

## Annale : Saut en parachute

### 1/ Etude expérimentale du saut

- 1/  $z_a = -50t + 4,0 \times 10^3$  pente négative et importante donc phase 3
- $z_b = -4,2t + 1,75 \times 10^3$  pente négative et faible donc phase 4
- $z_c = 6,1t + 4,6 \times 10^3$  pente positive donc phase 1
- $z_d = 4,0 \times 10^3$  constante donc phase 2

- 2/ la phase 3 est celle durant laquelle le parachute est fermé et donc la vitesse maximale.  $v_z = \frac{dz}{dt} = -50 \text{ m.s}^{-1}$  puisque  $z(t) = -50t + 4,0 \times 10^3$
- Donc  $v = 50 \text{ m.s}^{-1} = 180 \text{ km.h}^{-1}$ . Cette valeur est proche des  $200 \text{ km.h}^{-1}$  annoncées

### 2/ Etude de la phase 3 du saut

- 3/ D'après les relations  $z_d = 4,0 \times 10^3$  et  $z_a = -50t + 4,0 \times 10^3$ , l'altitude maximale atteinte est  $z_{\max} = 4,0 \times 10^3 \text{ m.}$

$$g(z_{\max}) = g_0 \left(1 - \frac{2 \times 4,0 \times 10^3 \text{ m}}{6,37 \times 10^6 \text{ m}}\right) = 0,999 g_0 \text{ donc } \frac{g(z_{\max})}{g_0} = 0,999$$

la variation est inférieure à 1%. Le champ de pesanteur peut être considéré constant.

- 4/ Le modèle utilisé, selon l'énoncé, est celui de la chute libre. La seule force qui s'applique sur le système est donc le poids. Deuxième loi de Newton,

$$\vec{m}\ddot{\vec{a}} = \vec{P} = m\vec{g} \Leftrightarrow \boxed{\ddot{\vec{a}} = \vec{g}}$$

Dans le repère  $(O; \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$   $\vec{a} (a_x, a_z)$  et  $\vec{g} (0, -g_0)$  donc  $\begin{cases} a_x = 0 \\ a_z = -g_0 \end{cases}$

5/  $\begin{cases} a_x = 0 = \frac{dv_x}{dt} \Rightarrow v_x(t) = A \\ a_z = -g_0 = \frac{dv_z}{dt} \Rightarrow v_z(t) = -g_0 t + B \end{cases}$  or  $v_x(0) = v_0 = A$ .

$v_z(t) = -g_0 t$  mvt uniformément accéléré

les ordonnées à l'origine sont cohérentes

}

mvt uniforme

mvt uniformément accéléré

$$\begin{cases} v_x(t) = v_0 = \frac{dx}{dt} \Rightarrow x(t) = v_0 t + C & \text{or } x(0) = 0 = C \\ v_z(t) = -g_0 t = \frac{dz}{dt} \Rightarrow z(t) = -\frac{1}{2} g_0 t^2 + D & z(0) = h_0 = D \text{ avec } h_0 = 4000 \text{ m} \end{cases}$$

Finalement  $\boxed{x(t) = v_0 t}$  et  $\boxed{z(t) = -\frac{1}{2} g_0 t^2 + h_0}$

6/ On isolé le temps :  $x = v_0 t \Leftrightarrow t = \frac{x}{v_0}$

douc  $\boxed{z = -\frac{1}{2} g_0 \left(\frac{x}{v_0}\right)^2 + h_0}$

7/ À partir de l'équation de la trajectoire, on peut écrire

$$\boxed{x = v_0 \sqrt{\frac{2(h_0 - z)}{g_0}}} \quad \text{A.N } x = 33 \text{ m.s}^{-1} \times \sqrt{\frac{2 \times (4000 - 1500) \text{ m}}{9,81 \text{ m.s}^{-2}}} \\ x = 7,5 \times 10^2 \text{ m}$$

la piste a une longueur de 1 km, l'ouverture du parachute s'effectue donc au dessus de la piste.

8/ Quelle est la date  $t_p$  telle que  $z(t_p) = 1500$  ?

$$z(t_p) = -\frac{1}{2} g_0 t_p^2 + h_0 \Leftrightarrow \boxed{t_p = \sqrt{\frac{2(h_0 - z(t_p))}{g_0}}}$$

A.N  $t_p = \sqrt{\frac{2 \times (4000 - 1500)}{9,81}} = 2,3 \times 10^{-1} \text{ s.}$

L'énoncé parle d'une cinquantaine de secondes de "chute libre", soit plus de deux fois la valeur que l'on a trouvée avec le modèle de chute libre. Ce modèle ne convient donc pas.

3/ Étude de la phase 4 du saut

1/ La force de frottement fluide dépend de la vitesse. Plus la vitesse est grande plus la valeur de cette force est grande. Le schéma b est celui dans lequel cette force est la plus grande. De plus, elle est très supérieure au poids et freine donc le tandem.

À l'opposé, sur le schéma a on constate que la force de frottement compense juste le poids. Sa valeur a diminué car la vitesse a diminué.

Conclusion schéma b : juste après l'ouverture

schéma a : quelques secondes après l'ouverture .

10.  $z_b(t) = -4,2t + 1,75 \cdot 10^3 \Rightarrow v_z(t) = -4,2 \text{ et } v = 4,2 \text{ m.s}^{-1}$

11. le mouvement est rectiligne et uniforme donc  $\vec{a} = \vec{0}$  et  $\vec{P} + \vec{F}_f = \vec{0}$

$$\Rightarrow \boxed{F_f = P} \quad \text{A.N. } F_f = \underline{200 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m.s}^{-2}} = 1,96 \times 10^3 \text{ N}$$

12.  $F_f = k v_z^2 = k v^2 \Leftrightarrow \boxed{k = \frac{F_f}{v^2}} \quad \text{A.N. } k = \frac{1,96 \times 10^3 \text{ N}}{(4,2 \text{ m.s}^{-1})^2} = 1,1 \times 10^2 \text{ kg.m}^{-1}$

13.  $E_c = \frac{1}{2} m v^2 \quad \text{A.N. } E_c = \frac{1}{2} \times 200 \text{ kg} \times (4,2 \text{ m.s}^{-1})^2 = 1,8 \times 10^3 \text{ J}$

14. la force de frottement fluide doit toujours compenser le poids, donc  $F_f = P$   
et  $F_f = k_s v_s^2 \Rightarrow v_s = \sqrt{\frac{F_f}{k_s}} = \sqrt{\frac{P}{k} \times 2} \Leftrightarrow \boxed{v_s = v \times \sqrt{2}}$

A.N.  $v_s = 5,9 \text{ m.s}^{-1}$

$$E'_c = \frac{1}{2} m v_s^2 = \frac{1}{2} m v^2 \times 2 = 2 E_c = 3,6 \times 10^3 \text{ J}$$

La variation d'énergie cinétique est deux fois plus importante avec le petit parachute. L'atterrissement sera donc plus délicat à négocier.