

Travaux pratiques de Physique
EXERCICES DE CALCUL D'ERREUR

1 Imprécision

Date:
Visa:

Un voltmètre affiche une tension $U = 6.1234$ V. Sachant que l'incertitude relative de l'appareil est de 3%, exprimez le résultat de la mesure sous la forme standard $U \pm \Delta U$. Combien de chiffres significatifs doit avoir la réponse?

.....

2 Erreurs statistiques (distribution de Gauss)

Date:
Visa:

Lancez trois fois un dé et faites le total des trois lancers. Ceci constitue un résultat x de l'expérience. Avec les mesures sanitaires en vigueur, utiliser un simulateur de lancers de dés, par exemple <https://www.dejete.com/?nbde=3&tpde=6>.

Répétez dix fois l'expérience et notez les résultats individuels x_i dans un tableau Excel.

Remarque : pour faciliter les calculs dans Excel, notez les résultats en colonne et non en ligne ; utilisez une feuille Excel vierge et faites les opérations mathématiques directement dans Excel (et non à la machine à calculer ; les assistants vous expliqueront comment procéder si vous ne connaissez pas Excel).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Somme
x_i											$\Sigma x_i =$
x_i^2											$\Sigma x_i^2 =$

Calculez la valeur moyenne \bar{x} et l'incertitude sur la moyenne $\sigma_{\bar{x}}$.

Exprimez la réponse sous la forme $\bar{x} \pm \sigma_{\bar{x}}$:

Répétez l'expérience pour obtenir 30 résultats supplémentaires (de manière à avoir 40 mesures au total). Comment est-ce que la précision du résultat s'améliore ? Exprimez le nouveau résultat sous la forme $\bar{x} \pm \sigma_{\bar{x}}$:

Comment cela se compare-t-il avec l'amélioration théorique qu'on attend? A combien se monte-t-elle ?

Date: Visa:

3 Propagation des incertitudes (1)

(a) Pour tracer un parcours de course à pied autour d'un terrain de sports, un maître d'éducation physique ne dispose que d'un ruban déroulant de 20 m de long.

Il mesure 5 unités plus 12.4 m pour la longueur du terrain et 2 unités plus 18.3 m pour la largeur.

Toutes les distances mesurées sont entachées d'une incertitude de 5 cm.

Quelle est le périmètre du terrain et avec quelle précision est-il obtenu ?

.....

(b) Pour déterminer la dose d'un traitement à appliquer à son patient, un médecin doit déterminer le volume d'une tumeur. Pour cela, il fait passer une IRM à son patient et observe sur l'image une tache de 12 mm de long, 6 mm de large et 3 mm d'épaisseur.

Chaque distance est déterminée avec une incertitude de 10%.

En estimant que de la tumeur occupe 60% du volume du parallélépipède ayant les dimensions indiquées ci-dessus, quelle est le volume de la tumeur avec son incertitude ?

.....

4 Propagation des incertitudes (2)

Date:
Visa:

Un gyroscope est un corps solide qui n'a qu'un seul point fixe O et dont le disque tourne rapidement autour de son axe à la vitesse angulaire $\vec{\omega}$ (voir Figure 1 et l'expérience n°7 des TP). Sous l'effet du moment d'une force extérieure $\vec{\tau}$ (ici la force extérieure est le poids Mg d'une masse M ajoutée à l'autre extrémité du gyroscope), le gyroscope effectue un mouvement de précession. On étudie ce mouvement pour déterminer le moment d'inertie I du gyroscope.

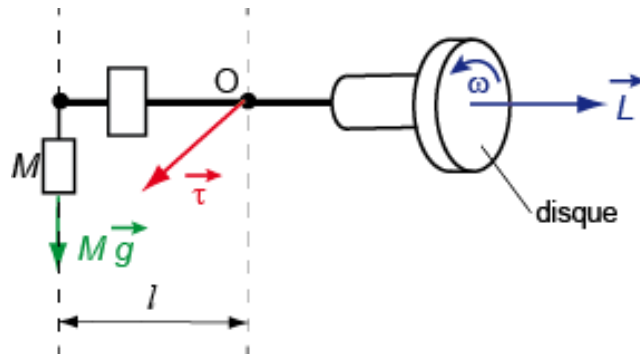


Figure 1: Schéma de principe du gyroscope.

Le moment d'inertie est donné par la formule suivante:

$$I = \frac{g l M}{\omega \Omega}$$

- où :
- I : moment d'inertie à déterminer (en $\text{kg}\cdot\text{m}^2$)
 - g : attraction terrestre (connue, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$)
 - l : bras de levier, mesuré à une précision relative de 0.1%
 - M : masse additionnelle, mesurée à $\pm 2 \text{ g}$
 - ω : vitesse angulaire de rotation du disque, mesurée à 1% (relatif)
 - Ω : vitesse angulaire de précession du gyroscope, mesurée à $\pm 0.01 \text{ rad/s}$

On obtient les valeurs suivantes : $l = 25 \text{ cm}$; $M = 384 \text{ g}$; $\Omega = 0.116 \text{ rad/s}$; $\omega = 481.3 \text{ rad/s}$.

Déterminer le moment d'inertie I , puis son incertitude ΔI . Indiquer le résultat complet sous une forme correcte :

.....

Quelle mesure faut-il particulièrement soigner pour améliorer la précision sur la détermination de I ?

.....

5 Régression linéaire

Date:
Visa:

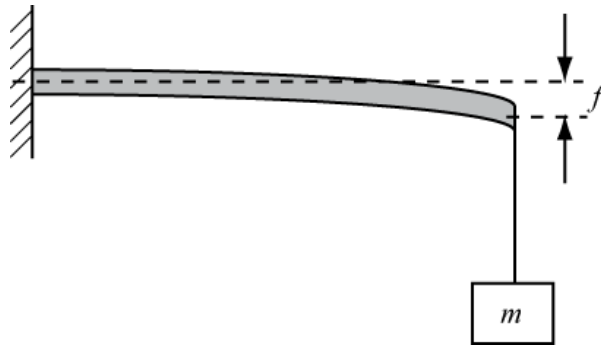


Figure 2: Principe de mesure du module d'élasticité d'une poutre.

Le module d'élasticité E d'une poutre encastrée peut être estimé en appliquant une force (poids) à l'extrémité de cette poutre et en mesurant la flèche (déformation) produite (cf Figure 2). La relation suivante relie la flèche à la force appliquée:

$$f = 4 \frac{l^3}{ab^3} \cdot \frac{P}{E} \quad (2)$$

avec f : flèche [m]

l, a et b : longueur, largeur et hauteur de la poutre, respectivement [m]

$P (=mg)$: force [N]

E : module d'élasticité [N/m^2].

On prend la série de mesures suivante sur une poutre en laiton :

longueur $l = 14.9$ cm ; largeur $a = 0.6$ cm ; hauteur $b = 1$ cm ;

m [g]	200	500	700	850	1000	1150	1300
f [mm]	0.075	0.21	0.3	0.37	0.475	0.5	0.62

L'imprécision relative sur m est estimée à $\Delta m/m = 5\%$ et l'imprécision sur f à $\Delta f = 0.05$ mm. Les erreurs sur les dimensions de la poutre sont négligeables.

Reportez les valeurs $f = f(m)$ sur un graphique avec les barres d'erreur sur chaque point en utilisant la feuille Excel pour cet exercice. Effectuez une régression linéaire en utilisant la macro de moindres carrés implémentée dans la feuille Excel afin d'obtenir E à partir de cette droite. En déduire l'incertitude ΔE sur la valeur de E déterminée.

Conseil : travaillez en unités MKSA (mètre, kilogramme, seconde, ampère)!

Validation du TP Calcul d'erreur:

Date:
Visa:

Remarque éventuelle: