Pendule simple

Bac S 2013 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Citer deux expressions employées dans le texte pour désigner une oscillation.

Galilée parle d'« allées et venues » des boules, puis de « vibrations ».

Une oscillation : « allées et venues » ou « vibrations ».

COMPRENDRE
Une oscillation est un aller-retour complet : la boule revient au même point en allant dans le même sens. Sa durée est la période T.

1.2 Comment Galilée désigne-t-il la position d'équilibre du pendule ?

À l'équilibre, le fil est vertical, donc perpendiculaire à l'horizontale. Galilée écrit qu'il écarte les boules « de la position perpendiculaire ».

Position d'équilibre : « la position perpendiculaire ».

1.3.1 La masse m de la boule suspendue a-t-elle une influence sur la période du pendule ? Justifier à partir du document 1.

La boule de plomb est au moins cent fois plus lourde que celle de liège, les deux fils ont la même longueur. Pourtant, après cent ou mille oscillations, aucune boule n'a pris d'avance sur l'autre : leur « rythme de mouvement » est « rigoureusement identique ».

La masse m n'a pas d'influence sur la période.

PIÈGE
Répondre sans s'appuyer sur le texte : la justification par le document est exigée, la formule seule ne suffit pas.

COMPRENDRE
C'est cohérent avec la relation $T = 2\pi\sqrt{\ell/g}$ de l'énoncé, où m n'apparaît pas.

1.3.2 Le pendule en plomb est-il plus, moins ou autant sensible aux frottements que le pendule en liège ? Justifier.

Selon Galilée, l'action du milieu (l'air) ralentit « bien davantage » les vibrations du liège que celles du plomb. À la fin, le liège ne décrit plus que des arcs de cinq ou six degrés, contre cinquante ou soixante pour le plomb : son amplitude a beaucoup plus diminué.

Le pendule en plomb est moins sensible aux frottements que le pendule en liège.

COMPRENDRE
Les deux boules subissent des frottements de l'air comparables, mais la boule de plomb, bien plus lourde, possède une énergie mécanique bien plus grande : elle en perd une fraction plus faible à chaque oscillation.

1.3.3 La période des oscillations dépend-elle des frottements ? Justifier.

Le milieu gêne le mouvement « sans toutefois modifier » la fréquence des vibrations. De plus, les petits arcs du liège et les grands arcs du plomb sont parcourus « en des temps égaux » alors que les frottements n'agissent pas de la même façon sur les deux boules.

La période ne dépend pas des frottements (tant qu'ils restent faibles).

PIÈGE
Confondre amplitude et période : les frottements font diminuer l'amplitude des oscillations, pas leur durée.

1.4 Pourquoi peut-on admettre que les pendules décrits dans le texte sont assimilables à des pendules simples ?

Données utiles une coudée vaut $0{,}57$ m ; fils de quatre coudées

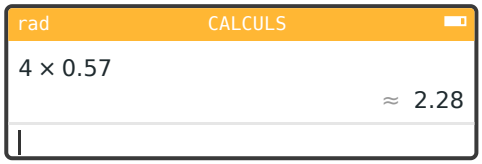
Un pendule simple est un solide de petite taille suspendu à un fil de masse négligeable, de longueur très supérieure à la taille du solide.

- Les fils sont « très fins » : leur masse est négligeable devant celle des boules.
- Leur longueur vaut $\ell = 4 \times 0{,}57 = 2{,}3$ m, ce qui est très grand devant le diamètre d'une boule tenue en main (quelques centimètres).

Fil de masse négligeable et $\ell \approx 2{,}3$ m très supérieure à la taille des boules : ce sont des pendules simples.

MÉTHODE
Pour justifier un modèle, reprendre une à une les conditions de sa définition (ici celles de l'introduction du sujet) et montrer que chacune est remplie.

À LA CALCULATRICE



1.5 Calculer la valeur de la période des pendules de Galilée.

Données utiles $\ell = 4 \times 0{,}57$ m (Q1.4) ; $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

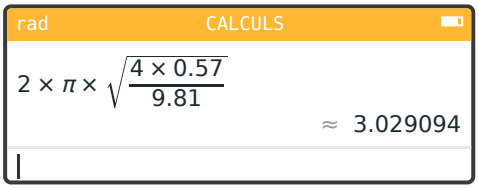
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{4 \times 0{,}57}{9{,}81}} = 3{,}0\ \text{s}$$

$T = 3{,}0$ s

PIÈGE
Utiliser la valeur arrondie $\ell = 2{,}3$ m dans le calcul : on garde $4 \times 0{,}57$ et on n'arrondit qu'à la fin.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la donnée la moins précise ($0{,}57$ m). Le nombre 4 de « quatre coudées » est un nombre exact, il ne limite pas la précision.

À LA CALCULATRICE



2.1 Expliquer pourquoi ce dispositif expérimental permet de simuler une variation de l'intensité de la pesanteur.

La bille en acier subit, en plus de la tension du fil, deux forces verticales : son poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$ et la force magnétique $\vec{F}$. Le champ étant uniforme, $\vec{F}$ est la même en tout point de la trajectoire.

Leur somme $\vec{P} + \vec{F}$ est donc une force verticale constante : elle agit comme un poids de valeur différente, $m\,g_{\text{app}}$ avec $g_{\text{app}} \neq g$.

Tout se passe comme si la bille oscillait dans un champ de pesanteur d'intensité g_{app} différente de g.

2.2 Comment doit être orientée la force magnétique exercée sur la bille pour simuler un accroissement de la pesanteur ? Justifier.

Le poids est vertical et dirigé vers le bas. Pour que la force résultante $\vec{P} + \vec{F}$ ait une valeur plus grande que P, la force magnétique doit avoir le même sens que le poids : les valeurs s'ajoutent, $m\,g_{\text{app}} = m\,g + F$.

La force magnétique doit être verticale et dirigée vers le bas : $g_{\text{app}} = g + \dfrac{F}{m} > g$.

2.3 Comment peut-on simuler un affaiblissement de l'intensité de la pesanteur ?

Il faut que la force magnétique s'oppose au poids, donc qu'elle soit dirigée vers le haut : $m\,g_{\text{app}} = m\,g - F$. On l'obtient en changeant le sens de la force magnétique par rapport au cas précédent, par exemple en inversant le sens du courant dans les bobines.

Force magnétique verticale vers le haut : $g_{\text{app}} = g - \dfrac{F}{m} < g$.

2.4 Si le dispositif simule un accroissement de la pesanteur, comment cela se traduit-il sur l'évolution de la période du pendule ? Justifier.

$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{\ell}{g}}$: à longueur ℓ fixée, g est au dénominateur, donc T diminue quand g augmente.

Si la pesanteur apparente augmente, la période du pendule diminue : il oscille plus vite.

2.5.1 Proposer une méthode expérimentale pour obtenir une mesure la plus précise possible de la période.

On chronomètre la durée Δt d'un grand nombre N d'oscillations (par exemple $N = 20$), en déclenchant et en arrêtant le chronomètre au passage par la position d'équilibre, puis on calcule :

$T = \dfrac{\Delta t}{N}$, avec N grand.

COMPRENDRE
L'erreur de déclenchement du chronomètre (quelques dixièmes de seconde) est la même pour 1 ou 20 oscillations : rapportée à une période, elle est divisée par N.

2.5.2.1 Pour un pendule de longueur 0,50 m, on mesure une période de 1,5 s avec le courant. Le dispositif simule-t-il un accroissement ou une diminution de la pesanteur ? Expliquer.

Données utiles $\ell = 0{,}50$ m ; $T_{\text{mes}} = 1{,}5$ s ; $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

Période du même pendule sans courant :

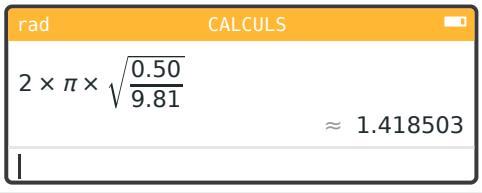
$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{0{,}50}{9{,}81}} = 1{,}4\ \text{s}$$

Avec le courant, $T_{\text{mes}} = 1{,}5\ \text{s} > T_0$: la période a augmenté. Or, à ℓ fixée, T augmente quand g diminue (Q2.4).

$T_{\text{mes}} = 1{,}5\ \text{s} > T_0 = 1{,}4\ \text{s}$: le dispositif simule une diminution de la pesanteur.

MÉTHODE
Pour dire dans quel sens une grandeur a varié, il faut une valeur de comparaison : ici la période sans courant, calculée avec $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

À LA CALCULATRICE



2.5.2.2 Déterminer la valeur de l'intensité de la pesanteur apparente.

Données utiles $\ell = 0{,}50\ \text{m}$; $T_{\text{mes}} = 1{,}5\ \text{s}$

$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{\ell}{g_{\text{app}}}}$ donne, en élevant au carré, $T^2 = \dfrac{4\pi^2\,\ell}{g_{\text{app}}}$, soit :

$$g_{\text{app}} = \frac{4\pi^2\,\ell}{T^2} = \frac{4\pi^2 \times 0{,}50}{1{,}5^2} = 8{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

Cette valeur est inférieure à $9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, en accord avec la question précédente.

$$\boxed{g_{\text{app}} = 8{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}}$$

PIÈGE

Oublier le carré sur T ou sur 2π en isolant g.
Vérifier l'unité : des mètres divisés par des secondes au carré.

À LA CALCULATRICE

