Mécanique des Fluides 4F – TD1

Exercice 1

a. Soit une balle de diamètre 6 cm dans l'air, et de masse 20 g. La viscosité cinématique de l'air est égale à $\nu = 1.5 \times 10^{-5}$ $\mathrm{m^2 \cdot s^{-1}}$ et sa masse volumique à 1.25 $\mathrm{kg \cdot m^{-3}}$.

1. Pour quelle vitesse minimale le régime est-il turbulent ? Pour quelle vitesse maximale est-il laminaire ?
2. Déterminer la force de traînée pour une vitesse de 20 $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$.
3. Calculer la vitesse limite atteinte en chute libre (en supposant le régime turbulent). Si on prend en compte seulement 2 forces pour ce calcul, expliquer quelle force a été négligée et justifier.

b. Soit un parachutiste ($m = 120$ kg), avec son parachute circulaire ouvert (diamètre 6 m) et $C_x = 1.2$.

1. Déterminer sa vitesse limite.
2. Chercher maintenant à quelle hauteur de chute libre correspond cette vitesse. On entend par chute libre le début de la chute d'un corps, c'est-à-dire lorsque la traînée est négligeable.

Exercice 2

Déterminer la vitesse limite de chute d'un objet de masse volumique ρ_0 et de volume V dans un fluide de masse volumique ρ. Application pour une sphère de rayon 1 cm avec $\rho_0 = 1100$ $\mathrm{kg \cdot m^{-3}}$ dans de l'air, puis de l'eau (étudier le cas du régime laminaire).

Exercice 3

Soit un avion de tourisme d'envergure 10 m, de surface portante 10 $\mathrm{m^2}$, et de masse 1250 kg. Le coefficient de fuselage k est pris égal à 1.4, $C_x = 0.04$ et $C_z = 0.8$.

1. Sachat que l'hélice produit une force de 2500 N au décollage, déterminer la vitesse et l'angle au décollage. Quelle est alors la puissance du moteur ?
2. En vol horizontal à 3000 m (masse volumique de l'air de 0.92 $\mathrm{kg \cdot m^{-3}}$), quelle est la force produite par l'hélice, et quelle est la puissance du moteur ?

Exercice 4

Une aile delta a une envergure de 5 m et un coefficient de fuselage $k = 1.2$.

1. Déterminer la surface portante de l'aile pour un allongement λ de 20.

2. Avec $C_x = 0.04$ et $C_z = 1.12$, déterminer sa finesse, et la distance parcourue pour un dénivelé de 500 m (vent nul).
3. Pour une masse totale de 120 kg, quelle est la vitesse théoriquement obtenue ?

Exercice 5

Un planeur vole à une vitesse $v = 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ avec une finesse de $f = 25$. Quelle doit être la vitesse des ascendances thermiques (c'est-à-dire des courants d'air verticaux) pour que le planeur se maintienne à une altitude constante ?

Exercice 6

Un planeur (300 kg, $S = 15 \text{ m}^2$) se trouve à une altitude de 1000 m, dans un air calme, sans courants horizontaux ou verticaux.

1. à l'aide de la polaire ci-dessous, justifier le fait que la finesse maximale soit obtenue graphiquement, en traçant la tangente à la polaire passant par l'origine.
2. Comment parcourir la distance la plus grande possible ? Déterminer C_z, C_x, la vitesse, le temps de vol et la distance parcourue à partir de la polaire ci-dessous.
3. Comment obtenir la vitesse absolue minimale ? Déterminer C_z, C_x, la vitesse, le temps de vol et la distance parcourue.

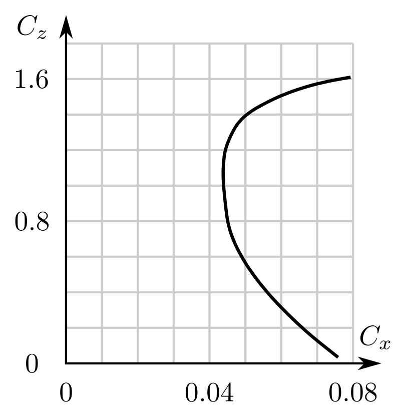

Figure 1: Polaire globale du planeur

Donnée : $\rho_a = 1.2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Exercice 7

Une boule de liège de masse volumique $\rho_b = 200 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ et de diamètre de $D = 30$ cm est fixée, à l'aide d'une ficelle de masse négligeable, à un corps mort placé au fond du lit d'une rivière. La boule de liège est totalement immergée dans l'eau de masse volumique $\rho_e = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ et de viscosité cinématique $\nu_e = 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. À cause de l'entraînement de la boule par le courant de la rivière, que l'on supposera de vitesse uniforme et constante v_e, la ficelle fait un angle constant $\theta = 45°$ avec l'horizontale (cf. Fig. 1).

L'objectif de cet exercice est de calculer la vitesse du courant v_e correspondant à cet angle θ, sachant que v_e varie au maximum entre 1 et 6 $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$ sur une année. Pour cela on suivra la démarche proposée ci-dessous :

1. Calculer le volume V_b et le maître-couple S_b de la boule de liège.
2. Faire le bilan des forces sur la boule de liège et donner, lorsque cela est possible, leurs composantes dans la base $(\mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y)$ (cf. Fig. 2) en fonction de ρ_b, ρ_e, θ, v_e, V_b, S_b, de la gravité g et du coefficient de traînée C_x.
3. Exprimer la vitesse v_e du courant de la rivière en fonction de ρ_b, ρ_e, θ, V_b, S_b, g et C_x.
4. Estimer, à $\simeq 0.3\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ près, la vitesse v_e du courant de la rivière à l'aide de la Fig. 2 ci-dessous qui donne le coefficient de traînée C_x en fonction du nombre de Reynolds $\mathrm{Re} = v_e D/\nu_e$ pour une sphère. Expliquer votre démarche.

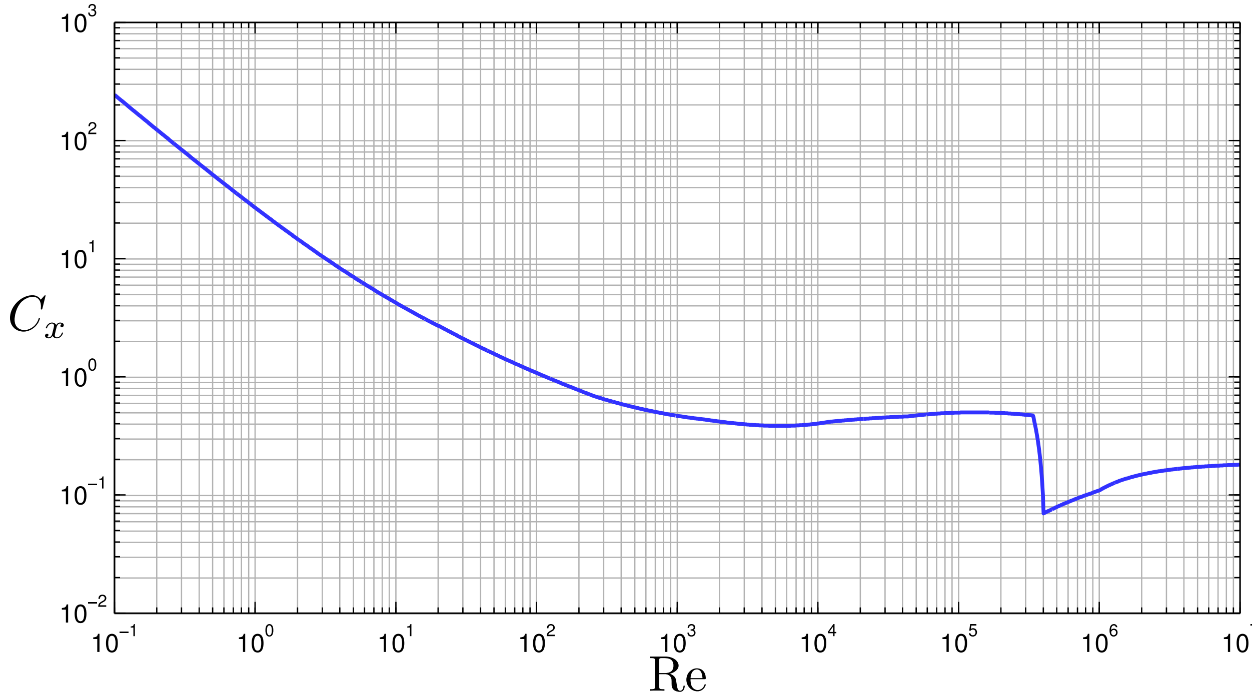

Figure 2: Coefficient de trainée pour une sphère lisse