

TP 7 - CÉLÉRITÉ D'UNE ONDE PROGRESSIVE SINUSOÏDALE

On va s'intéresser aujourd'hui à deux manières différentes de mesurer la célérité des ondes ultrasonores dans l'air, et estimer les incertitudes liées à chaque méthode.

Objectifs :

- Mesurer la vitesse des ultrasons dans l'air et les conditions du laboratoire.
- Estimer l'incertitude associée à chaque mesure et confronter ces résultats à une valeur théorique.
- Etudier l'influence de l'écartement entre deux sources sur la valeur de l'interfrange.

I Mesure de la vitesse par mesure du retard

Vous disposez d'un émetteur d'ultrasons et deux récepteurs. La fréquence optimale d'utilisation de l'émetteur a été mesurée et est indiquée sur celui-ci. Vous alimenterez donc l'émetteur à cette fréquence et une amplitude de 2V par un GBF. On va dans un premier temps utiliser le mode *burst* du GBF. Dans ce mode, il envoie des salves d'une durée réglable à l'amplitude demandée avec une fréquence elle aussi réglable. On choisira un nombre de cycles par salve entre 5 et 10 et une période de 10 ms entre deux salves.

Question (I.1)

Pourquoi l'onde sonore émise à la fréquence de l'émetteur est qualifiée d'ultrason ?

Question (I.2)

Eloignez les récepteurs l'un de l'autre et mesurez la position de chaque récepteur avec le bang gradué, en y associant l'incertitude de mesure (incertitude de type B, $u(X) = \frac{\Delta}{\sqrt{12}}$).

Question (I.3)

Donnez la distance entre les deux récepteurs. Quel est l'intérêt de les avoir éloignés l'un de l'autre ?

Question (I.4)

En faisant une acquisition des deux signaux des récepteurs à l'oscilloscope, utilisez le mode *Measure* pour estimer le décalage temporel entre les réceptions des salves. Associez à cette valeur une incertitude de type B.

Question (I.5)

Calculez la vitesse des ultrasons.

II Mesure de la vitesse par mesure de la longueur d'onde

On va maintenant utiliser le générateur en continu, afin d'avoir une onde progressive sinusoïdale. On va aussi utiliser l'oscilloscope en mode XY.

Oscilloscope en mode XY : En mode XY, l'oscilloscope ne trace plus les signaux $x_1(t)$ et $x_2(t)$ mais trace la fonction $x_2(x_1)$. Ce mode présente plusieurs avantages :

- Si les deux signaux sont sinusoïdaux à la même fréquence, on observe en général une ellipse ;
- Si les deux signaux sont en plus en phase, on observe un segment de droite dans les cadrans supérieur droit et inférieur gauche ;
- Si les deux signaux sont en opposition de phase, le segment de droite parcourt les cadrans inférieur droit et supérieur gauche.

Question (II.1)

Elaborez un protocole vous permettant de mesurer la longueur d'onde avec le générateur en continu et l'oscilloscope en mode XY. Montrez le au professeur.

Question (II.2)

Après avis du professeur réalisez ce protocole. Vous prendrez en compte les incertitudes de mesure sur les positions des récepteurs.

Question (II.3)

En considérant l'incertitude sur la fréquence nulle, donnez la valeur de la célérité trouvée avec cette méthode.

III Confrontation des mesures avec la théorie

D'après la théorie, la célérité des ondes sonores dans l'air est donnée par :

$$c = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}},$$

où $\gamma = 1,4$, $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$, T est la température en K et $M = 29 \text{ g.mol}^{-1}$ est la masse molaire du gaz considéré (ici l'air).

Question (III.1)

Vérifiez l'homogénéité de cette formule.

Question (III.2)

Calculez la valeur théorique de la célérité des ondes sonores dans l'air et dans les conditions du laboratoire.

Question (III.3)

Comparez cette valeur à vos valeurs mesurées et comparez.

IV Interférences d'ondes sonores (si il vous reste du temps)

On dispose maintenant de deux émetteurs d'ultrasons séparés de $a = 5 \text{ cm}$, alimentés par la même source sinusoïdale. On place le récepteur à une distance D environ égale à une vingtaine de centimètres des deux émetteurs, à mi-distance de ceux-ci.

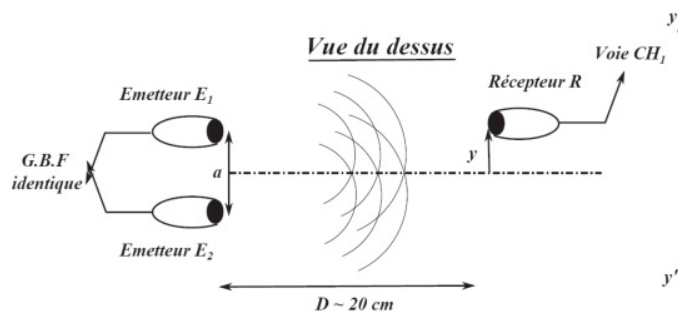


FIGURE 1 – Schéma du montage d'interférences vu du dessus

Question (IV.1)

Vérifiez qu'en déplaçant le récepteur parallèlement à l'axe des émetteurs, on observe une alternance de maxima et de minima.

Question (IV.2)

Comment interpréter cette alternance ?

Question (IV.3)

On appelle interfrange i la distance entre deux maxima ou deux minima successifs. D'après la théorie, $i = \frac{\lambda D}{a}$. Faites une mesure (avec incertitudes) afin de vérifier cette loi.

Question (IV.4)

(Si il reste du temps) Refaites les mêmes mesures en faisant varier a . Tracer le graphique $i = f\left(\frac{1}{a}\right)$, on est censé obtenir une droite de coefficient directeur λD .

Question (IV.5)

Comparez la valeur de λD obtenue avec le graphique avec celle obtenue en faisant le produit des valeurs mesurées de λ et D . Commentez.