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

4- - Sur le calibre 5 µs/div, les curseurs donnent **T = 25,20 µs**

- Par application de la formule **f = 1 / T**, on obtient ainsi **f = 1 / 25,20.10^{-6}**
Soit **f = 39,68.10^{3} Hz = 39,68 kHz**.

---

5 et 6- Sur le calibre 5 µs/div, les curseurs sont précis à 0,10 µs près. Il s'agit de la « graduation » des curseurs.

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

➡ On a donc finalement **T = 25,20 +/- 0,05 µs**.

L'application de la formule **u(f) = f$_{calculée}$** × $\dfrac{\mathbf{u(T)}}{\mathbf{T_{mesurée}}}$ conduit (en kHz) à **:**

u(f) = **39,68** × $\dfrac{\mathbf{0{,}05}}{\mathbf{25{,}20}}$ **= 0,0643 kHz** (Calcul effectué avec la valeur exacte de u(T)).

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

➡ On a donc finalement **f = 39,68 +/- 0,07 kHz**.

11- La distance correspondant à **n = 10 longueurs d'onde** correspond à **8,9 cm**. On en déduit donc que **λ = 0,86 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(λ) =** $\dfrac{\mathbf{graduation}}{\mathbf{n}\sqrt{6}}$ **=** $\dfrac{\mathbf{1\ mm}}{\mathbf{10}\sqrt{6}}$, ce qui conduit à **u(λ) = 0,0408 mm = 0,00408 cm**, qu'on arrondit à **u(λ) = 0,01 cm** pour avoir une information au centième de cm comme la longueur d'onde.

➡ On a donc finalement **λ = 0,86 +/- 0,01 cm**.

12- On applique la formule : $\boxed{\mathbf{v_1 = \lambda \times f}}$, soit **v = 0,0086 x 39,68.10^{3}**,
ce qui conduit à **v_1 = 3,4.10^{2} m.s^{-1}**.

13- 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.

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

$$\mathbf{u(v_1) = 3{,}4.10^2 \times \sqrt{\left(\frac{0{,}07}{39{,}68}\right)^2 + \left(\frac{0{,}01}{0{,}86}\right)^2}}$$

On obtient **u(v_1) = 4,01 m.s^{-1}** qu'on arrondit à **u(v_1) = 0,1.10^{2} 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 = 3,4.10^{2} +/- 0,1.10^{2} m.s^{-1}**.

14- Le thermomètre à affichage numérique annonce une température **θ = 24 °C**.

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

Cela signifie que **$\theta = 24 \pm 3$ °C**.

15- Pour calculer la célérité théorique du son, on utilise la formule : **v_{SON}(théo) = 331 + 0,6 x θ**

AN → **v_{SON}(théo) = 331 + 0,6 x 24** soit **v_{SON}(théo) = 345 m.s^{-1}**

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

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

AN → **u(v_{SON}(théo)) = 0,6 x 2,59** soit **u(v_{SON}(théo)) = 2 m.s^{-1}**

Cela signifie que **v_{SON}(théo) = 345 +/- 2 m.s^{-1}**.

16- On applique la formule : $\boxed{E_N = \frac{|v_{SON(\text{théo})} - v_1|}{\sqrt{u(v_{SON(\text{théo})})^2 + u(v_1)^2}}}$

Avec : **$v_{SON(\text{théo})}$ = 345 m.s^{-1}** ; **v_1 = 3,4.10^2 m.s^{-1}** ;
u($v_{SON(\text{théo})}$) = 2 m.s^{-1} ; **u(v_1) = 0,1.10^2 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**.