

TP 14 – Ultrasons et mesure de la vitesse du son

Matériel Oscilloscope, trois émetteur/récepteur ultrasonores, un banc gradué, alimentation 15 V CC.
Pour la classe : un thermomètre.

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 sinusoïdale.

I Un émetteur et deux récepteurs

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

1 - 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.

L'oscilloscope étant suffisamment précis (précision relative de moins de 1% en temps), on admet que l'incertitude sur cette mesure est négligeable devant celle sur la longueur d'onde (que nous mesurons ensuite). Donc on ne l'estime pas.

2 - 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-type $u(\lambda)$ sur la mesure réalisée.

3 - Célérité des ondes sonores : côté expérience

En utilisant les deux mesures précédentes, en déduire la célérité des ondes ultrasonores dans l'air.

On donnera a/la formule utilisée ; b/le résultat numérique ; c/puis on estimera l'incertitude-type en détaillant le calcul.

4 - 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.

5 - 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.

II Deux émetteurs et un récepteur : interférences

On passe maintenant dans le cadre du chapitre 2 (interférences). On se place dans la configuration de l'exercice de cours 1 : deux émetteurs, un seul récepteur connecté à l'oscilloscope (il suffit d'alimenter deux modules ultrason au lieu d'un, peu importe l'écriture "émetteur" ou "récepteur" inscrite dessus).

- a - Commencer avec les deux émetteurs très proches, pour avoir un signal reçu maximal.
- b - Puis éloigner un des deux émetteurs. Atteindre le point où le signal reçu est minimal.
- c - Continuer à éloigner l'émetteur, jusqu'à atteindre à nouveau un signal maximal.
- d - Continuer encore jusqu'à avoir un signal minimal.
- e - Etc...

6 - Se placer dans chacun des cas ci-dessus. A chaque fois, indiquer ce que valent le déphasage et la différence de marche. Relever également la distance d qui sépare les deux émetteurs. Faire un schéma de la situation.

Dans chaque cas, en déduire λ . Les différentes mesures sont-elles cohérentes?

III Mesure de la célérité par temps de vol

7 - (À traiter seulement si le temps le permet.) En utilisant 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.