Bac S 2015 Métropole **Correction © http://labolycee.org**

EXERCICE I – LES TROIS RECORDS DE FÉLIX BAUMGARTNER (6,5 points)

Partie 1 : ascension en ballon sonde de Félix Baumgartner

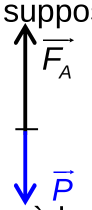
1.1. L'ascension du ballon a lieu sous l'effet de la poussée d'Archimède.

1.2. Système : {ballon ; équipage} Référentiel : le sol, référentiel terrestre supposé galiléen

Bilan des forces : Juste après le décollage

Le poids $\vec{P}$ (attention poids du ballon + de l'équipage)

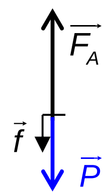
La poussée d'Archimède $\vec{F_A}$



1.3. Le ballon peut décoller si les forces qu'il subit se compensent et qu'il possède une vitesse initiale non nulle orientée vers le haut ; dans ce cas le mouvement est rectiligne uniforme.
Si la poussée d'Archimède prédomine sur la force poids alors le mouvement sera accéléré vers le haut.
Déterminons les valeurs des deux forces mises en jeu.
Le texte indique « c'est environ 3 tonnes qu'il a fallu soulever », donc $m_{système} = 3\times10^3$ kg
Poids : $P = m_{système} . g$
$P = 3\times10^3 \times 9,8 = 2,94\times10^4$ N = $\mathbf{3\times10^4}$ **N** en ne conservant qu'un seul chiffre significatif.

Poussée d'Archimède : $F_A = \rho_{air} . V . g$
Au niveau du sol (troposphère), on a ρ_{air} = 1,22 kg.m^{-3}. Le volume initial du ballon est V = 5100 m^3
F_A = 1,22 × 5100 × 9,8 = 60 975,6 N = $\mathbf{6,1\times10^4}$ **N**
On constate que $\boldsymbol{F_A > P}$, ainsi le ballon peut décoller.

1.4. D'après le principe d'inertie (1ère loi de Newton), si le mouvement est rectiligne et uniforme, c'est que les forces subies par le système se compensent.
$\vec{P} + \vec{f} + \vec{F_A} = \vec{0}$ où $\vec{f}$ est la force de frottement de l'air.



Par projection suivant un axe vertical ascendant Oz : $P_z + f_z + F_{Az} = 0$
$-P - f + F_A = 0$
$f = F_A - \text{P}$
$f = \rho_{air} . V . g - m._{système}g$
f = 60 975,6 – 3×10^4 = $\mathbf{3\times10^4}$ **N**

Partie 2 : saut de Félix Baumgartner

2.1. L'accélération est $\vec{a} = \dfrac{d\vec{v}}{dt}$. On peut déterminer sa composante a_z suivant l'axe vertical ascendant en calculant le coefficient directeur de la tangente à la courbe représentative de $v = \text{f}(t)$ à la date t = 0 s.
Soient les points appartenant à la tangente O(0 ;0) et M(20 s ; 195 m.s^{-1}).
$a_z = \dfrac{195-0}{20-0} =$ 9,75 m.s^{-2} = 9,8 m.s^{-2} avec deux chiffres significatifs.
Comme $a = \sqrt{a_z^{\,2}}$, on constate que $a \approx g$, ce qui est logique car le système subit essentiellement la force poids, la force de frottement de l'air étant très faible à cette altitude.

2.2. D'après le texte introductif, Félix Baumgartner a atteint la vitesse de 1341,9 km.h^{-1}
On divise par 3,6000 pour convertir cette vitesse en m.s^{-1}.
$v = \dfrac{1341,9}{3,6000}$ = **372,75 m.s^{-1}**
Cette vitesse est supérieure à la célérité du son quelle que soit la valeur de l'altitude fournie dans le tableau de données.
Félix Baumgartner a effectivement atteint une vitesse supersonique.

2.3. $E_m = E_C + E_{PP}$

$E_m = \frac{1}{2}.m.v^2 + m.g.z$

État initial : Félix saute sans vitesse initiale $v_i = 0$, il est situé à l'altitude z_i = 39 045 m

État final : Félix atteint sa vitesse maximale v_f = 372,75 m.s^{-1}. La courbe 1 montre que cet événement a lieu à la date t = 50 s. La courbe 2 indique alors l'altitude z_f = 28 km = 28×10^3 m.

$\Delta E_m = E_{mf} - E_{mi}$

$\Delta E_m = \frac{1}{2}.m.v_f^2 + m.g.z_f - m.g.z_i$

$\Delta E_m = \frac{1}{2}\times 120\times 372{,}75^2 + 120\times 9{,}8\times 28\times 10^3 - 120\times 9{,}8\times 39\,045$

$\Delta E_m = -4{,}7\times 10^6$ J

$\Delta E_m < 0$, le système perd de l'énergie au cours de sa chute. En effet de l'énergie est dissipée sous forme de chaleur en raison des frottements subis.

2.4. On regarde la courbe représentative de la vitesse en fonction du temps (courbe 1).
À la date **t_1 = 40 s**, la vitesse augmente donc la force poids (orientée vers le bas) prédomine sur la force de frottement de l'air (orientée vers le haut) : **Schéma B**.
À la date **t_2 = 50 s**, la vitesse ne varie plus donc les forces se compensent : **schéma C**.
À la date **t_3 = 60 s**, la vitesse diminue donc la force de frottement de l'air prédomine sur la force poids : **Schéma A**.
Remarque : Félix n'évolue pas dans un milieu homogène. Lorsqu'il se rapproche du sol, l'atmosphère devient plus dense et même s'il est moins rapide, il subit plus de frottements.

2.5. Le texte introductif indique que Félix ouvre son parachute au bout de 4 min et 20 s, soit au bout de 4×60 + 20 = 260 s.
À l'aide de la courbe 2, on lit **$z(t = 260 \text{ s}) = 2{,}5$ km**.

Entre t = 260 s (ouverture du parachute) et t = 9 min 3 s = 543 s, Félix parcourt 2,5 km.

$v = \frac{d}{\Delta t}$

$v = \frac{2{,}5\times 10^3}{543 - 260}$ = 8,8 m.s^{-1} = **9 m.s^{-1}** On ne conserve qu'un seul chiffre significatif car la lecture graphique de l'altitude $z(t = 260 \text{ s})$ est très approximative.

2.6. État initial : vitesse nulle, altitude inconnue z

$E_{m\,ini} = E_{PP} = m.g.z$

État final : vitesse de 9 m.s^{-1}, altitude nulle.

On choisit l'altitude zéro comme référence pour l'énergie potentielle de pesanteur.

$E_{m\,fin} = E_C = \frac{1}{2}.m.v^2$

On néglige les frottements de l'air, alors l'énergie mécanique se conserve :

$E_{m\,ini} = E_{m\,fin}$.

$m.g.z = \frac{1}{2}.m.v^2$

$z = \frac{v^2}{2.g}$

$z = \frac{8{,}8^2}{2\times 9{,}8}$ = 3,98 m, soit environ 4 m. *calcul effectué avec v non arrondie*

Félix aurait pu atteindre cette vitesse en sautant approximativement du deuxième étage.
Le saut en parachute nécessite un apprentissage pour bien gérer l'atterrissage et apprendre à réaliser un mouvement particulier qui permet de réduire au dernier moment la vitesse.