

Final - le 15/01/2021**Tous les documents sont 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 $1.8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ et $1.31 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, leurs masses volumiques à $1.23 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ et $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. 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 :

$$Re = \frac{UL}{\nu} \qquad M = \frac{U}{a}$$

avec L l'échelle caractéristique de longueur en m, U l'échelle caractéristique de vitesse en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ et a la vitesse du son dans le milieu. Le lien entre les viscosités dynamique μ et cinématique ν est donné par la relation suivante avec ρ la masse volumique en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

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 de 1000 pour un corps de Rankine. Les coefficients aérodynamiques s'expriment par la relation :

$$C_x = \frac{F_x}{\rho U^2 S_F}$$

dans cette expression la surface frontale S_F sera prise comme la surface « vue » par l'écoulement d'air arrivant sur l'objet .

Exo 1

On considère l'écoulement autour d'un cube de longueur caractéristique $L=1\text{m}$. La vitesse de l'air arrivant sur le cube est égale à $0,51\text{m/s}$. On souhaite prédire la taille des tourbillons apparaissant dans le sillage de l'objet à l'aide d'une soufflerie. On utilise donc dans la soufflerie une maquette : un cube de longueur caractéristique 10 cm.

1. Calculez la vitesse nécessaire à imposer dans la soufflerie si celle-ci est remplie d'air ?

2. Calculez la vitesse nécessaire à imposer dans la soufflerie si celle-ci est remplie d'eau ?
3. En faisant l'étude dans la soufflerie remplie d'air, on mesure un diamètre de tourbillon dans le sillage de l'objet égal à 20 cm. Quelle serait sa taille réelle ?
4. Quel serait le diamètre de tourbillon dans la soufflerie remplie d'eau ?
5. Lors de l'étude dans la soufflerie remplie d'eau, on mesure une force de traînée exercées F_x sur le cube de 2.5N et d'appui aérodynamique F_y (ou portance) de 1N . Quelle serait la valeur de ces forces dans le cas réel ?
6. Si on assimile cet objet à un corps volant, quelle serait sa finesse ?

Exo 2

On étudie une sphère de dimension caractéristique 0.001 m qui tombe en chute libre dans de l'air au repos. Pendant la chute, la sphère est soumise à la fois à la gravité et aux forces aérodynamiques qui s'opposent à sa chute donnant lieu, après un certain temps, à une vitesse de chute constante égale à 1.46 m/s.

- 1 - Quel est le régime d'écoulement?
 - 2 - Le fluide peut-il être considéré comme incompressible?
- Grâce au logiciel de simulation, on extrait la force aérodynamique exercée sur la sphère dans la direction opposée à la chute et on visualise son évolution temporelle. Après un temps de stabilisation d'1 ms, la courbe indique un signal périodique de période 0.01 s.
- 3 - Que pouvez vous en déduire sur le régime d'écoulement?
 - 4 - On suppose maintenant que l'évolution de la vitesse de la sphère est donnée par la relation $v = gt$ avec v la vitesse en m/s, t le temps en s et g l'accélération de la pesanteur égale à 10 m/s^{-2} . A partir de quel moment le régime d'écoulement devient-il turbulent ? L'écoulement est-il alors stationnaire ou instationnaire ?
 - 5 - On cherche à reproduire l'expérience de la question 1 en plongeant la sphère dans de l'eau que l'on propulse sur l'objet avec une certaine vitesse. Quelle doit être la vitesse imposée à l'eau ?

Exo 3

On étudie l'écoulement 2D autour d'un corps aérodynamique de Rankine d'échelle caractéristique de longueur 2m que l'on met en mouvement dans de l'air au repos à une vitesse de 60 km/h.

- 1 - Donnez toutes les hypothèses que vous pouvez faire concernant le fluide.
- 2 - A partir de ces hypothèses, écrivez les équations que vous auriez à résoudre dans l'idéal pour décrire le mouvement de l'écoulement.
- 3 - Que deviendraient ces équation si l'on supposait que l'écoulement est stationnaire et que le fluide est non visqueux