

TP 6.2 – Mesure de la fréquence d'une onde ultrasonore.

Problème.

On utilise un [logiciel de simulation](#) des ondes pour mesurer une fréquence (c'est à dire une mesure précise associée à une incertitude). On la compare ensuite à une valeur de référence de la fréquence.

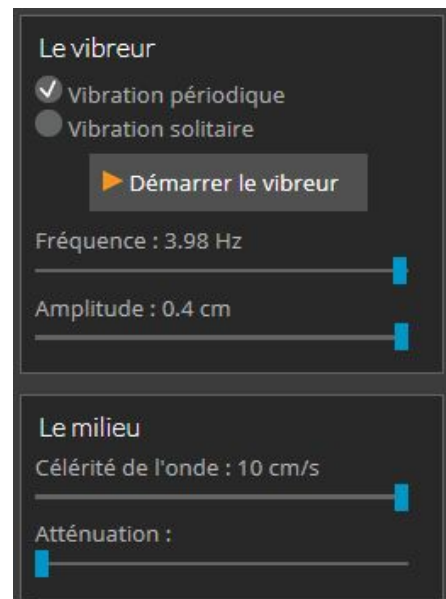
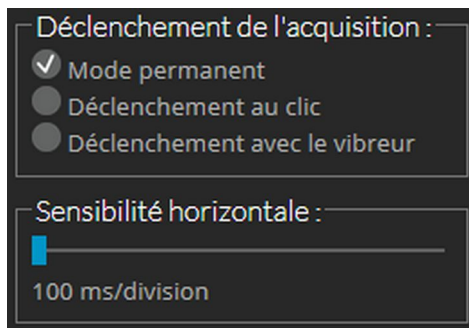
Notations

- fréquence de référence : $f_{réf}$
- fréquence mesurée : f_{mes}
- incertitude sur la fréquence mesurée : $U(f_{mes})$
- longueur d'onde mesurée de l'onde : λ_{mes}
- incertitude sur la longueur d'onde : $U(\lambda_{mes})$
- célérité de l'onde : c

1. Initialisation de la simulation. Choix de $f_{réf}$. **RÉA**

a. Lancer le [logiciel de simulation](#) en cliquant sur le lien. Je n'impose aucun navigateur, mais je ne pourrai pas vous aider si ce n'est pas **Firefox**.

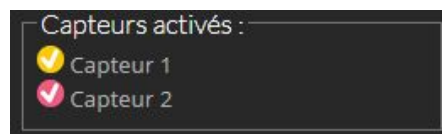
b. On utilisera les paramètres suivants :



2. Mesure de la longueur d'onde λ_{mes} .

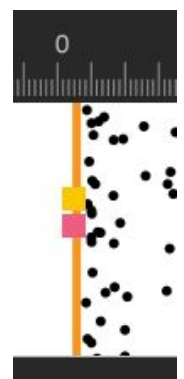
a. Cliquer sur ▶ Démarrer le vibreur . **RÉA**

b. Activer les capteurs 1 et 2... **RÉA**



c. ... et les déplacer le plus à gauche possible (si ils sont trop à gauche, ils ne captent plus de signal). Ils sont donc à la même position. **RÉA**

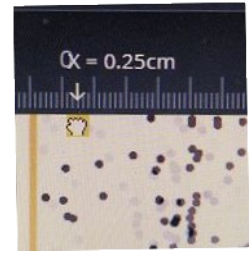
d. Comme ils sont à la même position, on dit qu'ils sont en ... Trouver le mot qui manque. **ANA**



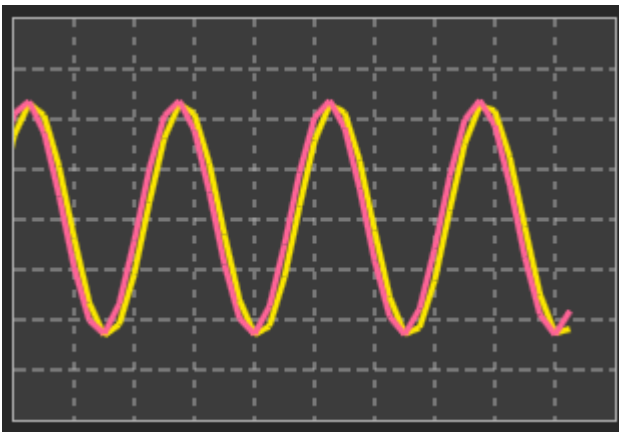
- e. Relever cette position des capteurs pour laquelle les signaux sont en phase x_0 . **RÉA**

Protocole de mesure de la position

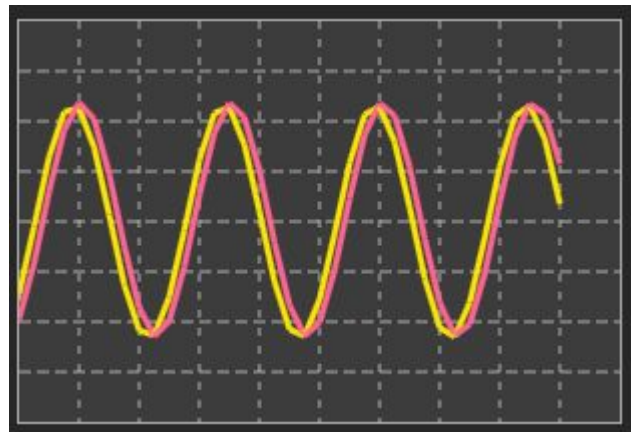
On déplace les capteurs avec la petite main. Pour mesurer la position, il faut lire la mesure avant d'avoir relâché la petite main (voir ci-contre).



On peut mesurer n longueurs d'ondes au maximum. Déplacer le capteur 2 (rose) afin de déphaser les deux capteurs de $n \times \lambda_{mes}$. Il faut déterminer la position x_n ... ce qui n'est pas si simple.



Situation dans laquelle on relève $x_{n,MIN}$: c'est la **dernière** position où la courbe rose est déphasée d'un peu moins que $n \times \lambda_{mes}$.



Situation dans laquelle on relève $x_{n,MAX}$: c'est la **première** position où la courbe rose est déphasée d'un peu plus que $n \times \lambda_{mes}$.

- f. Relever les positions $x_{n,MIN}$ et $x_{n,MAX}$ du capteur 2 (rose). Compter n . **RÉA**

- g. Calculer $x_n = \frac{x_{n,MIN} + x_{n,MAX}}{2}$. On gardera « trop » de chiffres significatifs. **RÉA**

- h. Déduire des valeurs de x_0 et de x_n , la mesure de $n \times \lambda_{mes}$, puis de λ_{mes} . **RÉA**

3. Mesure indirect de la fréquence f_{mes} . **APP/ANA**

Déduire f_{mes} des informations du 1. et de la valeur de λ_{mes} .

4. Incertitude de mesure et confrontation à la valeur de référence.

- a. On considère que $U(n \times \lambda_{mes}) = \sqrt{2} \times 0,125$ cm. À quoi correspond 0,125 cm ? **ANA**

- b. Par ailleurs, $U(\lambda_{mes}) = \frac{U(n \times \lambda_{mes})}{n}$. Calculer $U(\lambda_{mes})$. **RÉA**

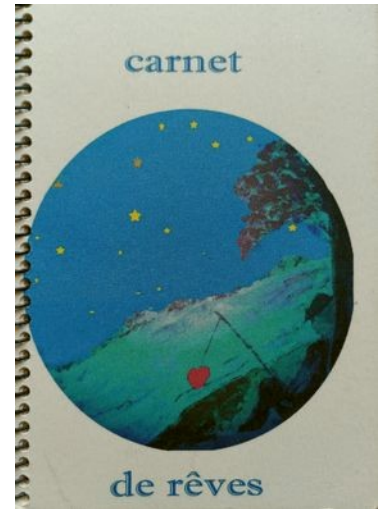
- c. On montre que : $U(f_{mes}) = f_{mes} \left(\frac{U(\lambda_{mes})}{\lambda_{mes}} \right)$. Calculer $U(f_{mes})$. **RÉA**

- d. Écrire f_{mes} sous la forme d'un encadrement. **RÉA**

- e. La mesure (f_{mes}) et la valeur de référence ($f_{réf}$) sont-elles compatibles ? **VAL**

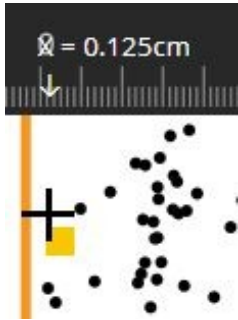
Correction.

Avec l'aide du ...



2. Mesure de la longueur d'onde λ_{mes} .

d. Comme ils sont à la même position, on dit qu'ils sont en **phase**.



e. $x_0 = 0,125$ cm. On compte $n = 9$.

f. $x_{9,MIN} = 22,625$ cm et $x_{9,MAX} = 22,9$ cm.

$$g. x_9 = \frac{x_{9,MIN} + x_{9,MAX}}{2} = \frac{22,625 + 22,9}{2}$$

$x_9 = 22,7625$ cm. On garde « trop » de chiffres significatifs car on va considérer les incertitudes.

h. $9 \times \lambda_{mes} = x_9 - x_0$. D'où $\lambda_{mes} = \frac{x_9 - x_0}{9}$. AN : $\lambda_{mes} = 2,515278$ cm

3. Mesure indirect de la fréquence f_{mes} .

En utilisant les notation du problème, $f_{mes} = \frac{c}{\lambda_{mes}}$

$$AN : f_{mes} = \frac{10 \text{ cm/s}}{2,515278 \text{ cm}}$$

$$f_{mes} = 3,975704 \text{ Hz}$$

4. Incertitude de mesure et confrontation à la valeur de référence.

a. À quoi 0,125 cm correspond à la plus petite différence entre 2 mesures.

$$b. U(\lambda_{mes}) = \frac{U(9 \times \lambda_{mes})}{9} = \frac{\sqrt{2} \times 0,125 \text{ cm}}{9} = 0,01964186 \text{ cm}$$

$U(\lambda_{mes}) = 0,020$ cm, on garde toujours 2 CS.

$$c. U(f_{mes}) = f_{mes} \left(\frac{U(\lambda_{mes})}{\lambda_{mes}} \right). AN : U(f_{mes}) = 3,975704 \times \left(\frac{0,020 \text{ cm}}{2,515278 \text{ cm}} \right)$$

$$U(f_{mes}) = 0,032 \text{ Hz}.$$

d. $f_{mes} = (3,976 \pm 0,032) \text{ Hz}$, soit [3,944 Hz ; 4,008 Hz].

e. La mesure (f_{mes}) et la valeur de référence ($f_{réf}$) sont bien compatibles car $f_{réf} = 3,98$ Hz est bien comprises dans l'encadrement.