ?

2 - Le fluide peut-il être considéré comme incompressible (justifiez) ?

On mesure la force aérodynamique exercée sur le bout de papier et qui s'oppose en partie à sa chute (elle la ralentit). On visualise ainsi son évolution temporelle. Après un temps de stabilisation d'1 ms, la courbe indique un signal périodique de période 0.01 s.

3 - L'écoulement est-il laminaire ou turbulent (justifiez) ?

4 - L'écoulement est-il stationnaire ?

On suppose maintenant que l'évolution de la vitesse du bout de papier est donnée par la relation $v = at$ avec v la vitesse en m/s, t le temps en s et que le coefficient a vaut 10 m/s^2 .

5 - A partir de quel moment le régime d'écoulement devient-il turbulent?

On cherche à reproduire l'expérience de la **question 1** en laissant tomber un objet de même forme dans de l'eau et on suppose qu'il tombe **à la même vitesse que dans la question 1**.

6 - Quelle doit être sa longueur caractéristique pour observer le même écoulement ?

7- Si la force exercée sur l'objet par l'air dans l'expérience 1 est égale à 0,5 N. Quelle est la valeur de la force exercée par l'eau sur l'objet dans l'expérience réalisée à la question 6 ?

Exo 2

On étudie une aile d'avion caractérisée par les courbes suivantes indiquant la portance (C_l) et la traînée (C_x) 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 0,08.**

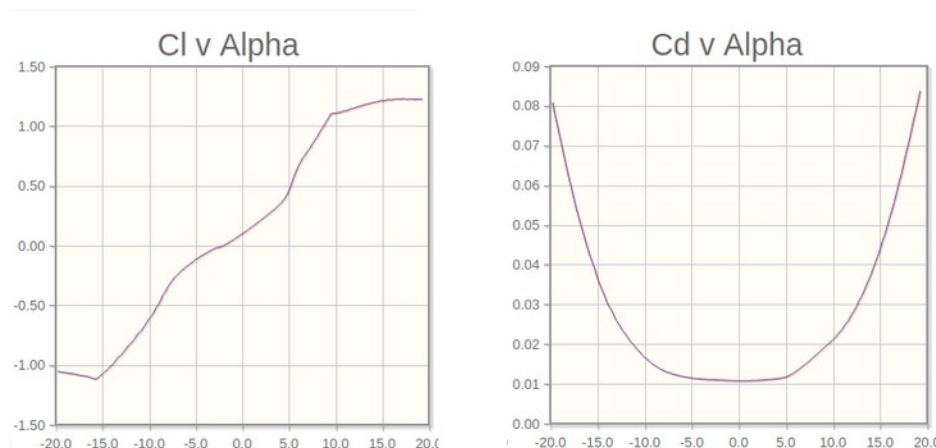


Figure 1 : Coefficients de portance et de traînée en fonction de l'incidence (en degré)

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

2 – 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° ?

3 – 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° ?

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 15° ?

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