TP-5
CHUTE LIBRE

But du TP

- Etudier la chute d'un objet qui n'est soumis à aucun effort (sans vitesse initiale) ;
- Description de la nature de mouvement d'un objet soumit à son poids ;
- Détermination expérimentale de la pesanteur (l'accélération terrestre) g ;
- Approuvassions le principe de la conservation d'énergie mécanique.

Partie théorique

1. Etude du mouvement uniformément accéléré (chute libre)

Dans le cas d'un mouvement rectiligne d'un objet (ex : chute libre) où l'accélération gravitationnelle près de la surface de la terre est constante :
La vitesse moyenne d'un objet entre l'instant t_0 et l'instant t est donnée comme :

$\bar{v} = \frac{h - h_0}{t - t_0} = \frac{h - h_0}{t}$ avec, $h_0 = h(t = 0)$ et $t_0 = 0$

L'accélération est constante, donnée comme :

$a = \bar{a} = \frac{v - v_0}{t}$ avec $v_0 = v(t = 0)$

Après certain temps d'accélération :

La position et la vitesse de cet objet s'écrit :

$$h(t) = h_0 + \bar{v}t \tag{1}$$

$$v(t) = v_0 + at \tag{2}$$

Et comme $a=Cte$, la vitesse moyenne entre les valeurs initiale v_0 et finale v est :

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2} \tag{3}$$

Substituant les équations (2) et (3) dans (1) on aura :

$$h(t) = h_0 + \frac{v_0 + v}{2}t = h_0 + \frac{v_0 + (v_0 + at)}{2}t = h_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \tag{4}$$

Substituant l'équation (2) dans (1) on obtient :

$$h(t) = h_0 + \frac{v_0 + v}{2}t \tag{5}$$

De l'équation (1) : $t = \frac{v - v_0}{a}$ et on remplace t dans (5) on obtient :

$$h(t) = h_0 + \left(\frac{v_0 + v}{2}\right)\left(\frac{v - v_0}{a}\right) = h_0 + \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \tag{6}$$

Alors :

$$v^2(t) = v_0^2 + 2a(h(t) - h_0) \tag{7}$$

Donc, la vitesse de l'objet à l'instant ***t*** s'écrit :

$$v(t) = \sqrt{v_0^{\,2} + 2a\left(h(t) - h_0\right)} \tag{8}$$

2. Etude énergétique d'une chute libre

Un objet en chute libre à une hauteur ***H*** possède une énergie appelée : énergie potentielle $\boldsymbol{E_P}$ qui augmente avec son altitude ***h***.

$$E_P \uparrow = mgh \uparrow \tag{9}$$

Il possède aussi une énergie lors de sa chute appelée : énergie cinétique $\boldsymbol{E_C}$ qui augmente avec sa vitesse ***v***.

$$E_C \uparrow = \frac{1}{2} mv^2 \uparrow \tag{10}$$

Par définition, l'énergie mécanique E_M, est la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie de position. Elle est **constante** au cours du temps, car la seule force agissant sur le système est le poids qui est une force conservative.

$$E_M = E_C + E_P \tag{11}$$

Dans le cas de l'absence de frottement de l'air, l'énergie mécanique se conserve au cours de la chute : $E_M(A) = E_M(B) = Cste$

$$E_M(A) = E_M(B) \Rightarrow E_P(A) + E_C(A) = E_P(B) + E_C(B) \Rightarrow \frac{1}{2} mv_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2} mv_B^2 + mgh_B$$

$$\frac{1}{2} mv_B^2 - \frac{1}{2} mv_A^2 = mgh_A - mgh_B \Rightarrow v_B^2 - v_A^2 = 2g\left(h_A - h_B\right) \Rightarrow v_B^2 = v_A^2 + 2g\left(h_A - h_B\right)$$

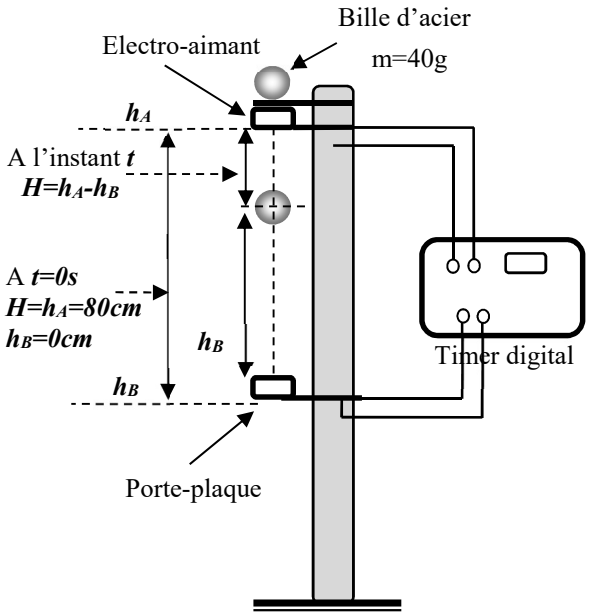
Donc, la vitesse de l'objet en chute libre à la position ***B*** s'écrit :

$$v_B = \sqrt{v_A^2 + 2g\left(h_A - h_B\right)} \tag{12}$$

Manipulation

On suspend une bille d'acier de masse ***m=40g*** à l'électro-aimant à une hauteur $\boldsymbol{h_A = 80cm}$.

- Faite le montage de la figure ci-contre.
- Fixer la bille d'acier sur l'électro-aimant de telle sorte que la trajectoire soit verticale au porte-plaque.
-Ajuster la hauteur de la chute $\boldsymbol{h_B}$ indiquée dans le tableau ci-dessous en soulevant le porte-plaque pour chaque essai.
- Appuyer sur le bouton Start pour démarrer la mesure du temps.
- Répéter la mesure du temps ***t***, 3 fois pour chaque hauteur $\boldsymbol{h_B}$ et consigner vos résultats dans le tableau ci-dessous.



$h_B(cm)$	80	70	60	50	40	30	20	10	0
$H = h_A - h_B(cm)$	0	10	20	30	40	50	60	70	80
$t(s)$	0								
	0								
	0								
$\bar{t}(s)$	0								
$\bar{t}^2(s^2)$	0								
$g = 2H/\bar{t}^2(m/s^2)$	9.81								
$v = \sqrt{2gH}$ (m/s)	0								
$E_P(t) = m.g.h_B$ (joule)									0
$E_C(t) = \frac{1}{2}mv^2$ (joule)	0								
E_M (joules)									

1- Tracer sur un papier millimétré la courbe ***H= f(t²)***.
2- Quelle est la nature du mouvement ?
3- Déduire du graphe la valeur expérimentale de l'accélération de la pesanteur ***g***.
4- Comparer cette valeur avec celle théorique ; commenter.
5- Calculer l'incertitude absolue Δg de l'accélération de la pesanteur ***g***.
On donne : $\Delta t = 0.001s$ et $\Delta H = 0.1cm$ Pour $H = 40cm$
6- Ecrire la valeur l'accélération de la pesanteur sous la forme $g = \bar{g} \pm \Delta g\left(m/s^2\right)$
7- Tracer, sur la même feuille millimétrée, les graphes $E_C = f(t)$, $E_P = f(t)$ et $E_M = f(t)$.
8- Déduire du graphe le temps de la chute ***t*** pour lequel $E_C = E_P$.
9- Que peut-on dire de l'énergie mécanique E_M ?
10- Conclusion.