

TP 2 – Ultrasons et mesure de la vitesse du son

Matériel

- Oscilloscope, un émetteur ultrasonore et deux récepteurs, un banc gradué, alimentation 15 V CC, fils et adaptateurs. Pour la classe : un thermomètre.

L'objectif de la séance est de mesurer la célérité des ondes sonores dans l'air, et de comparer cette mesure à une valeur prédite par la théorie.

Document : émetteur / récepteur ultrasonore

Un émetteur d'ondes ultrasonores produit des ondes acoustiques dont la fréquence est supérieure à 20 kHz, et qui ne sont donc pas audibles par l'homme.

Quant au récepteur, il convertit le signal acoustique reçu en signal électrique, visualisable directement sur l'oscilloscope. On observe ainsi sur l'oscilloscope une image du signal acoustique. On consultera la notice pour plus d'informations.

Dans tout le TP, on utilisera l'émetteur ultrason en mode continu uniquement. Il produit ainsi en très bonne approximation une onde progressive harmonique.

I Mesure de la période

Proposer et mettre en œuvre un protocole très simple permettant de mesurer la période des ondes ultrasonores produites par l'émetteur. On réalisera la mesure à l'aide des fonctionnalités automatiques de l'oscilloscope.

Estimer l'incertitude associée (se reporter au document sur les incertitudes et trouver la section parlant des mesures à l'oscilloscope).

Compte rendu : Doivent apparaître a/une présentation du montage (schéma) ; b/une description de la façon dont vous réalisez la mesure (avec notamment un schéma des observations de l'oscilloscope) ; c/le résultat de votre mesure ; d/l'évaluation de l'incertitude (en expliquant) ; e/l'écriture finale résultat+incertitude respectant les règles.

II Mesure de la longueur d'onde

Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de mesurer la longueur d'onde des ondes ultrasonores produites par l'émetteur. Indice : utiliser deux récepteurs et visualiser leurs signaux sur l'oscilloscope, puis déplacer l'un des deux...

Estimer l'incertitude sur la mesure réalisée.

Compte rendu : Même chose que pour la mesure de la période.

Remarque : Un moyen précis de repérer un déphasage nul entre deux signaux harmoniques de même fréquence est d'utiliser l'oscilloscope en mode XY. Le déphasage est nul lorsque la courbe tracée en XY est réduite à un segment. Cette méthode se nomme "méthode de Lissajous".

III Célérité des ondes sonores : côté expérience _____

En utilisant les deux mesures précédentes, en déduire la vitesse de la célérité des ondes ultrasonores.

Compte rendu : On donnera a/la formule utilisée ; b/le résultat numérique ; c/puis on estimera l'incertitude à l'aide de la partie IV du document sur les incertitudes en détaillant le calcul ; e/et enfin on soignera l'écriture finale résultat+incertitude.

IV Célérité des ondes sonores : côté théorie _____

Les théories de la mécanique des fluides et de la thermodynamique permettent, sous certaines hypothèses, d'obtenir une expression de la vitesse du son dans l'air :

$$c_{\text{théo}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}},$$

avec $\gamma = 1,4$ l'indice adiabatique de l'air, $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ la constante des gaz parfaits (nous rencontrerons ces deux grandeurs dans le cours de thermodynamique), $M = 29 \text{ g/mol}$ la masse molaire de l'air, et T la température exprimée en kelvin (T en kelvin = T en degré + 273,15 ; par exemple si vous mesurez 20°C sur le thermomètre, alors $T = 293,15 \text{ K}$).

Faire l'application numérique pour la valeur théorique $c_{\text{théo}}$ de la célérité du son.

V Comparaison théorie / expérience _____

En conclusion, votre valeur expérimentale permet-elle de valider la prédiction théorique ? On justifiera bien pourquoi.

Si ce n'est pas le cas, on pourra indiquer des pistes d'explications.

VI Mesure de la célérité des ondes sonores par temps de vol

Partie à traiter seulement si le temps le permet.

En utilisant cette fois deux récepteurs et l'émetteur en mode salve (et non plus en mode continu), proposer et mettre en œuvre une nouvelle méthode de mesure directe de la vitesse du son.