

Mesure de la célérité des ultrasons via longueur d'onde et fréquence - CORRIGE

3- - Sur le calibre 5 $\mu\text{s}/\text{div}$, les curseurs donnent $T = 25,20 \mu\text{s}$

- Par application de la formule $f = 1 / T$, on obtient ainsi $f = 1 / 25,20 \cdot 10^{-6}$
Soit $f = 39,68 \cdot 10^3 \text{ Hz} = 39,68 \text{ kHz}$.

4 et 5- Sur le calibre 5 $\mu\text{s}/\text{div}$, les curseurs sont précis à 0,10 μs près. Il s'agit de la « graduation » des curseurs.

L'application de la formule $u(T) = \frac{\text{graduation}}{\sqrt{6}}$ conduit à $u(T) = \frac{0,10 \mu\text{s}}{\sqrt{6}} = 0,0408 \mu\text{s}$ qu'on arrondit à $u(T) = 0,05 \mu\text{s}$ pour avoir une information jusqu'au centième de μs comme la période.

➔ On a donc finalement $T = 25,20 \pm 0,05 \mu\text{s}$.

L'application de la formule $u(f) = f_{\text{calculée}} \times \frac{u(T)}{T_{\text{mesurée}}}$ conduit (en kHz) à :

$$u(f) = 39,68 \times \frac{0,05}{25,20} = 0,0643 \text{ kHz} \text{ (Calcul effectué avec la valeur exacte de } u(T)\text{)}.$$

On arrondit cette valeur à $u(f) = 0,07 \text{ kHz}$ pour avoir une information jusqu'au centième de kHz comme la fréquence.

➔ On a donc finalement $f = 39,68 \pm 0,07 \text{ kHz}$.

10- La distance correspondant à $n = 10$ longueurs d'onde correspond à 8,9 cm. On en déduit donc que $\lambda = 0,86 \text{ cm}$.

La règle ayant servi à faire la mesure étant graduée tous les millimètres, on en déduit que l'incertitude sur la longueur d'onde est donnée par la formule : $u(\lambda) = \frac{\text{graduation}}{n \sqrt{6}} = \frac{1 \text{ mm}}{10 \sqrt{6}}$, ce qui conduit à $u(\lambda) = 0,0408 \text{ mm} = 0,00408 \text{ cm}$, qu'on arrondit à $u(\lambda) = 0,01 \text{ cm}$ pour avoir une information au centième de cm comme la longueur d'onde.

➔ On a donc finalement $\lambda = 0,86 \pm 0,01 \text{ cm}$.

11- On applique la formule : $v_1 = \lambda \times f$, soit $v = 0,0086 \times 39,68 \cdot 10^3$,
ce qui conduit à $v_1 = 3,4 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}$.

12- La valeur de v_1 ayant été obtenue en faisant un calcul, on obtient l'incertitude sur v_1 en utilisant les formules des incertitudes composées.

$$u(v_1) = v_1 \times \sqrt{\left(\frac{u(f)}{f}\right)^2 + \left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2}$$

$$u(v_1) = 3,4 \cdot 10^2 \times \sqrt{\left(\frac{0,07}{39,68}\right)^2 + \left(\frac{0,01}{0,86}\right)^2}$$

On obtient $u(v_1) = 4,01 \text{ m.s}^{-1}$ qu'on arrondit à $u(v_1) = 0,1 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}$ pour avoir une information à la dizaine de m.s^{-1} près, comme la célérité v_1 .

➔ On a donc finalement $v_1 = 3,4 \cdot 10^2 \pm 0,1 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}$.

13- Le thermomètre à affichage numérique annonce une température $\theta = 24 \text{ }^\circ\text{C}$.

Sa précision « a » étant égale à **2 % de la lecture + 4 digits** et l'incertitude sur la température étant donnée par la formule $u(\theta) = \frac{a}{\sqrt{3}}$, on en déduit que $u(\theta) = \frac{\frac{2}{100} \times 24 + 4 \times 1}{\sqrt{3}}$, soit **$u(\theta) = 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$** (la valeur obtenue à la calculatrice est égale à 2,59 °C, mais on ne garde qu'un seul chiffre significatif pour que l'incertitude soit donnée à l'unité près, comme l'affichage du thermomètre 26 °C).

Cela signifie que **$\theta = 24 \pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$** .

- 14- Pour calculer la célérité théorique du son, on utilise la formule : $v_{\text{SON}}(\text{théo}) = 331 + 0,6 \times \theta$
AN $\rightarrow v_{\text{SON}}(\text{théo}) = 331 + 0,6 \times 24$ soit $v_{\text{SON}}(\text{théo}) = 345 \text{ m.s}^{-1}$

La valeur de $v_{\text{SON}}(\text{théo})$ étant obtenue via un calcul, son incertitude $u(v_{\text{SON}}(\text{théo}))$ est obtenue en utilisant la formule « affine » des incertitudes composées, ce qui conduit à :

$$u(v_{\text{SON}}(\text{théo})) = 0,6 \times u(\theta)$$

AN $\rightarrow u(v_{\text{SON}}(\text{théo})) = 0,6 \times 2,59$ soit $u(v_{\text{SON}}(\text{théo})) = 2 \text{ m.s}^{-1}$

Cela signifie que **$v_{\text{SON}}(\text{théo}) = 345 \pm 2 \text{ m.s}^{-1}$** .

15- On applique la formule :

$$E_N = \frac{|v_{\text{SON}}(\text{théo}) - v_1|}{\sqrt{u(v_{\text{SON}}(\text{théo}))^2 + u(v_1)^2}}$$

Avec : $v_{\text{SON}}(\text{théo}) = 345 \text{ m.s}^{-1}$; $v_1 = 3,4 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}$;
 $u(v_{\text{SON}}(\text{théo})) = 2 \text{ m.s}^{-1}$; $u(v_1) = 0,1 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}$

On obtient **$E_N = 0,5$**

Cet écart normalisé est inférieur à 2, il y a donc **COMPATIBILITE entre la valeur expérimentale et la valeur théorique**.