



Lycée Gustave EIFFEL
DIJON

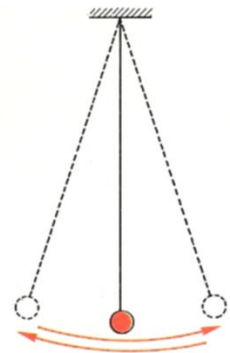
Classe de PTSI



Mesures et incertitudes

1 Introduction

Le pendule est l'oscillateur le plus simple que l'on puisse imaginer. Constitué d'une masse oscillante au bout d'un fil sous l'effet de la gravité, il a longtemps été utilisé en horlogerie par exemple (système de balancier) pour disposer d'une base de temps fiable et simple à mettre en œuvre.



2 But du TP et dispositif expérimental

2.1 Situation

À partir du montage simple d'un pendule, on cherche à retrouver une constante et à la comparer à la valeur tabulée.



Objectifs :

- ❖ Mesurer la période d'un pendule de la manière la plus précise possible.
- ❖ Associer à chacune des mesures une incertitude élargie.
- ❖ En déduire une estimation de la constante g et la comparer à la valeur tabulée.
- ❖ Calculer l'incertitude numériquement.

2.2 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est composé d'une potence à laquelle est suspendu un fil de longueur ℓ portant une masse m .

3 Mesure de la période



Démarche expérimentale retenue :

- Réaliser plusieurs mesures de T .
- Estimer la confiance qu'on peut avoir dans la valeur de T en donnant son incertitude élargie.

3.1 Mesure directe de T - Incertitude de type B

- Écarter le pendule de sa position d'équilibre d'un angle assez faible ( inférieur à 20°).
- Chronométrer le temps mis pour effectuer 1 période.
- Chronométrer le temps mis pour effectuer 10 périodes.



On fera attention à ce que le plan des oscillations reste constant au cours du mouvement de la masse m !

1. Estimer l'incertitude-type de mesure unique (type B). Quelle est la source d'erreur dominante ?
2. Comment est améliorée la précision de la mesure en mesurant 10 périodes ?
3. Proposer une estimation de l'incertitude-type et donner le résultat sous la forme :

$$T = \dots \pm \dots \text{ s} \quad (1)$$

Pour diminuer cette incertitude, on propose de réaliser une étude statistique (type A).

3.2 Répétition de la mesure - Incertitude de type A

- Répéter 12 fois la mesure de 10 périodes d'oscillation et noter les 12 valeurs obtenues.
 - Ouvrir le fichier python "TP1.py" disponible sur vos ordinateurs et remplir le tableau de valeurs (appeler le professeur si nécessaire). Lancer le programme et relever la valeur moyenne et l'écart-type qui s'affichent à l'écran.
1. À partir des valeurs de moyenne et d'écart-type, déterminer la valeur de l'incertitude élargie $u(T)$.
 2. Donner le résultat de la mesure de T avec niveau de confiance à 95% sous la forme :

$$T = \dots \pm \dots \text{ s} \quad (2)$$

3. Comparer au cas de la mesure unique.

Données : coefficient de Student k en fonction du nombre de mesures, pour un intervalle de confiance à 95% :

Nombre de mesures	2	4	6	8	10	12	14	16	20
Valeur de k	12.71	3.18	2.57	2.36	2.26	2.20	2.16	2.13	2.09

4 Estimation de g

On va utiliser la valeur de T estimée dans la partie précédente pour calculer g d'après l'expression théorique.



Démarche expérimentale retenue :

- Mesurer la longueur ℓ du pendule.
- Estimer l'incertitude de mesure $u(\ell)$.
- Calculer la valeur de g d'après la formule et chiffrer son incertitude.

4.1 Mesure de ℓ

1. Mesurer la longueur ℓ du fil avec le mètre ruban et estimer l'incertitude sur cette mesure unique (type B) avec un instrument de mesure gradué.
2. Présenter le résultat sous la forme :

$$\ell = \dots \pm \dots \text{ m} \quad (3)$$



La longueur ℓ est définie par la distance séparant le centre de rotation du pendule et le centre de gravité G de la masse m !



L'incertitude sur la mesure de ℓ n'est pas ici liée à l'instrument de mesure (le mètre à ruban) mais liée à la difficulté de définir parfaitement la position du centre de rotation et celle du centre de gravité !

4.2 Détermination de g



Rappels :

Pour un pendule sans frottements, la pulsation d'oscillation et la période vérifient : $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{\ell}}$ et $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$.



Indication :

On considère une grandeur physique G quelconque dépendant des paramètres x , y et z suivant l'expression :

$$G = k \cdot x^\alpha \cdot y^\beta \cdot z^\gamma$$

où α , β et γ sont des coefficients positifs ou négatifs, k une constante.

La formule de propagation des incertitudes pour la grandeur G s'écrit :

$$\frac{u(G)}{G} = \sqrt{\alpha^2 \left(\frac{u(x)}{x} \right)^2 + \beta^2 \left(\frac{u(y)}{y} \right)^2 + \gamma^2 \left(\frac{u(z)}{z} \right)^2}$$

1. Donner la formule de g en fonction de ℓ et T .
2. Donner l'expression de l'incertitude $u(g)$ en fonction de $u(\ell)$ et $u(T)$ (on utilisera la formule de propagation des incertitudes mentionnées précédemment).
3. En utilisant votre mesure de T et celle de ℓ , présenter le résultat de votre mesure de g accompagnée de son incertitude élargie.

$$g = \dots \pm \dots \text{ m.s}^{-2} \quad (4)$$

4. Cette valeur est-elle compatible avec la valeur connue $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$? On pourra déterminer l'écart normalisé (ou z-score) pour vérifier la cohérence du résultat obtenu.