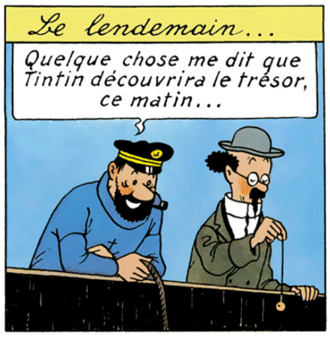
1 Le pendule simple : un instrument de mesure du champ de pesanteur ?

Dans l'album de Tintin « *Le trésor de Rackham le Rouge* » d'HERGÉ (paru en 1944), le personnage du professeur Tournesol est sans cesse à manipuler son pendule, prétendant être à même de prévoir l'**emplacement du trésor** en observant les oscillations du pendule.

Il s'agit d'un des *gags* de l'album, qui a la particularité de se développer de manière discontinue sur plus d'une dizaine de pages, le clou en étant la **découverte** quasi simultanée de l'emplacement du trésor par le professeur Tournesol à l'aide de son pendule, et de Tintin et Haddock à partir de l'analyse des indices.

Très tôt dans son œuvre, HERGÉ s'aida d'une **large base documentaire**, afin d'être parfaitement *crédible* dans ses dessins et dans ses scénarios.

Est-il possible que les prédictions du professeur Tournesol avec son pendule reposent sur une **base scientifique** avérée ?



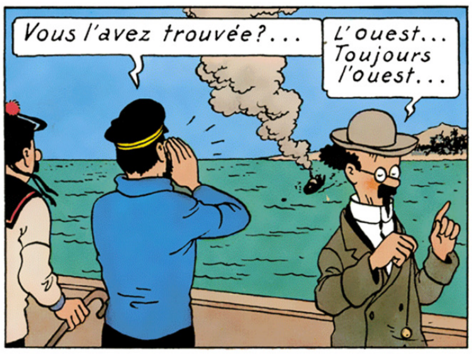
2 Mesure de la période des oscillations d'un pendule

On dispose d'une masselotte que l'on accroche à un fil.

On peut régler :

— la **longueur** du fil utilisé, noté ℓ par la suite ;
— l'**angle** de lâché, noté θ_0 par la suite (lettre grecque « *theta* ») ;
— la **masse** m de la masselotte, en remplaçant une *masse marquée* par une autre.

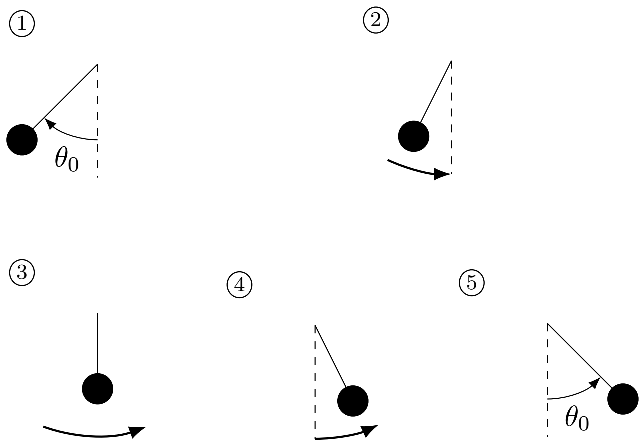
- Écarter le pendule de la verticale avec un certain angle θ_0 — à mesurer au rapporteur **par rapport à la verticale** — et le lâcher sans vitesse initiale.



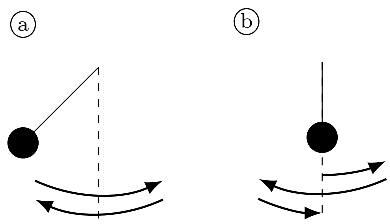
- Le pendule se met alors à .... autour de la verticale.

  Ces oscillations ont été exploitées la première fois en 1657 par le physicien néerlandais Christiaan HUYGENS pour construire une horloge mécanique.

a. Décrire les **oscillations** du pendule selon plusieurs phases distinctes.



b. On appelle **période** la durée d'une oscillation complète. Lequel des deux schémas permet de repérer une période le plus précisément ?



c. Mesurez la période T d'une oscillation complète du pendule.
Comment procéder pour accroître la précision de cette mesure ?

. . . .

. . . .

d. Les oscillations du pendule s'amortissent-elles ? Pourquoi ?
Comment étudier l'influence de ce phénomène sur la période des oscillations ?

. . . .

. . . .

Quelques derniers conseils avant de commencer les mesures :

- Lâchez le pendule et attendre *quelques oscillations*, afin de bien juger de son mouvement, avant de lancer un chronométrage ;
- Soyez sûr de bien mesurer *dix périodes* ! Pour cela, il faut compter « zéro » au début du chronométrage, et « dix » à l'arrêt.

3 Détermination de la loi liant la période des oscillations

Nous allons maintenant effectuer des mesures de périodes en changeant :

— la longueur ℓ du fil ;
— la valeur de l'angle θ_0 de lâché du pendule ;
— la valeur de la masse marquée m suspendue.

Ne changer qu'un seul des trois paramètres à la fois !

- L'angle de laché θ_0 est considéré comme petit s'il est inférieur à 10°. On dit alors que le pendule effectue de **petites oscillations**.

- Réalisez la première série de mesure de période T, en changeant l'**angle de lâché initial** θ_0, et reportez-les dans le tableau ci-dessous.

θ_0 (°)	T (s)
5°	
10°	
15°	

Paramètres constants lors de ces mesures :

Masse : $m =$ .....g Longueur : $\ell =$ .....cm

- En respectant la conditions des *petites oscillations*, réalisez la deuxième série de mesure de période T, en changeant la **longueur** ℓ, et reportez-les dans le tableau ci-dessous.

  Remarque : on propose en troisième colonne de calculer le carré de la période : T^2.

ℓ (m)	T (s)	T^2 (s^2)
10		
20		
30		
40		
50		
60		
70		
80		
90		
100		

Paramètres constants lors de ces mesures :

Angle initial : $\theta_0 =$ .....° Masse : $m =$ .....g

- En respectant la conditions des *petites oscillations*, réalisez la troisième série de mesure de période T, en changeant la **masse** m, et reportez-les dans le tableau ci-dessous.

m (g)	T (s)
20	
50	
100	
200	

Paramètres constants lors de ces mesures :

Angle initial : $\theta_0 =$ .....° Longueur : $\ell =$ .....cm

e. Conclusion : quels paramètres agissent sur la période des oscillations ?

. . . .

. . . .

. . . .

f. Y-a-t'il *proportionnalité* entre la période T et la longueur ℓ du pendule ?

. . . .

- Tracez sur un graphique, orienté en *portrait*, les valeurs de ℓ en abscisse (axe des x) et les valeurs de T^2 en ordonnée (axe des y).

  Échelle proposée :

  — Pour T^2 en ordonnée : 1 s^2 pour 10 cm sur la feuille ;
  — Pour ℓ en abscisse : 50 cm pour 10 cm sur la feuille.

g. Tracez la droite d'interpolation moyenne, et mesurez sa pente :

$$a = \frac{\Delta T^2}{\Delta \ell}$$

(= variation en ordonnée divisée par variation en abscisse).

La loi donnant la période T (en seconde, s) en fonction de la longueur ℓ (en mètre, m) et de l'*intensité de la pesanteur* g (avec $g = 9{,}8$ m/s^2 pour la Terre) est :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

h. Calculez T pour un pendule de longueur $\ell = 100$ cm.

....

i . Recommencez le calcul de T pour le même pendule, mais placé cette fois-ci sur la Lune, dont l'intensité de la pesanteur est six fois plus faible : $g = 1{,}6$ m/s^2.

....

On peut élever au carré les *deux membres* de la formule précédente :

$$T^2 = 4\pi^2\frac{\ell}{g} \text{ de la forme } T^2 = a \cdot \ell$$

La pente de la droite d'interpolation précédemment tracée s'identifie au facteur :

$$a = \frac{4\pi^2}{g} \quad \Leftrightarrow \quad g = \frac{4\pi^2}{a}$$

j . À l'aide de la valeur numérique a de la pente trouvée précédemment, calculez la valeur de g. Conclure.

....

Proche d'un objet de grande masse, comme une montagne, une nappe phréatique ou un trésor, l'intensité de la pesanteur g est légèrement modifiée.

k. Conclure, en répondant à la problématique posée initialement.

....

....

....