L2 (Semestre 2) 3LTC4
Session 2 11 juin 2014
Durée : 2 h.

Examen CT de Biomécanique du mouvement

Document autorisés : aucun

IMPORTANT : Calculatrice interdite.

Exercice 1.
Sur `http://fr.wikipedia.org/wiki/Nicholas_Alkemade`, on peut lire : « Nicholas, dit Nick, Alkemade (1923-1987) est un sergent-mitrailleur de la Royal Air Force pendant la Seconde Guerre mondiale. Il est devenu célèbre pour avoir survécu à une chute vertigineuse de 5600 m sans parachute à la vitesse de 200 km/h, miraculeusement amortie par des branches de pins et une épaisse couche de neige. »
Le but de cet exercice est de montrer le rôle salvateur de l'air !

(1) On suppose, qu'au moment de l'éjection de son avion, Nick avait une vitesse horizontale de norme $v_0 = 400$ km/h.

  (a) Établir les équations horaires et cartésiennes de la chute libre de Nick en négligeant les forces de frottement de l'air. Pourquoi doit-on prendre, dans les équations obtenues, une valeur de l'angle α égale à 0 ?
  (b) Quelle équation doit on écrire pour obtenir l'instant t où Nick touchera le sol ?
  (c) On admet que la valeur de cet instant est donnée par $t = 33.466401$.
  Caractériser alors la vitesse à cet instant-là.
  (d) On donne sa norme $v_l = 1269.456577$ km/h. Commentez !

(2) On suppose maintenant que la vitesse réellement de Nick quand il touche le sol est donnée par $V_l = 200$ km/h, plus faible que celle obtenue précedemment.

  (a) Déterminer l'énergie mécanique totale de Nick au moment où il quitte l'avion et au moment où il touche le sol. Raidi par la peur, Nick pourra être légitimement considéré comme un solide indéformable (de masse $M = 100$) et sans rotation.
  (b) Pensez-vous que Nick conserve la même énergie au cours de son vol ? Justifiez-le !

(3) On suppose que les forces de frottement de l'air consistent essentiellement en une force de traînée.

(a) Donner la norme et la direction de cette force.

(b) On suppose que le chien de Nick a des proportions identiques à celle d'un homme et qu'il est deux fois plus petit que Nick. Comparer les deux surfaces des maître couples.

(c) On admet que pour la partie finale de la chute, la vitesse de Nick est verticale et constante. Pourquoi peut-on considérer que Nick est en équilibre ?

(d) En déduire la relation suivante (avec les notations du cours) :

$$\frac{1}{2}C_T S\mu v_l^2 = Mg, \tag{1}$$

où v_l est la norme de la vitesse de Nick.

(e) On donne

$$S = 1 \text{ m}^2, \quad \mu = 1.30 \text{ kgm}^{-3}, \quad M = 100 \text{ kg}, \quad g = 10 \text{ ms}^{-2}.$$

En déduire C_T.

(f) Fidèle jusqu'au bout, le chien de Nick quitte l'avion en même temps que son maître, à la même vitesse, avec le même coefficient C_T. Déterminer une valeur approximative de sa vitesse à son arrivée au sol.

(g) Comment évolue la norme de la force de traînée lors de la chute ?

Exercice 2.

Un plongeur trouve une amphore du côté de l'île de Porquerolles à la profondeur $H = 30$ m de profondeur. Celle-ci pèse $M = 10$ kg pour un volume de $V = 4$ l. Il décide de la remonter. Pour ce faire, il dispose d'un parachute de relevage de volume (intérieur) $V_0 = 20$ l (on considérera sa masse et l'épaisseur de sa parois nulles).

On considérera la masse volumique de l'eau de mer égale à 1 kg/l. À toute profondeur, la masse volumique de l'air sera négligeable devant celle de l'eau.

(1) Quelle est la masse apparente de l'amphore ?

(2) Quel est le volume d'air V_{air} nécessaire à introduire dans le parachute pour que l'ensemble se trouve en flottabilité nulle ?

(3) Expliquer de façon qualitative comment va évoluer la masse apparente de l'ensemble {amphore+parachute} lors de la remontée.

(4) En remontant, à partir de quelle profondeur le parachute va commencer à fuir ?

(5) Expliquer de façon qualitative comment va évoluer la masse apparente de l'ensemble {amphore+parachute} lors de la remontée, à partir de cette profondeur-là.

(6) *Question facultative*

On considère maintenant que la masse volumique n'est pas négligeable devant celle de l'eau de mer. On donne la masse volumique de l'air à la surface de l'eau :

$$\mu_0 = 0.00130 \text{ kg/l} \tag{2}$$

(a) En appliquant la loi de Mariotte à une quantité d'air donnée, utilisée à la surface et à une profondeur h, montrer que la masse volumique de l'air à une profondeur donnée $h \geq 0$ est donnée par

$$\mu(h) = \frac{\mu_0 P(h)}{P_0}, \tag{3}$$

où $P(h)$ et P_0 désignent respectivement la pression à la profondeur h et à la surface de l'eau.

(b) En déduire l'expression finale de $\mu(h)$ si on considère que

$$P(h) = ah + P_0, \tag{4}$$

où $P_0 = 1$ et $a = 0.1$.

(c) Reprendre la question 2 en considérant l'expression de $\mu(h)$ qui vient d'être établie et comparer les deux résultats.

(d) Reprendre la question 4 en considérant l'expression de $\mu(h)$ qui vient d'être établie et comparer les deux résultats.

(e) Commenter !

(f) Calculer la masse apparente de l'ensemble {amphore+parachute} à la surface de l'eau et commenter ! !

Corrigé

Un corrigé sera disponible sur `http://utbmjb.chez-alice.fr/UFRSTAPS/index.html`