

Chute verticale d'un solide



- Objectifs:** - Étudier la chute verticale d'une bille d'acier dans l'air sans frottement.
- Étudier la chute verticale d'une bille d'acier dans l'huile avec frottements.

I. CHUTE VERTICALE D'UNE BILLE D'ACIER DANS L'AIR

1) Exploitation d'un document vidéo

- Ouvrir le logiciel AVIMECA puis charger le fichier "**Bille_1_air.avi**".
- Clip \Rightarrow Adapter \Rightarrow Cocher la case Adapter.
- Visualiser le clip vidéo avec la flèche verte: \blacktriangleright
- Pointages \Rightarrow Forme du pointeur \Rightarrow Grande cible
 \Rightarrow Couleur du pointeur Blanc
- Revenir au début du clip: flèche bleue \blacktriangleleft .

• Onglet: Etalonnage

Origine et sens: cliquer sur le cercle et choisir un axe vertical dirigé vers le bas.

Placer le repère sur la position initiale de la bille et cliquer dessus.

Echelle identique: cliquer sur "1^{er} point" puis déplacer la souris au sommet de la règle et cliquer.

Choisir "2nd point" et cliquer sur le bas de la règle. Entrer dans le cadre vert la valeur **0,507 m**.

• **Onglet: Mesure.** Pointer avec la souris sur la position initiale de la bille: le logiciel enregistre les coordonnées de la bille dans le tableau et le film avance automatiquement d'une image. Cliquer sur la seconde image jusqu'à la dernière image ($t = 0,367$ s). Vérifier que le premier point correspond à l'origine des axes ($x = 0,000$ et $y = 0,000$) et des dates ($t = 0,00$).

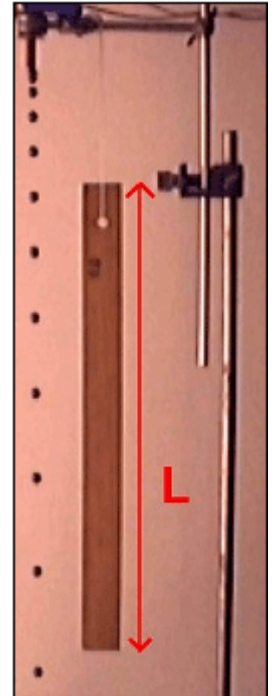
- Quel est le type de mouvement de la bille ?
- Comment varie la vitesse de la bille au cours du temps ?

- Copier le tableau dans le presse-papier: cliquer sur l'icône  OK.

2) Etude des courbes expérimentales

- Ouvrir **Excel** puis charger le fichier "**Chute libre bille acier élève.xls**".
- Placer le curseur dans la cellule **B7** et copier le tableau avec l'icône "Coller". Le pointage AviMéca (t , x , y) et apparaît. Dans la suite, on note $h(t) = y(t)$ la hauteur de chute et $v(t) = v_y(t)$ la vitesse de la bille. Visualiser les deux graphes $h(t)$ et $v(t)$ dans les onglets correspondants.

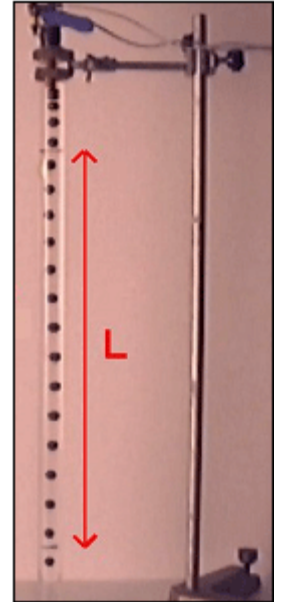
- Reproduire l'allure des graphes $h(t)$, $v(t)$.
 - Quelle relation doit-on écrire pour calculer la valeur de la vitesse v_n du point M_n , à partir des ordonnées y_{n+1} et y_{n-1} et des dates t_{n-1} et t_{n+1} ? Faire l'application numérique pour v_2 et vérifier votre réponse dans le tableau du pointage.
 - La hauteur de chute $h(t)$ est-elle proportionnelle au temps ? Justifier.
 - Quelle est l'allure du graphe $v(t)$? Conclure.
Déterminer la pente du graphe $v(t)$ à partir des valeurs du tableau. Vérifier votre calcul en entrant, dans une cellule vide de la première page, l'expression: = pente(E10:E20; B10:B20) On gardera cette valeur pour la pente dans la suite.
Ecrire la relation numérique entre v et t .
 - Comparer la pente à la valeur $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$. Ecart relatif. Ecrire alors l'expression de v en fonction de g et t .
 - Que représente la pente du graphe $v(t)$? En déduire la valeur de l'accélération du solide.
 - Comparer les caractéristiques des vecteurs \vec{a} et \vec{g} . Conclure.
 - Étude théorique: définir une chute libre. Appliquer la deuxième loi de Newton et déterminer l'expression du vecteur accélération \vec{a} de la bille. La bille d'acier, dans l'expérience précédente, est-elle en chute libre ? Justifier.
- Fermer le fichier sans sauvegarder.



II. CHUTE VERTICALE D'UNE BILLE D'ACIER DANS DU GLYCEROL DILUE

1) Exploitation d'un document vidéo

- Charger dans Aviméca le fichier "Chute bille eau - glycerol.avi".
- Clip \Rightarrow Adapter \Rightarrow Cocher la case Adapter.
- Visualiser le clip vidéo avec la flèche verte: \blacktriangleright
- **Onglet: Etalonnage**
 Origine et sens: cliquer sur le cercle et choisir un axe vertical dirigé vers le bas.
 Placer le repère sur la position initiale de la bille et cliquer dessus.
 Echelle identique: cliquer sur "1^{er} point" puis déplacer la souris sur la graduation du haut et cliquer. Choisir "2nd point" et cliquer sur la graduation du bas. Entrer dans le cadre vert la valeur **0,500 m** ($L = 50$ cm).
- **Onglet: Mesure.** Pointer avec la souris sur la position initiale de la bille. Relever toutes les positions de la bille (jusqu'à $t = 0,800$ s). Vérifier que le premier point correspond à l'origine des axes ($x = 0,000$ et $y = 0,000$) et des dates ($t = 0,00$).
- Copier le tableau dans le presse-papier.



2) Etude du graphe $v(t)$ – Vitesse limite

- Dans **Excel** charger le fichier préformaté: "**Chute bille eau – glycerol élève.xls**".
- Placer le curseur dans la cellule **B5** et copier le tableau avec l'icône "Coller".

a) Reproduire l'allure du graphe $v(t)$. Le graphe présente deux régimes dans le mouvement de la bille: le **régime transitoire** et le **régime permanent**. Sur le graphe $v(t)$, indiquer la délimitation dans le temps des deux régimes.

• Menu: **Affichage** \rightarrow **Barre d'outils** \rightarrow **Dessin**: choisir de tracer une droite: icône \diagdown . Tracer sur le graphe $v(t)$ l'asymptote horizontale lors du régime permanent. Déterminer alors sur le graphe la valeur de la vitesse limite, notée v_{lim} .

• Tracer sur le graphe $v(t)$ la tangente à l'origine (avec une bonne approximation elle est assimilable à la droite joignant l'origine et le premier point de mesure). Elle coupe l'asymptote $v = v_{lim}$ en un point P à la date $t = \tau$.

b) Déterminer la valeur du temps caractéristique τ .

Étude du régime transitoire:

c) En analysant l'évolution de la pente de la tangente au graphe $v(t)$, indiquer comment évolue l'accélération $a(t)$ de la bille.

d) La bille est soumise à son poids $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ et une force \vec{F} de sens opposé au vecteur vitesse \vec{v} de la bille. Faire un schéma. Appliquer la deuxième loi de Newton et montrer que la valeur de la force exercée par le fluide est $F = m \cdot (g - a)$. Comment évolue la valeur de F au cours du mouvement? Justifier.

Étude du régime permanent:

e) À partir de l'allure de $v(t)$ dans le régime permanent, indiquer quelle est la nature du mouvement.

f) Quelle est la valeur de l'accélération? Donner alors une expression pour la valeur de la force F.

Prolongement (s'il reste du temps)

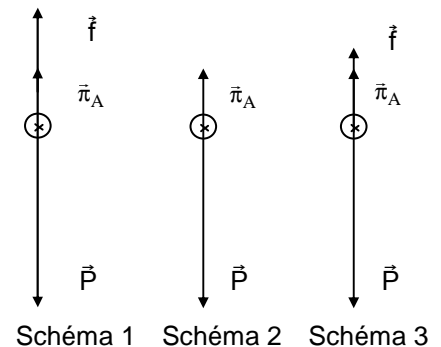
• La force \vec{F} comprend la force de frottement \vec{f} et la poussée d'Archimède $\vec{\pi}_A$ du fluide sur la bille: $\vec{F} = \vec{f} + \vec{\pi}_A$

i) Exprimer la norme de $\vec{\pi}_A$ en fonction de la masse volumique ρ du glycérol, du volume V de la bille et de \vec{g} . Calculer sa valeur.

Données : $\rho = 1,07 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, rayon $R = 0,59 \text{ cm}$, $m = 6,9 \text{ g}$.

j) En déduire la valeur de la force de frottement \vec{f} en régime permanent. En régime permanent, la valeur poussée d'Archimède $\vec{\pi}_A$ est-elle négligeable devant la valeur de \vec{f} ? (Critère: F_1 est négligeable devant F_2 si $F_2 / F_1 > 100$).

k) On considère les 3 schémas ci-dessous qui correspondent à 3 instants de la chute de la bille: instant initial, instant en régime transitoire, instant en



régime permanent. Associer chaque schéma à un instant en justifiant votre choix.