

TP n°0 : Mesures et incertitudes

Objectifs du TP :

- Estimer les incertitudes (type A ou type B) sur une mesure expérimentale.
- Comparer un résultat expérimental à une valeur attendue.
- Identifier les sources d'erreur lors d'une mesure.

I - Mesure 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.

Mesure n°1

Mesurer les températures T_a (thermomètre à alcool), T_i (thermomètre infrarouge) et T_s (sonde de température).

1. Déterminer à quel type appartiennent incertitudes associées $u(T_a)$, $u(T_i)$, $u(T_s)$ et les évaluer.
2. Écrire les résultats des mesures (mesures et incertitudes).
3. Comparer les mesures T_a et T_s , puis T_i et T_s à l'aide du z-score. Estimer leur compatibilité.

II - Mesure de durée

Lors du cours de mécanique, nous montrerons que la période T d'un pendule simple (masse reliée à un fil) est proportionnelle à sa longueur selon la relation

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

où g désigne l'accélération de pesanteur terrestre ($g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$).

• Période théorique

Mesure n°2

Mesurer la longueur l du pendule.

4. Déterminer de quel type est l'incertitude associée u_l , puis l'évaluer.
5. Écrire le résultat de mesure de l (mesure et incertitude).
6. Calculer la période théorique T_{th} à partir de la formule (1).
7. Propager l'incertitude sur $u(l)$ afin d'obtenir T_{th} .

• Période expérimentale

Mesure n°3

Faire osciller le pendule à partir d'un angle de 30° puis mesurer la durée de 5 oscillations.

8. En déduire la période mesurée T_{mes} , le type et la valeur de son incertitude associée $u(T_{\text{mes}})$.

• **Comparaison entre valeur expérimentale et valeur théorique**

9. Comparer les mesures T_{th} et T_{mes} à l'aide du z-score. Estimer leur compatibilité.

10. Discuter des éventuelles sources d'incompatibilité.

III - Mesure 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 : voir formule (2).

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 $480,5 \Omega$, 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 $0,5 \Omega$. L'imprécision totale sera alors :

$$\Delta R = \sqrt{\Delta R_p^2 + \Delta R_f^2} = \sqrt{2,4^2 + 0,5^2} = 2,5\Omega \quad (2)$$

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

Mesure n°4

Choisir une valeur de résistance entre 1 k Ω et 100 k Ω avec la boîte de résistance à décades. Mesurer cette résistance à l'aide du multimètre.

11. Calculer l'incertitude $u(R)$ en vous aidant de l'exemple ci-dessus.

Mesure n°5

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 de résistance à décades.

12. Calculer l'incertitude sur la tension, $u(U)$.
13. Calculer la valeur du courant I circulant dans la boîte à décade en utilisant la loi d'Ohm.
14. Propager les incertitudes $u(R)$, $u(U)$ afin d'obtenir l'incertitude $u(I)$ et présenter le résultat de la mesure de I .