

TP 0 Mesures et incertitudes

Au cours de ce TP nous allons mesurer différentes grandeurs physiques (*savez-vous définir une grandeur physique ?*) et estimer les incertitudes associées. Qui dit mesure, dit forcément incertitude, car **une mesure exacte n'existe pas**.

Une règle à ne pas oublier : une incertitude est toujours donnée avec **un seul chiffre significatif arrondi**.

Matériel :

- calorimètre
- thermomètre à alcool
- thermomètre infrarouge
- sonde de température
- multimètre
- pendule simple (potence, fil et masselote)
- balance numérique
- règle
- boîte à décades de résistances.

Mesures de température

Vous avez à votre disposition un calorimètre (enceinte close) contenant de l'eau, ainsi que trois outils permettant de mesurer la température de cet eau : un thermomètre à alcool, un thermomètre infrarouge et une sonde de température (utilisant un thermocouple) associée à un multimètre.

1. **Mesurer** les températures T_a (température mesurée avec le thermomètre à alcool), T_i (température mesurée avec le thermomètre infrarouge) et T_s (température mesurée avec la sonde de température).
2. **Déterminer** à quel type (A ou B) appartiennent les incertitudes associées $u(T_a)$, $u(T_i)$, $u(T_s)$ et les **évaluer**.
3. **Ecrire** les résultats des mesures (mesures et incertitudes).
4. **Comparer** les mesures T_a et T_s , puis T_i et T_s à l'aide du Z-score. **Estimer** leur compatibilité.

Mesure de durée

On le verra plus tard cette année, la période T d'un pendule simple (durée d'un aller-retour ou d'une oscillation) est proportionnelle à sa masse m et sa longueur l de telle manière que $T = \sqrt{2\pi \frac{l}{g}}$.

5. **Mesurer** la longueur l et la masse m du pendule.
6. **Déterminer** de quel type sont les incertitudes associées $u(m)$, $u(l)$ puis les **évaluer**.
7. **Ecrire** les résultats des mesures de m et l (mesures et incertitudes).
8. **Calculer** la période théorique $T_{\text{théo}}$ à partir des valeurs de m et l .
9. **Propager** les incertitudes $u(m)$, $u(l)$ afin d'obtenir l'incertitude $u(T_{\text{théo}})$.
10. **Faire** osciller le pendule à partir d'un angle d'à peu près 30° puis mesurer la durée de 3 à 4 oscillations. **En déduire** la période mesurée T_{mes} , le type et la valeur de son incertitude associée $u(T_{\text{mes}})$.
11. **Comparer** les mesures $T_{\text{théo}}$ et T_{mes} à l'aide du Z-score. **Estimer** leur compatibilité.

Mesures de résistance et de courant

La précision statistique des mesures du multimètre est indiquée dans le tableau ci-dessous.

Caractéristiques techniques	MTX 202	MTX 203	MTX 204	Précision de base			Résolution 1er calibre
	TRMS 4000 points AC/DC	TRMS 6000 points AC/DC	TRMS 6000 points AC/DC/AC+DC				
Fonctions	Calibres			AC	DC	AC + DC*	
Tension ADP	-	-	de 10 mV à 60 mV	1 % + 6D	1 % + 6D	1 % + 6D	0,01 mV
Tension AC/AC + DC (10 MΩ ou 500 kΩ) / 4 calibres	de 0,4 à 600 V	de 0,6 V à 750 V	de 0,6 à 750 V	0,5 % + 4 D	-	1 % + 4D	0,001 V
Tension DC (10 MΩ) / 4 calibres	de 0,4 à 600 V	de 0,6 V à 1 000 V	de 0,6 à 1000 V	-	0,2 % + 2D	-	0,001 V
Courant AC/DC/AC + DC (μA) / 2 calibres	-	de 10 μA à 6 000 μA	de 10 μA à 6000 μA	0,5 % + 5 D	0,5 % + 3D	0,5 % + 5D	0,1 μA
Courant AC/DC/AC + DC (mA) / 2 calibres	-	de 6 mA à 600 mA	de 6 mA à 600 mA	0,5 % + 5 D	0,5 % + 3D	0,5 % + 5D	0,01 mA
Courant AC/DC/AC + DC (A) / 2 calibres	de 0,002 A à 10 A	de 0,002 A à 10 A	de 0,002 A à 10 A	0,5 % + 5 D	0,5 % + 5D	0,5 % + 5D	0,001 A
Fréquence et rapport cyclique	-	-	de 2 Hz à 1 kHz	0,1 % + 3D	-	-	0,001 Hz
Test diode / résolution	3 V / 0,001 V			10 %			-
Température avec thermocouple K (°C / °F) / 3 calibres	de -55 °C à +1 200 °C		-	2 %			0,1 °C
Résistance / 6 calibres	de 1 Ω à 40 MΩ	De 1 Ω à 60 MΩ	De 1 Ω à 60 MΩ	0,5 % + 5 D			0,1 Ω

La précision statistique se compose :

- d'une imprécision proportionnelle donnée en pourcentage de l'amplitude affichée de la grandeur mesurée,
- d'une imprécision fixe, égale à quelques unités de représentation notées UR (de 1 à 9). L'UR est l'unité de la décade de poids le plus faible (le dernier chiffre significatif affiché).

Le calibre du multimètre désigne la plus grande valeur qu'il peut mesurer. On choisit le calibre avec le bouton **Range**. **On prend toujours le calibre affichant le plus grand nombre de chiffres significatifs.**

Les deux imprécisions dépendent du calibre. Pour obtenir l'incertitude sur la mesure, on doit sommer les deux imprécisions quadratiquement.

Exemple

Pour la mesure de la résistance R , d'après le tableau précédent l'imprécision proportionnelle sur la mesure est de 0,5% R et l'imprécision fixe de 5 sur le dernier chiffre significatif. Si l'affichage indique 480,5 Ω, l'imprécision proportionnelle ΔR_p sera de 0,5% de R , soit $480,5 \times 0,5/100 = 2,4 \Omega$; et l'imprécision fixe ΔR_f sera de 5 sur le dernier chiffre significatif, soit 0,5 Ω.

L'imprécision totale sera

$$\Delta R = \sqrt{\Delta R_p^2 + \Delta R_f^2}$$

$$\Delta R = \sqrt{2,4^2 + 0,5^2} = 2,5 \Omega.$$

La valeur de la résistance mesurée est donc $R = (481 \pm 3) \Omega$.

- Choisir** une valeur de résistance entre 1 kΩ et 100 kΩ avec la boîte à décades de résistances. **Mesurer** cette résistance à l'aide du multimètre et **calculer** son incertitude $u(R)$.
- Brancher sans l'allumer** le GBF (Générateur Basses Fréquences) en série avec la boîte de résistance à décades. **Appeler** le professeur pour qu'il vérifie le montage et allume le GBF en lui imposant une tension E .
- Mesurer** la tension U aux bornes de la boîte à décades de résistances et **calculer** son incertitude $u(U)$.
- Calculer** la valeur du courant I circulant dans la boîte à décade en utilisant la loi d'Ohm.
- Propager** les incertitudes $u(R)$, $u(U)$ afin d'obtenir l'incertitude $u(I)$ et présenter le résultat de la mesure de I .