

On se propose d'étudier le mouvement de la chute d'une balle à l'aide d'un logiciel de pointage vidéo puis d'utiliser un tableur pour tracer l'évolution temporelle de la vitesse instantanée verticale  $V_y$  au cours du temps  $t$  :  $V_y = f(t)$  afin de répondre à la problématique :

**Dans le cas de la chute libre d'un objet, à un instant donné quelconque, quelles sont les caractéristiques du vecteur variation de vitesse du centre de gravité?**

L'expérience est d'ailleurs réalisable dans une chambre à vide :

<https://www.youtube.com/watch?v=E5qwPlxxoCQ>

Laisser tomber un marteau et une plume...

<https://www.youtube.com/watch?v=QIQIPje4FYQ>

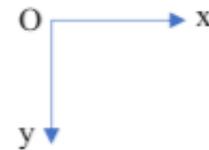


### Doc 1 : Description de l'expérience

Une boule de masse  $m$  est lâchée, sans vitesse initiale, d'une hauteur  $h$  par rapport au sol. On suppose ici le champ de pesanteur de la Terre uniforme et de valeur :  $g$  (terre) =  $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$ . La balle est lâchée à l'instant  $t = 0 \text{ s}$ , sans vitesse initiale. La position du centre d'inertie de la balle sur la vidéo, à l'instant  $t = 0 \text{ s}$ , est prise comme origine du repère orthonormé avec l'axe  $(Oy)$  orienté vers le bas.

### Doc 2 : Matériel mis à votre disposition

- Logiciel de pointage Aviméca (et sa notice d'utilisation)  
Tutoriel : [http://www.ac-grenoble.fr/lycee/faure.annecy/IMG/pdf\\_Utilisation\\_d\\_avimeca.pdf](http://www.ac-grenoble.fr/lycee/faure.annecy/IMG/pdf_Utilisation_d_avimeca.pdf) )
- Tableur (type Excel)



### I - Etude de l'enregistrement vidéo « Chute\_2 balles »

Mais préalablement :

**Pouvez-vous prévoir, entre 2 balles de même forme, lâchées simultanément de la même altitude, laquelle arrive la première au sol ?**

### Utilisation d'un logiciel de pointage

Aviméca peut être utilisé. Pour des questions de priorité (vu le temps imparti), cette partie relativement longue ne sera abordée que si l'exploitation des données (voir III) a été réalisée. Il est prévu, de toute manière d'utiliser à nouveau un logiciel de pointage durant cette année scolaire. Si on n'utilise pas Aviméca, on zappera toutes les parties encadrées en pointillés (fond jaune).

Ce logiciel de pointage Aviméca est présent dans le dossier Logiciel Physique.  
(On peut aussi le télécharger chez soi, il ne fonctionne que sous Windows)

Ouvrir sous Aviméca le film « chute\_2balles.avi » qui se trouve dans le dossier correspondant.

- 1) Régler la taille de l'image (adapter), l'aspect du pointeur.
- 2) Visualiser le film en vitesse normale
- 3) Etalonner les distances : on placera le centre du repère (dont l'axe vertical est dirigé vers le bas) sur la balle de droite à l'instant où elle quitte la main.

La balle de droite a une masse de 100 g, celle de gauche 50 g.

L'échelle des distances est la suivante : on prendra comme référence des longueurs la distance entre le bas du mur et le bas de la feuille de papier suivant la verticale : 1,45 m.

- 4) Obtention des données concernant la trajectoire :

Revenir à l'image correspondant au lâché (centre du repère).

Cliquer avec le pointeur sur les positions successives occupées par (le centre de gravité de) la balle et arrêter l'enregistrement des points à la dernière position que la balle occupe avant de toucher le sol.

Caler l'origine des dates ( $t=0\text{s}$ ) à l'image correspondant au lâché.



**Appeler le professeur en cas de difficulté pour mettre en œuvre le protocole**



## II - Exploitation des données

### 1. Etude de la trajectoire

Pour répondre aux questions suivantes, on rédigera sur un fichier Excel, préalablement ouvert.  
Si le professeur décide de ne pas utiliser Aviméca et de passer directement à l'exploitation du fichier de données recueillies, téléchargez le fichier xlsx (le chemin vous sera donné par le professeur). Ce fichier enregistré sous le nom : « n° classe \_Noms\_vecteur\_Acceleration » sera imprimé en fin de séance.

1/ A partir du logiciel Aviméca, coller (sur le fichier Excel), la trajectoire en utilisant l'icône « Graphique >>>/ Presse-papier ».

On aura pris soin, avant de coller cette trajectoire, de rendre colorés et visibles les axes utilisés et les positions successives du centre de gravité.

- 1.1. Décrire qualitativement l'évolution de la position en fonction du temps ?
- 1.2. Le mouvement du centre d'inertie de la boule est-il rectiligne et uniforme ?  
Qu'en déduire concernant les forces qui agissent sur le système ?

### 2. Etude de la vitesse instantanée

Pour obtenir le tableau des valeurs pointées à partir d'Aviméca et pouvoir les exploiter sur un tableur (ici Excel), il suffit d'utiliser l'icône « Tableau de mesures >>>/ Presse-papier ».  
De retour sur Excel, coller ce tableau (utiliser la combinaison des touches de clavier (CRT V)

Noter dans une colonne à insérer à gauche, les positions de G0 à G16

- Tracer l'évolution temporelle de  $V_y = f(t)$  ou  $V_y(t)$ . Les points ne seront pas reliés entre eux.

$$\text{On utilisera la relation suivante : } V_y(t) = \frac{y(t+\Delta t) - y(t-\Delta t)}{2\Delta t}$$

### 3. Etude de l'accélération

On souhaite modéliser la courbe obtenue  $V_y(t)$  et connaître la valeur de l'accélération à chaque instant.

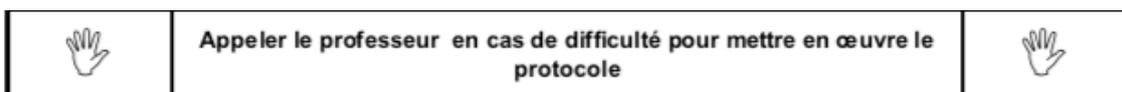
3.1. Choisir le modèle mathématique le plus adapté.

A l'aide de la 2<sup>ème</sup> loi de Newton, les physiciens ont modélisé, lors de la chute libre, l'évolution temporelle de la vitesse instantanée par la formule :  $V_y(t) = g \times t$  avec  $V_y(t=0s) = 0$  m/s (vitesse initiale nulle) à  $t_0 = 0$  s l'instant correspondant au lâché de la boule, correspondant à l'origine des temps.

L'accélération  $a$  (exprimée en  $m.s^{-2}$ ), représente l'augmentation de la vitesse par unité de temps :

$$a(t) = \frac{\Delta V(t)}{\Delta t} = \frac{V_y(t+\Delta t) - V_y(t-\Delta t)}{2\Delta t} \quad \text{et a pour valeur } a = g_{\text{Terre}} = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$$

$\vec{g}$  champ de pesanteur de la planète Terre



- 3.2. A l'aide de la courbe modélisée, la relation  $V_y(t) = g \times t$ , est-elle vérifiée ?
- 3.3. A l'aide de la courbe modélisée, déterminer expérimentalement  $g_{\text{Terre exp}}$
- 3.4. Calculer l'écart relatif. Conclure sur cette valeur et les hypothèses de forces négligeables justifiées.
- 3.5. Lorsqu'un solide est soumis uniquement à son poids, on dit qu'il est en chute libre.  
Dans ce cas, l'évolution de sa vitesse ne dépend pas de sa masse.  
Peut-on dire ici que les boules étaient en chute libre ?
- 3.6. Tracer à côté de la trajectoire (avec l'outil dessin), la direction et le sens des vecteurs vitesse en  $G_{12}$  et en  $G_{14}$ . Dessiner la variation du vecteur vitesse en  $G_{13}$ . On prendra comme longueur représentative du vecteur vitesse (en  $G_{13}$  :  $\vec{V}(G_{13})$ ) celle du segment correspondant à la distance [  $G_{12}G_{14}$  ]
- 3.7. Quelle direction particulière possède cette variation de vecteur vitesse ? Voir **essentiel** du cours

4. Perspective D'après l'énoncé de la 2<sup>ème</sup> loi de Newton :  $m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \sum \vec{F}_{ext}$

Où  $m$  représente la masse de l'objet en mouvement et  $\sum \vec{F}_{ext}$  la résultante des forces (extérieures au système – voir diagramme d'interaction).

Montrer que dans le cas de la chute libre, l'accélération (variation du vecteur vitesse par unité de temps) ne dépend pas de la masse de l'objet en mouvement.