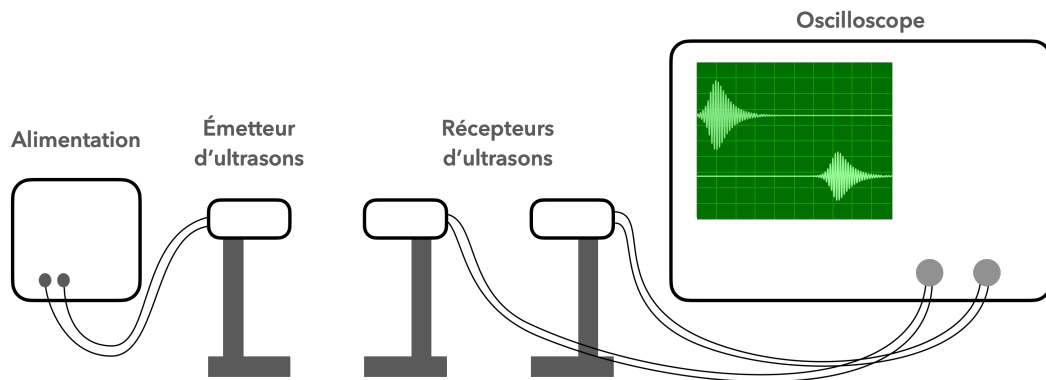


Dans ce TP, on cherche à évaluer la célérité des ultrasons par deux méthodes différentes. En déterminant l'incertitude-type du résultat pour chacune, on va pouvoir comparer les méthodes.

Pour les deux méthodes, on utilisera les mêmes armes :

un oscilloscope, un émetteur d'ultrasons et son alimentation avec un réglage « salves » et un réglage « continu » (qui correspond en fait à un signal sinusoïdal), et deux récepteurs d'ultrasons.

1^{re} méthode : utilisation du retard



Un **oscilloscope** permet d'observer l'évolution temporelle d'un signal. Plus précisément, c'est un voltmètre permettant d'afficher $u(t)$. L'axe vertical correspond ainsi à la tension et l'axe horizontal au temps.

La **sensibilité verticale** de l'oscilloscope est le nombre de volts par division (par carreau). Elle peut se régler et est affichée sur l'écran.

La **sensibilité horizontale**, ou vitesse de balayage, correspond au nombre de secondes par division. Elle aussi peut se régler et est affichée sur l'écran (attention : le symbole micro μ est noté « u »).

Pour faire des mesures, on peut aussi utiliser les curseurs.

Les oscilloscopes sont préréglés et affichent les signaux des deux récepteurs d'ultrasons.

1. Mesurer le retard entre les deux signaux (soit en comptant les divisions ou mieux, en utilisant les curseurs).

$$\Delta t =$$

2. Mesurer la distance correspondante entre les deux récepteurs :

$$d =$$

3. En déduire la célérité des ondes ultrasonores :

$$c =$$

La mesure théorique de la célérité des ondes sonores dans l'air sec est donnée par la formule :

$$c_{th} = 20,05\sqrt{T(\text{en K})} \text{ où } T(\text{en K}) = \theta(\text{en } ^\circ\text{C}) + 273,15$$

4. Que vaut la valeur théorique c_{th} des ondes sonores dans la pièce ?

$$c_{th} =$$

5. Comparer à votre résultat expérimental et commenter.

Toute mesure physique est entachée d'erreurs. Pour jauger la qualité d'un résultat expérimental et sa compatibilité avec la théorie, il faut pouvoir évaluer son **incertitude-type**.

La meilleure méthode pour cela est de répéter la mesure. Cela a deux avantages :

- la moyenne des mesures est un meilleur estimateur du résultat,
- la dispersion des mesures permet d'évaluer l'incertitude (il s'agit alors d'une estimation de **type A**).

Pour réaliser une détermination de type A de l'incertitude-type sur notre détermination expérimental de c , commençons par récupérer les mesures de chacun des groupes :

6. Déterminer à la calculatrice la moyenne des résultats \bar{c} et l'écart-type expérimental de la série de mesures σ_{exp} ([lien sur le site](#) pour la méthode).

$$\bar{c} =$$

$$\sigma_{exp} =$$

L'incertitude-type sur la moyenne $u(\bar{c})$ s'obtient en divisant l'écart-type expérimental σ_{exp} par la racine carrée du nombre de mesures réalisées : $u(\bar{c}) = \frac{\sigma_{exp}}{\sqrt{n}}$.

L'incertitude-type $u(\bar{c})$ s'écrit avec **2 chiffres significatifs**.

Le résultat final se note : $c = \bar{c} \pm u(\bar{c})$ (sans oublier l'unité)

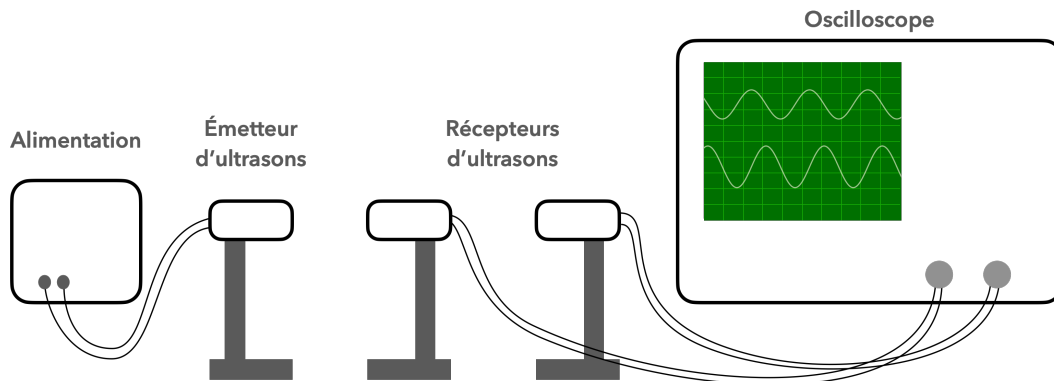
7. Donner le résultat final de la première expérience.

c	$=$		\pm		$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
-----	-----	--	-------	--	------------------------------

8. Comparer à la valeur théorique et commenter.

2e méthode : utilisation de la longueur d'onde

L'alimentation de l'émetteur d'ultrasons est maintenant placée en mode « continu ». Le signal émis est alors **sinusoïdal**.



1. Mesurer la période du signal en prenant plusieurs motifs et en déduire la fréquence :

$$T =$$

$$f =$$

Lorsque les maxima et minima des deux signaux se correspondent, on dit que les signaux sont **en phase**.

Les signaux étant initialement en phase, éloigner le 2^e récepteur provoque un déphasage progressif. Lorsque le décalage vaut **un nombre entier de longueurs d'onde**, les signaux sont à nouveau en phase.

2. Décaler le 2^e récepteur de manière à mesurer le plus grand nombre entier n de longueurs d'onde. Mesurer la distance d correspondant à ces n longueurs d'onde. Et en déduire λ .

$$n =$$

$$d =$$

$$\lambda =$$

Procédons à une évaluation de l'incertitude-type sur λ de **type B** (non statistique) :

La mesure de n est considérée parfaite et l'incertitude-type sur la distance mesurée peut être évaluée comme correspondant à une graduation de la règle. L'incertitude-type $u(\lambda)$ sur la longueur d'onde vaut alors $u(d)/n$.

3. Déterminer l'incertitude-type sur votre mesure de la longueur d'onde.

$$u(\lambda) =$$

4. Pourquoi est-il intéressant de mesurer le plus grand nombre possible de motifs ?

5. Évaluer l'incertitude-type sur la période T mesurée à la question 7 en mesurant par exemple de combien de μs les curseurs de l'oscilloscope peuvent bouger tout en gardant une position satisfaisante pour la mesure. Penser à diviser par le nombre de périodes mesurées.

$$u(T) =$$

Lorsqu'un calcul se fait sur des grandeurs comportant des incertitudes, le résultat du calcul comporte bien sûr lui aussi une incertitude qui peut se déterminer à l'aide de formules. On parle alors d'**incertitudes composées**.

Ici, comme la célérité est donné par $c = \lambda/T$, l'incertitude-type sur la célérité est donnée par :

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

6. Déterminer l'incertitude-type sur la célérité et donner le résultat final de la détermination de la célérité du son par la 2^e méthode.

c	=		\pm		$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
-----	---	--	-------	--	------------------------------

Bilan

Pourquoi la valeur de l'incertitude-type sur la détermination de la célérité permet-elle de comparer les deux méthodes ?

Quelle méthode paraît-elle ainsi être la meilleure ?