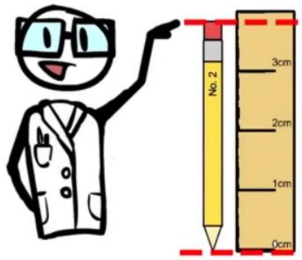
Les incertitudes



But

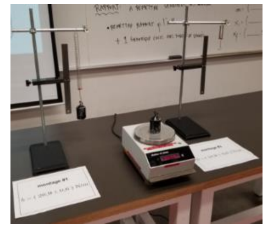
Le laboratoire *Les incertitudes* a pour objectif de vous initier à la tâche que représente « prendre une mesure » et à « déterminer l'incertitude de la mesure ». Avec ces mesures, on propose d'évaluer des quantités physiques à l'aide d'équations théoriques constituées de paramètres correspondant aux mesures effectuées. Par la suite, on peut appliquer une technique de propagation d'erreur permettant de déterminer l'incertitude des quantités physiques en utilisant les paramètres de la quantité ainsi que leur incertitude. Finalement, on utilise un critère de concordance afin de comparer si une quantité de référence est semblable ou non à une même quantité déterminée expérimentalement.

Les expériences

Au cours de ce laboratoire, vous réaliserez 2 expériences de mesures qui vous permettra de **(1)** prendre des mesures et **(2)** déterminer leur incertitude. Dans votre rapport, vous devrez répondre à des questions en lien avec vos mesures et des quantités physiques que l'on peut déterminer avec ces mesures.

En équipe de deux, déplacez-vous dans le laboratoire afin de localiser une station libre et réalisez les tâches qui se retrouvent dans ce document.

Situation 1 : Le ressort



Représentation du montage où les valeurs de k ne sont pas valides.

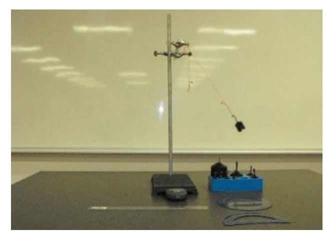
Dans le local se trouve plusieurs montages avec un ressort suspendu et une masse tel qu'illustré sur le schéma ci-contre. Vous devrez utiliser un de ces montages (n'importe quel) afin de mesurer expérimentalement le module du champ gravitationnel g_{exp} et de le comparer à la valeur « théorique » $g_{\text{th}} = (9{,}8 \pm 0{,}1)\,\text{N/kg}$. On peut y arriver en appliquant la 2e loi de Newton sur la masse suspendue au ressort lorsqu'elle est à l'équilibre :

$$F_r - F_g = 0 \quad \Rightarrow \quad ke - mg = 0 \quad \Rightarrow \quad g = \frac{ke}{m}$$

Effectuez les tâches suivantes et notez vos informations sur votre **Feuille des données et calcul** (voir page 4) :

a) Notez le numéro du montage que vous avez sélectionné.
b) Notez les valeurs de référence de la constante de rappel k et son incertitude δk indiquées sur la feuille du montage.
c) Mesurez la masse m à l'aide de la balance électronique. Déterminez une incertitude δm à la masse à partir d'une technique vue en classe.
d) Mesurez la position x_i de l'extrémité du bas du ressort à l'aide de <u>l'étiquette rouge</u> lorsqu'il n'y a pas de masse suspendue et la position x_f de cette même référence lorsque la masse est suspendue à l'équilibre et immobile. Utilisez votre jugement pour estimer l'incertitude sur ces deux positions.
e) Passez à la station suivante ou débutez la rédaction de votre rapport de laboratoire (voir page 3).

Situation 2 : Le pendule



Représentation du montage où le pendule est en mouvement.

Dans le local se trouve plusieurs montages avec la présence d'un pendule. Selon la théorie du pendule simple, une masse ponctuelle effectuant une trajectoire circulaire de va-et-vient de rayon L aura une période d'oscillation T égale à

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

où $g = (9{,}8 \pm 0{,}1)\,\text{m/s}^2$. Il est à noter qu'en première approximation, la période (le temps requis pour un aller-retour) ne dépend pas de l'angle de départ du pendule ni de la masse en oscillation.

Dans ce contexte de cette situation, vous devrez, à l'aide d'un seul essai, mesurer le rayon L de la trajectoire circulaire du pendule ainsi que la période d'oscillation T afin de vérifier, à l'aide d'un critère de concordance, si vos mesures permettent de valider l'équation théorique.

Effectuez les tâches suivantes et notez vos informations sur votre **Feuille des données et calcul** (voir page 4) :

a) Choisissez une masse pour votre pendule entre 50 g et 200 g et fixez son incertitude à 1% de sa valeur.
b) Mesurez le rayon L de la trajectoire circulaire du pendule et estimez son incertitude δL. Remarquez que votre <u>masse n'est pas ponctuelle</u>. Ainsi, le rayon de la trajectoire ne se limitera pas qu'à mesurer la longueur de la corde! Exploitez la forme de la masse du pendule grâce à des notions de centre de masse (ou centre de gravité) pour évaluer le rayon de la trajectoire circulaire. Retenez votre procédure, car vous devrez l'expliquer dans votre rapport.
c) Inclinez votre pendule par rapport à la verticale pour un angle d'inclinaison initial de $\theta_0 = (20 \pm 3)°$ et mesurez le temps Δt_{10} que prendra votre pendule pour <u>effectuer 10 oscillations</u>. Répétez quelques fois cette même mesure afin d'orienter votre estimation de l'incertitude de $\delta(\Delta t_{10})$.
d) Passez à la station suivante ou débutez la rédaction de votre rapport de laboratoire (voir page 3).

Rapport

Dans votre rapport, répondez aux questions suivantes et inscrivez vos réponses dans la partie **Feuille des données et calcul** de ce document (voir page 4). Assurez-vous également de faire la gestion de vos chiffres significatifs lorsque vous écrivez la réponse à vos calculs.

Situation 1 : Le ressort

a) Pour évaluer l'étirement e du ressort, utilisez l'équation

$$e = \left|x_f - x_i\right|$$

(en valeur absolue)

et utilisez l'équation

$$\delta e = \delta x_f + \delta x_i$$

pour évaluer l'incertitude de l'étirement δe.

b) Pour évaluer le champ gravitationnel g_{exp}, utilisez l'équation

$$g = \frac{ke}{m}$$

et utilisez l'équation

$$\delta g = \frac{e}{m}\delta k + \frac{k}{m}\delta e + \frac{ke}{m^2}\delta m$$

pour évaluer l'incertitude du champ gravitationnel g_{exp}. Détaillez vos calculs.

c) Représentez la concordance entre $g_{\mathrm{th}} = (9{,}8 \pm 0{,}1)\,\mathrm{N/kg}$ et g_{exp} à l'aide d'un graphique de concordance.

d) Est-ce qu'il y a concordance entre g_{th} et g_{exp} ? Encerclez votre réponse.

Situation 2 : Le pendule

a) Répondez à la question suivante : Décrivez l'ajustement que vous avez apporté à la mesure de la longueur de la corde pour déterminer le rayon L.

b) Pour évaluer la période d'une seule oscillation $T_{(1)}$ avec un temps Δt_{10} pour 10 oscillations, utilisez l'équation

$$T_{(1)} = \frac{\Delta t_{10}}{10}$$

et utilisez l'équation

$$\delta T_{(1)} = \frac{1}{10}\delta\left(\Delta t_{10}\right)$$

pour évaluer l'incertitude $\delta T_{(1)}$.

c) Utilisez le rayon L de la trajectoire circulaire du pendule et l'accélération gravitationnelle $g = (9{,}8 \pm 0{,}1)\,\mathrm{m/s^2}$ avec les équations

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad \text{et} \quad \delta T = \frac{\pi}{\sqrt{gL}}\delta L + \pi\frac{\sqrt{L}}{g^{3/2}}\delta g$$

pour évaluer la période d'oscillation T ainsi que son incertitude δT. Détaillez vos calculs.

d) Effectuez le calcul de l'inégalité de la concordance

$$\delta T + \delta T_{(1)} \geq \left|\tilde{T} - \tilde{T}_{(1)}\right|$$

e) Est-ce qu'il y a concordance entre T et $T_{(1)}$? Encerclez votre réponse.

Prénom/Nom : ____ Groupe : _____

Prénom/Nom : ____

Feuille des données et calculs

Veuillez inscrire vos réponses en effectuant une gestion de vos chiffres significatifs !

Situation 1 : Le ressort

Expérience :

a) No. Montage : ________

b) Constante de rappel : $k = (\qquad \pm \qquad) \mathrm{N/m}$

c) Masse : $m = (\qquad \pm \qquad) \mathrm{kg}$ (Attention : en kg)

d) Position sans masse : $x_i = (\qquad \pm \qquad) \mathrm{m}$ (Attention : en m)

Position avec masse : $x_f = (\qquad \pm \qquad) \mathrm{m}$ (Attention : en m)

Rapport :

a) Étirement du ressort : $e = (\qquad \pm \qquad) \mathrm{m}$

b) Détail des calculs : ($\tilde{g}_{\mathrm{exp}}$ et δg_{exp} avec unités pour votre réponse)

Champ gravitationnel : $g_{\mathrm{exp}} = (\qquad \pm \qquad) \mathrm{N/kg}$

(N'oubliez pas la gestion de vos chiffres significatifs dans votre réponse)

b) Schéma de concordance :

c) Est-ce qu'il y a concordance entre g_{th} et g_{exp} ? Encerclez votre réponse.

OUI NON

Situation 2 : Le pendule

<u>Expérience :</u>

a) La masse : $m = (\qquad \pm \qquad) \mathrm{kg}$ (Attention : en kg)

b) Le rayon : $L = (\qquad \pm \qquad) \mathrm{m}$ (Attention : en m)

c) Le temps de 10 oscillations : $\Delta t_{10} = (\qquad \pm \qquad) \mathrm{s}$

<u>Rapport :</u>

a) Question : Décrivez l'ajustement que vous avez apporté à la mesure de la longueur de la corde pour déterminer le rayon L.

____

____

____

____

____

____

b) La période (avec Δt_{10}) : $T_{(1)} = (\qquad \pm \qquad) \mathrm{s}$

c) <u>Détail des calculs :</u> ($\tilde{T}$ et δT avec unités pour votre réponse)

La période (avec L) : $T = (\qquad \pm \qquad) \mathrm{s}$

(N'oubliez pas la gestion de vos chiffres significatifs dans votre réponse)

c) L'inégalité de la concordance :

$\delta T + \delta T_{(1)} \geq \left| \tilde{T} - \tilde{T}_{(1)} \right|$ $\Rightarrow$ _______ + _______ ≥ | _______ - _______ |

$\Rightarrow$ _______ ≥ _______

d) Est-ce qu'il y a concordance entre T et $T_{(1)}$? Encerclez votre réponse.

OUI NON

Annexe

- La propagation de l'erreur linéaire de la fonction $g = \frac{ke}{m}$ est égale à l'équation suivante :

$$\delta g = \frac{e}{m}\delta k + \frac{k}{m}\delta e + \frac{ke}{m^2}\delta m$$

<u>Preuve :</u>

À partir de l'expression

$$\delta g = \left|\frac{\partial}{\partial k}\left(\frac{ke}{m}\right)\right|\delta k + \left|\frac{\partial}{\partial e}\left(\frac{ke}{m}\right)\right|\delta e + \left|\frac{\partial}{\partial m}\left(\frac{ke}{m}\right)\right|\delta m \quad ,$$

nous pouvons appliquer les dérivées partielles et obtenir le résultat

$$\delta g = \frac{e}{m}\delta k + \frac{k}{m}\delta e + \frac{ke}{m^2}\delta m \quad .$$

- La propagation de l'erreur linéaire de la fonction $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ est égale à l'équation suivante :

$$\delta T = \frac{\pi}{\sqrt{gL}}\delta L + \pi\frac{\sqrt{L}}{g^{3/2}}\delta g$$

<u>Preuve :</u>

À partir de l'expression

$$\delta T = \left|\frac{\partial}{\partial L}\left(2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}\right)\right|\delta L + \left|\frac{\partial}{\partial g}\left(2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}\right)\right|\delta g \quad ,$$

nous pouvons appliquer les dérivées partielles et obtenir le résultat

$$\delta T = \frac{\pi}{\sqrt{gL}}\delta L + \pi\frac{\sqrt{L}}{g^{3/2}}\delta g \quad .$$