Exercice 1 : Vent favorable

Un coureur de 100 mètres a une vitesse voisine de 10 m.s^{-1} par rapport au sol et à l'air lorsque celui-ci est immobile. Lorsque le vent est favorable, cela signifie qu ?il souffle dans le dos de l ?athlète. Pour un vent favorable de 2 m.s^{-1}, la vitesse de l'athlète par rapport au vent n'est plus que de 8 m.s^{-1} : elle a donc diminué de 20%. Le nombre de Reynolds caractérisant l'écoulement autour de l'athlète est : $R_e = 3.10^5$

Vu la valeur élevée du nombre de Reynolds, on choisit un modèle de traînée variant comme la vitesse au carré. Une réduction de la vitesse de 10 à 8 m.s^{-1} correspond à une force de traînée divisée par un facteur voisin de : $10^2/8^2 = 1,6$ ce qui est considérable !

Exercice 2 : Trajectoire d'une balle

U =L.T^{-1} ; [g]=L.T^{-2} ; L_g=L, soit C=U^2/(L_g.g) ; C est de l'ordre de 1 et donc : L_g=U^2/g.

Sport	L_g
Golf	830
Tennis	500
Football	90
Handball	41

1. a) $R_e = \frac{U(2R)}{\nu}$ avec $\nu = 1,5.10^{-5}$ m^2.s^{-1} pour l'air.

Sport	R_e
Golf	$2,5.10^5$
Tennis	$3,0.10^5$
Football	$4,2.10^5$
Handball	$2,5.10^5$

Vues ces valeurs, on choisit une force de trainée quadratique avec $C_x \approx 0,4$

b) PFD pour la balle (projeté sur Ox) :

$$m\frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}t} = -0,2\pi\mu_a R^2 U^2$$

On fait un changement de variable :

$$\frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}x}.\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = U.\frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}x}$$

et on obtient :

$$m\frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}x} + 0,2\frac{\pi}{m}\mu_a R^2 U = 0$$

On pose $L_a = \frac{m}{0,2\pi\mu_a R^2}$, alors la solution de l'ED précédente est : $U(x) = U(0)\exp\left(-\frac{x}{L_a}\right)$

c) $\mu_a = 1,3$ kg.m^{-3}

Sport	L_a
Golf	120
Tennis	70
Football	50
Handball	60

2. On pourra considérer que les effets de la gravité sur la trajectoire d'une balle sont sensibles si $L_g \leq L.$ de même le freinage aérodynamique peut être observé si $L_a \leq L.$ On conclut alors :

• Pour le golf les effets de freinage aérodynamique limitent la portée des tirs.

• Pour le tennis, le terrain est trop court pour que soient observés les effets de la gravité et du freinage aérodynamique. Pour que la balle retombe sur le court alors que sa vitesse est de l'ordre de 70 m.s^{-1}, le joueur ne peut compter que sur la gravité : il doit user d'effets aérodynamiques liés à la mise en rotation de la balle sur elle-même.

• Pour le football, on constate que les longs dégagements du gardien ont une portée limitée par le freinage aérodynamique et que la distance atteinte correspond en gros à la moitiés de la longueur du terrain, ce que l'on observe effectivement. Pour les tirs plus courts (coups-francs), la gravité et le freinage aérodynamique jouent peu, le joueur ne peut pas compter sur la gravité pour que le ballon retombe où il le souhaite, et il doit user d'effets aérodynamiques, liés à le mise en rotation de la balle sur elle-même, pour contrôler la trajectoire du ballon.

• On constate que les trajectoires des ballons de handball sont contrôlés par le gravité et que les effets aérodynamiques sont peu importants.

Exercice 4 : épaisseur de couche limite

1. La structuration des effets visqueux dans une zone proche de la paroi de l ?obstacle (couche limite) ne se produit que si le nombre de Reynolds global de l ?écoulement est suffisamment grand.
2. $T_C = \frac{x}{U_0}$; T_D tel que $\rho \frac{U_0}{T_D} = \eta \frac{U_0}{\delta^2(x)}$ soit $T_D = \frac{\delta^2(x)}{\nu}$
3. $T_D = T_C$ implique $\delta(x) = \sqrt{\frac{\nu x}{U_0}}$
4. $\frac{\delta(x)}{L} = \sqrt{\frac{\nu x}{L^2.U_0}} = \frac{1}{\sqrt{R_e}} \sqrt{\frac{x}{L}}$; $\delta \to 0$ si R_e augmente.

Exercice 5 : Décollage d'une montgolfière

1. $\rho_{air} = \frac{M_{air}}{V_{mol}} = 1,3$ g.L^{-1} = 1,3 kg.m^{-3} ; $\rho_{He} = 1,8.10^{-1}$ kg.m^{-3}
2. $\vec{P} = m_t \vec{g}$ où $m_t = m + \rho_{He} V$
   $\vec{\Pi}_A = -\rho_{air} V \vec{g}$, soit $m = (\rho_{air} - \rho_{He})V$