

TP 15.1 Théorème de l'énergie cinétique

Le 14 octobre 2012, Félix Baumgartner est le premier homme à franchir le mur du son (1342,8 km/h soit $373 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, l'équivalence de Mach 1,24), battant également le record du saut le plus haut (39 045 m).

Hissé dans l'atmosphère grâce à un ballon gonflé à l'hélium, Baumgartner est placé dans une capsule suspendue au ballon jusqu'à son altitude de largage. Il bat également le record de l'altitude la plus élevée jamais atteinte par un homme en ballon et le record de plus longue durée de chute libre (4 min 22 s).

<https://youtu.be/dYw4meRWGd4>

I. Variation de l'énergie cinétique au cours d'une chute libre

L'appareil d'étude de la chute libre est constitué d'un axe gradué vertical. Une bille d'acier est maintenue au sommet de l'axe par un système électromagnétique qui lorsqu'il est déconnecté libère la bille qui entame sa chute libre. Un capteur photosensible 1 placé juste sous la bille déclenche un chronomètre lors du passage de la bille immédiatement après sa libération ($t=0$). Un second capteur photosensible 2, qui peut coulisser le long de l'axe à une distance d du capteur 1, arrête le chronomètre au passage de la bille (temps t). Le logiciel Capstone affiche les valeurs de t : durée de chute entre capteur 1 et capteur 2.

On mesure l'altitude du capteur 1 par rapport au sol

$z_0 = \dots\dots\dots \text{ m}$

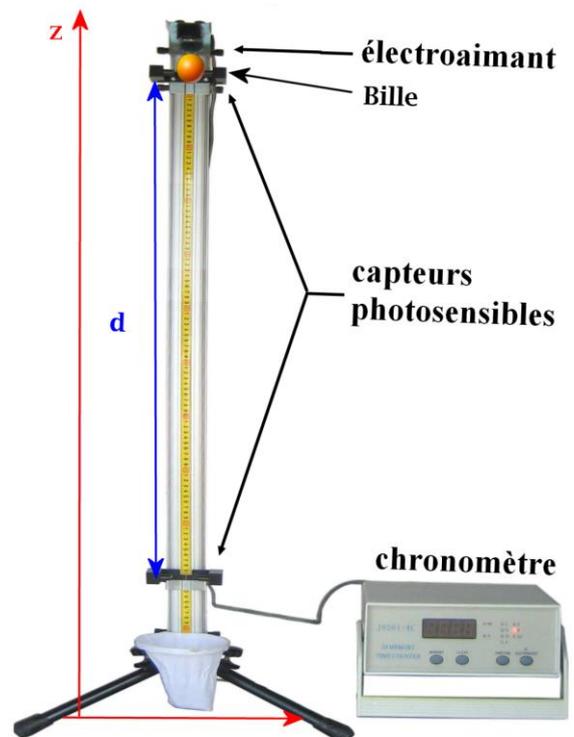
En un point M_i situé à une position z_i , l'énergie cinétique E_{ci} (J) d'un objet de masse m (kg) en mouvement à la vitesse v_i (m/s) est :

$$E_{ci} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_i^2 \text{ avec } v_i = \frac{d}{(t_{i+1} - t_{i-1})}$$

Élaborer un protocole permettant de déterminer la vitesse de la bille en un quinze de positions au cours d'une chute d'environ 0,80 m (on fera une mesure par élève).

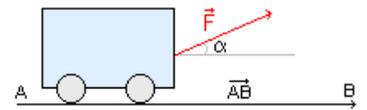
Dans Regressi, entrer d la distance de chute et t la durée, en déduire l'altitude z du capteur 2, calculer la vitesse v de la bille et l'énergie cinétique E_c de la bille pour les différentes distances d .

Donnée : m bille = g



II. Travail du poids au cours d'une chute libre

Lorsqu'un objet se déplace sur un trajet AB sous l'action d'une force \vec{F} , on dit que cette force travaille.



On appelle travail d'une force constante \vec{F} , lors d'un déplacement d'un point

A à un point B, le **produit scalaire** de la force \vec{F} par le déplacement \overrightarrow{AB} : $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \cdot AB \cdot \cos\alpha$.

Pour le poids la relation devient $W_{AB}(\vec{P}) = m \times g \times (z_A - z_B)$ (en J)

Calculer le travail du poids de la bille W entre le début de la chute et chaque position z . Compléter le tableau.

Donnée : $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$

III. Théorème de l'énergie cinétique

La variation d'énergie cinétique E_c d'un système en mouvement, entre deux positions A et B, est égale à la somme des travaux des forces appliquées au système entre les positions A et B.

$$\Delta E_c = E_{cB} - E_{cA} = \Sigma W_{AB}(\vec{F})$$

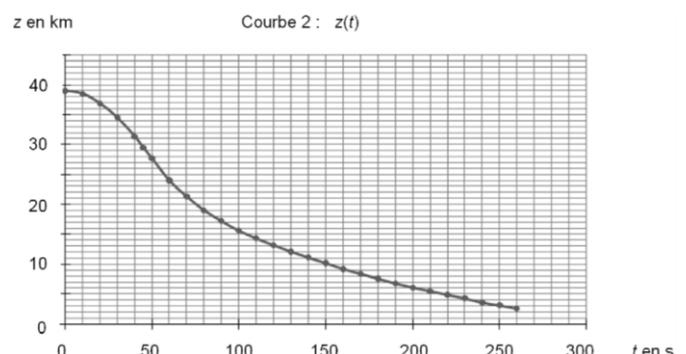
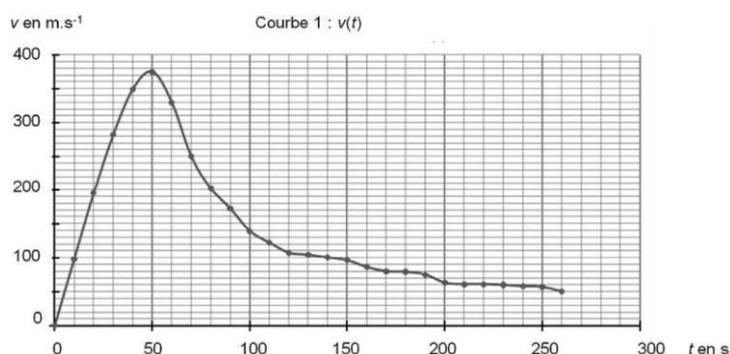
Montrer que $E_{cA} = 0$ et donc que $\Delta E_c = E_{cB}$

Compléter le tableau avec ΔE_c

Afficher les deux graphes de ΔE_c et de W en fonction de t .

Le théorème de l'énergie cinétique est-il vérifié ? Proposer une explication en cas d'écarts.

IV. Application au saut de Baumgartner



La masse de Félix Baumgartner et de son équipement est $m = 120 \text{ kg}$.

La date $t = 0$ correspond au début du saut de Felix Baumgartner.

- **A Quel moment de sa chute Felix Baumgartner peut-il être considéré comme en chute libre ? (Comparer avec la courbe de la vitesse v en fonction de t de votre expérience)**
- **Quelle force agit sur lui au bout d'un moment ? Cette force est-elle motrice ou résistante ?**
- **Sans atmosphère, quelle vitesse aurait-il atteint au sol lors de son saut ?**