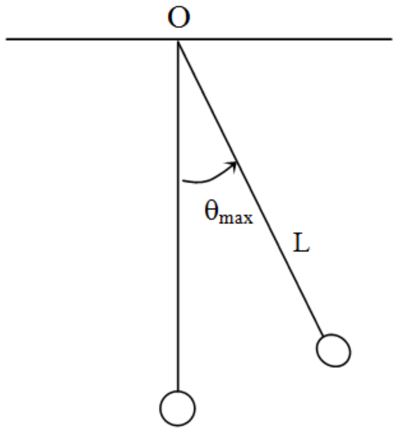
Activité : Des paramètres influençant la période d'un oscillateur

Problématique :
Déterminer avec précision la période d'un pendule et rechercher les paramètres pouvant influer sur cette période. En déduire un encadrement de la valeur de l'accélération gravitationnelle



<u>Description</u> (voir figure)

Un solide ponctuel, de masse **m**, suspendu à un fil de longueur **L**, fixé à son autre extrémité en O, constitue un pendule simple. Un pendule est considéré comme simple tant que la dimension de la masse m est petite par rapport à L (au moins 10 fois plus petite)
Écarté de sa position d'équilibre verticale, il effectue des oscillations libres, d'amplitude angulaire Θ_{max}.

Travail à réaliser

<u>Travail n°1 :</u> détermination de la période d'un pendule

- Proposer une démarche expérimentale pour déterminer avec précision la période d'un pendule.
- La mettre en œuvre.
- L'incertitude sur la mesure de la période a deux origines principales :
  - une incertitude $U_A(T)$ due à la répétabilité des mesures
  - une incertitude $U_B(T)$ due à la précision des mesures :L'incertitude $U_B(T)$sur la mesure est principalement due à la mise en marche et à l'arrêt du chronomètre qui peuvent ne pas coïncider parfaitement au passage du pendule à une position donnée. On peut évaluer la lecture du temps avec une tolérance de 0,05 s au déclenchement et une autre de 0,05 s à l'arrêt (ce qui revient à une double lecture avec une graduation de 0,05 s)
- En s'aidant des informations fournies calculer l'incertitude $U_A(T)$ de répétabilité à 95% puis $U_B(T)$ due à la précision des mesures
- En déduire l'incertitude globale U(T)
- Donner alors un encadrement de la période du pendule sous la forme T= moyenne ± U(T)

<u>Travail n°2 :</u> recherche des paramètres influençant cette période

- Proposer des paramètres pouvant influencer la période des oscillations du pendule.
- Pour chacun d'eux proposer une démarche expérimentale permettant de confirmer (ou non) cette influence.
- Mettre en œuvre cette démarche.
- Pour étudier la dépendance de la période en fonction de la longueur du pendule on pourra tracer à l'aide du tableur le graphe représentant T² en fonction de L.
- Noter le résultat de cette recherche.

<u>Travail n°3 :</u> modélisation de la période T et détermination de g

- On propose les expressions suivantes de la période T :

①: $T = 2\pi \dfrac{m\theta}{g}$ ②: $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{L}{g}}$ ③ : $T = 2\pi \dfrac{g}{L}$ ④: $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{g}{L}}$

où g = 9,81 m.s^{-2} est l'intensité de la pesanteur.

Sur la base de votre étude précédente, montrer qu'une seule convient. Confirmer par une analyse dimensionnelle

- **On se propose alors de retrouver expérimentalement la valeur de l'intensité de la pesanteur g.**

A l'aide de vos mesures et du coefficient directeur de la droite tracée précédemment, proposer un protocole pour obtenir directement une valeur expérimentale de l'intensité de pesanteur g.

informations

Calcul de l'incertitude de répétabilité (incertitude de type A)

- Lorsque la mesure d'une même grandeur physique (m) peut être réalisée plusieurs fois on affiche le résultat avec la moyenne m et l'incertitude de répétabilité : m = m ±U_A(m)
- L'incertitude de répétabilité se calcule avec la formule: $U_A(m) = k \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$ où

σ_{n-1} est l'écart type donné par la calculatrice
n est le nombre de mesures réalisées
k est le facteur d'élargissement lié à n et au niveau de confiance choisi (95% ou 99%)

n	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
k (95%)	2,78	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26	2,23	2,20	2,18	2,16	2,15	2,13
k (99%)	4,60	4,03	3,71	3,50	3,36	3,25	3,17	3,11	3,06	3,01	2,98	2,95

Calcul de l'incertitude liée à l'appareil de mesure (incertitude de type B)

- Calcul de l'incertitude sur une grandeur physique "m" obtenue par lecture simple: $U_B(m) = \frac{2\,G_r}{\sqrt{12}}$

  Gr : plus petite graduation de l'appareil de mesure

- Calcul de l'incertitude sur une grandeur physique "m" obtenue par une double lecture : $U_B'(m) = \sqrt{2}\,U_B(m)$

Calcul de l'incertitude combinée

Il faut la plupart du temps combiner les incertitudes de Type A et de Type B de telle manière que :

$$U(m) = \sqrt{U_A^2(m) + U_B^2(m)}$$

Calculs divers d'incertitude

- Exemple de calcul de l'incertitude sur une valeur issue d'un calcul :

$$c = \frac{a}{b} \qquad \frac{U(c)}{c} = \sqrt{\left(\frac{U(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{U(b)}{b}\right)^2} \quad soit \quad U(c) = c\sqrt{\left(\frac{U(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{U(b)}{b}\right)^2}$$

- en particulier si $c=a^2$=axa alors $\frac{U(c)}{c} = \sqrt{\left(\frac{U(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{U(a)}{a}\right)^2}$
- $\frac{U(c)}{c} = \sqrt{2} \times \frac{U(a)}{a}$
- $\frac{U(c)}{c}$ est nommé incertitude relative
- Calcul de l'écart relatif à une valeur de référence : $e_r = \frac{|m_{obtenue} - m_{référence}|}{m_{référence}}$