

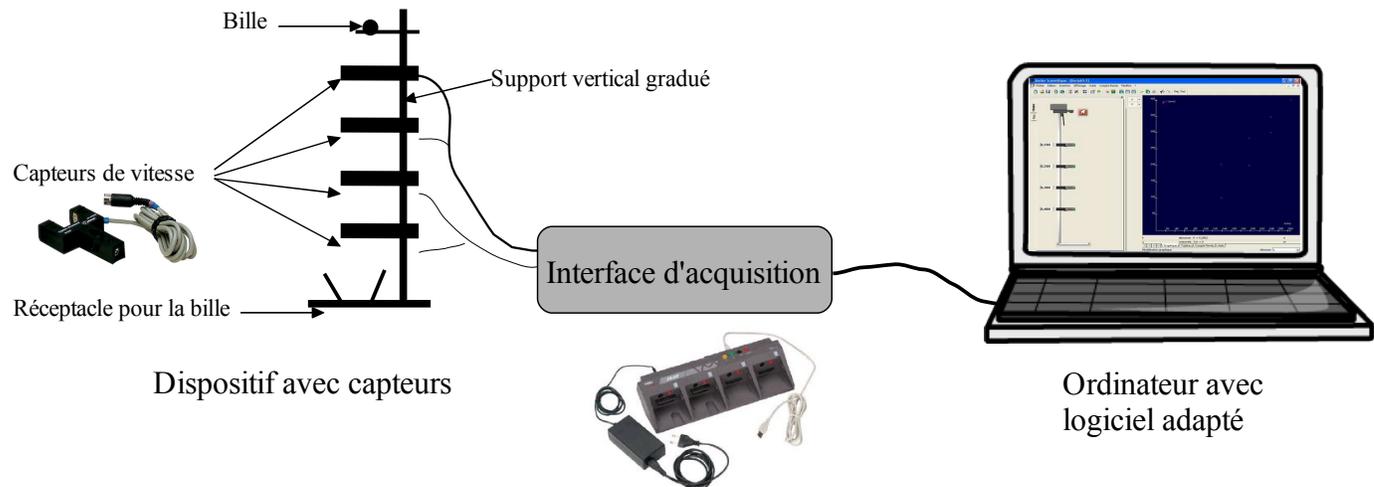
## Chute libre

### I- Montage expérimental

On étudie la chute libre d'une bille par une Expérience Assistée par Ordinateur (EXAO).

On laisse tomber une bille dans des fourches servant de capteurs de vitesse : la vitesse de la bille est transmise par une information électrique jusqu'à l'interface d'acquisition qui la transforme en signal numérique transmis à un ordinateur via le port USB. Un logiciel adapté présent sur l'ordinateur gère l'acquisition des mesures qui sont restituées dans un tableau ou sur un graphique. Ces données peuvent être traitées directement à partir du logiciel d'acquisition ou à l'aide d'un tableur.

Afin que la bille soit détectée lors de son passage au niveau des différents capteurs de vitesse, il faut prendre le soin au préalable de régler la verticalité du système.



### II- Etude du système

Le référentiel d'étude est le référentiel terrestre. Le système étudié est la bille.

Bilan des forces : la bille est soumise à son poids, à la résistance de l'air et à la poussée d'Archimède.

Les forces qui semblent négligeables sont la résistance de l'air et la poussée d'Archimède.

### III- Modélisation

Pour étudier l'influence éventuelle de la masse de la bille sur la vitesse de sa chute, on peut faire l'expérience avec 2 billes de masses différentes. Le dispositif expérimental permet d'obtenir la représentation graphique de la vitesse de la bille en fonction de la hauteur de chute. On lâche une première bille et on réalise l'acquisition. Tout en restant dans la même expérience au niveau du logiciel, on lâche une deuxième bille de masse différente et on réalise l'acquisition.

Sur le graphique, les points obtenus lors de cette deuxième acquisition sont confondus avec ceux de la première acquisition : **la masse de la bille n'a pas d'influence sur la vitesse de sa chute.**

Pour vérifier la relation théorique  $v^2 - v_0^2 = 2 \times g \times h$ , on exporte les données obtenues lors de l'acquisition vers un tableur (exemple Openoffice Calc).

Les 3 premières colonnes correspondent aux données de l'acquisition :

- t est l'instant du passage de la bille devant le capteur
- y est l'« altitude » de la bille selon un axe orienté vers le bas (c'est la hauteur de chute par rapport à la graduation 0 m du support vertical utilisé pour fixer les capteurs de vitesse)
- v est la vitesse de la bille

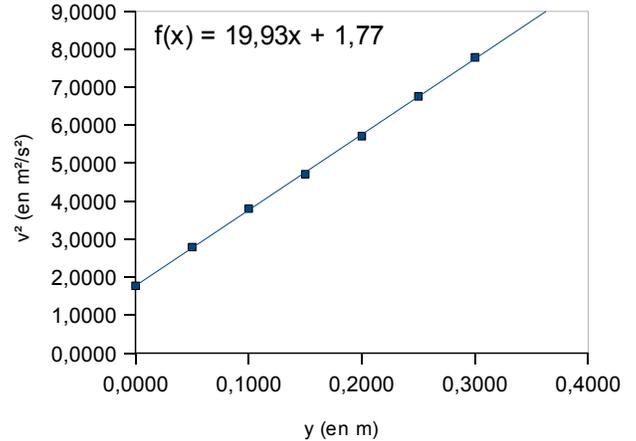
Voici une partie du tableau de valeurs avec les formules à saisir :

t (en s)	y (en m)	v (en m/s)	v <sup>2</sup> (en m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
0,1310	0,0000	1,3300	=C2*C2
0,1640	0,0500	1,6700	=C3*C3

Résultats de l'expérience :

t (en s)	y (en m)	v (en m/s)	v <sup>2</sup> (en m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
0,1310	0,0000	1,3300	1,7689
0,1640	0,0500	1,6700	2,7889
0,1920	0,1000	1,9500	3,8025
0,2160	0,1500	2,1700	4,7089
0,2380	0,2000	2,3900	5,7121
0,2580	0,2500	2,6000	6,7600
0,2770	0,3000	2,7900	7,7841

Evolution du carré de la vitesse en fonction de la hauteur de chute



Sur la représentation graphique, on ajoute une courbe de tendance qui correspond à une fonction affine.

Le modèle est valide car les points expérimentaux sont très proches de la droite.

La relation trouvée expérimentalement est :  $v^2 = 19,93 \times h + 1,77$

La relation théorique est  $v^2 - v_0^2 = 2 \times g \times h$

En comparant ces deux relations, on peut dire que :

$$v_0^2 = 1,77 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \quad \text{et} \quad 2 g_{\text{expérimental}} = 19,93 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$g$  est l'intensité de la pesanteur

$$g_{\text{théorique}} = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad \text{et} \quad g_{\text{expérimental}} = \frac{19,93}{2} \approx 9,97 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Ecart relatif entre la valeur expérimentale de  $g$  et sa valeur théorique :

$$\frac{|g_{\text{théorique}} - g_{\text{expérimental}}|}{g_{\text{théorique}}} = \frac{|9,81 - 9,97|}{9,81} = 0,016 = 1,6\%$$

**L'étude de la chute libre d'une bille permet de déterminer la valeur de l'intensité de la pesanteur avec une bonne précision (l'écart est de 1,6%).**

Les sources d'erreurs sont :

- la précision des capteurs (qui influe sur la valeur de  $v$ )
- la précision du positionnement des capteurs (qui influe sur la valeur de  $y$ )
- on a négligé les frottement de l'air et la poussée d'Archimède (la formule théorique appliquée est celle de la chute libre, seul le poids est pris en compte)
- la valeur théorique de l'intensité de la pesanteur dépend du lieu de l'expérience

### IV- Théorème de l'énergie cinétique

L'énergie cinétique d'un solide est l'énergie qu'il possède du fait de son mouvement.

$$E_c = \frac{1}{2} m v_G^2$$

$E_c$  énergie cinétique en J  
 $m$  masse en kg  
 $v_G$  valeur de la vitesse du centre d'inertie du solide en m/s

On souhaite vérifier, à l'aide du tableur, que la variation de l'énergie cinétique de la bille entre deux positions A et B est égale au produit du poids de la bille par la hauteur de chute AB.

Pour cela :

- créer une colonne comportant la valeur de l'énergie cinétique de la bille à chaque instant.
- créer une colonne comportant la valeur de la variation de l'énergie de la bille entre l'instant considéré et l'instant où la bille passe à l'altitude 0,0 m.
- créer une colonne comportant le produit du poids de la bille ( $P = m \times g$ ) par la hauteur de chute ( $y$ ).

Voici les formules à saisir :

	A	B	C	D	E	F	G
1	t (en s)	y (en m)	v (en m/s)	v <sup>2</sup> (en m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	Ec (en J)	ΔEc (en J)	P*y (en kg.m)
2	0,1310	0,0000	1,3300	1,7689	=1/2 * B\$10*D2	=E2-E\$2	=B\$10*B\$11*B2
3	0,1640	0,0500	1,6700	2,7889	=1/2 * B\$10*D3	=E3-E\$2	=B\$10*B\$11*B3
4	0,1920	0,1000	1,9500	3,8025	=1/2 * B\$10*D4	=E4-E\$2	=B\$10*B\$11*B4
5	0,2160	0,1500	2,1700	4,7089	=1/2 * B\$10*D5	=E5-E\$2	=B\$10*B\$11*B5
6	0,2380	0,2000	2,3900	5,7121	=1/2 * B\$10*D6	=E6-E\$2	=B\$10*B\$11*B6
7	0,2580	0,2500	2,6000	6,7600	=1/2 * B\$10*D7	=E7-E\$2	=B\$10*B\$11*B7
8	0,2770	0,3000	2,7900	7,7841	=1/2 * B\$10*D8	=E8-E\$2	=B\$10*B\$11*B8
9							
10	masse (en kg)	0,0560					
11	g (en N/kg)	9,81					

Résultats :

t (en s)	y (en m)	v (en m/s)	v <sup>2</sup> (en m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	Ec (en J)	ΔEc (en J)	P*y (en kg.m)
0,1310	0,0000	1,3300	1,7689	0,0495	0,0000	0,0000
0,1640	0,0500	1,6700	2,7889	0,0781	0,0286	0,0275
0,1920	0,1000	1,9500	3,8025	0,1065	0,0569	0,0549
0,2160	0,1500	2,1700	4,7089	0,1318	0,0823	0,0824
0,2380	0,2000	2,3900	5,7121	0,1599	0,1104	0,1099
0,2580	0,2500	2,6000	6,7600	0,1893	0,1398	0,1373
0,2770	0,3000	2,7900	7,7841	0,2180	0,1684	0,1648

masse (en kg)	0,0560
g (en N/kg)	9,81

**La variation de l'énergie cinétique de la bille est très proche du produit du poids de la bille par la hauteur de chute.**

Le poids de la bille est la seule force non négligeable.

La variation de l'énergie cinétique de la bille entre deux positions de celle-ci est égale au travail du poids de la bille. On a vérifié le théorème de l'énergie cinétique : « Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique d'un solide, entre deux positions, est égale à la somme des travaux des forces extérieures appliquées à ce solide entre ces deux positions. »