

TP P1.1 : DÉTERMINATION DE LA VITESSE DES ULTRASONS DANS L'AIR

Compétence(s)

Pratiquer une démarche expérimentale mettant en œuvre un capteur ou un dispositif de détection.
 Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier qualitativement et quantitativement un phénomène de propagation d'une onde.
 Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la période, la fréquence, la longueur d'onde et la célérité d'une onde progressive sinusoïdale.

Il existe plusieurs manières de mesurer la vitesse du son. L'une des plus simple consiste à émettre un son bref vers une surface réfléchissante et attendre son écho. En mesurant le temps mis par le son pour revenir à son point de départ (avec un enregistreur) et la distance parcourue, on en déduit la vitesse du son.

Nous allons aujourd'hui voir une méthode un peu plus complexe mais permettant d'obtenir une meilleure précision.

Objectif / Problématique

Déterminer la vitesse des ultrasons par mesure de leur longueur d'onde

Document : Quelques animations

Afin de bien comprendre le principe de ce TP, consulter les animations suivantes :

[Principe du fonctionnement d'un microphone](#)

[Double périodicité d'une onde](#)

[2 microphones enregistrant un même son](#)

[Simulation du montage expérimental](#)

Phase et opposition de phase

- Deux courbes sinusoïdales de même période sont en **phase** si leur **maxima** et leur **minima** coïncident dans le temps.
- Deux courbes sinusoïdales de même période sont en **opposition de phase** si les **maxima** de l'une coïncident avec les **minima** de l'autre.

Questions préalables

À l'aide des animations visionnées, répondre aux questions suivantes :

1. Quelle relation existe-t-il entre la fréquence d'un signal sonore périodique et la fréquence du signal électrique produit par le microphone qui capte ce même son ?

2. Qu'est ce que la longueur d'onde λ d'une onde ?

3. À quelle condition les signaux produits par les 2 récepteurs ultrasonores seront en phase ? En opposition de phase ?

4. Quel temps met l'onde à se déplacer d'une longueur égale à λ ?

5. En déduire un protocole permettant de mesurer précisément la vitesse de propagation des ultrasons avec le matériel proposé.

Matériel disponible

Un émetteur et deux récepteurs d'ultrasons ; oscilloscope

Conseils

- Brancher le récepteur « fixe » sur la voie n°1 de l'oscilloscope et fixez-le avec du scotch.
- Les récepteurs ont un maximum de sensibilité pour une fréquence donnée de l'émetteur. Assurez-vous de régler l'émetteur à cette fréquence.

Travail demandé

1. Déterminer la vitesse des ultrasons en estimant la marge d'erreur commise.

Remarque : nous nous occuperons des chiffres significatifs associés aux incertitudes plus tard au cours de ce trimestre.

2. Comparer le résultat de la mesure à la valeur théorique : $c = 20,05 \cdot \sqrt{T}$, T étant la température de l'air en kelvins.

Questions préalables

À l'aide des animations visionnées, répondre aux questions suivantes :

1. Quelle relation existe-t-il entre la fréquence d'un signal sonore périodique et la fréquence du signal électrique produit par le microphone qui capte ce même son ?

C'est la même.

2. Qu'est ce que la longueur d'onde λ d'une onde ?

Distance parcourue par l'onde durant une période.

Distance minimale entre deux points dans un même état vibratoire

3. À quelle condition les signaux produits par les 2 récepteurs ultrasonores seront en phase ? En opposition de phase ?

En phase si les micros sont distants de $m \cdot \lambda$ avec m entier. En opposition de phase s'ils sont séparés de $(m + \frac{1}{2}) \cdot \lambda$.

4. Quel temps met l'onde à se déplacer d'une longueur égale à λ ?

$\Delta t = T$

5. En déduire un protocole permettant de mesurer précisément la vitesse de propagation des ultrasons avec le matériel proposé.

• **Caler les 2 récepteurs de manière à ce que leurs signaux soient en phase.**

• **Reculer un des deux récepteurs de plusieurs longueurs d'onde, en comptant le nombre de fois où les courbes se retrouvent de nouveau en phase.**

• **Mesurer précisément ces x longueurs d'onde et en déduire la valeur d'une seule longueur d'onde.**

• **Grâce à l'oscilloscope, mesurer la période de l'onde.**

• **Part la relation $\lambda = c \cdot T$, on en déduit c .**

Matériel disponible

Un émetteur et deux récepteurs d'ultrasons ; oscilloscope

Conseils

• Brancher le récepteur « fixe » sur la voie n°1 de l'oscilloscope et fixez-le avec du scotch.

• Les récepteurs ont un maximum de sensibilité pour une fréquence donnée de l'émetteur. Assurez-vous de régler l'émetteur à cette fréquence.

Travail demandé

1. Déterminer la vitesse des ultrasons en estimant la marge d'erreur commise.

On va mesurer T sur l'oscilloscope et mesurer un certain nombre de longueurs d'onde en repérant les passages successifs où les deux récepteurs sont en phase.

L'incertitude absolue de lecture sur un instrument graduée correspond à la plus petite graduation de l'instrument, soit 0,2 div sur l'oscilloscope et 1 mm sur le banc gradué.

Supposons que l'on mesure que $2 \cdot T = 10 \text{ div} \pm 0,1 \text{ div}$, avec une vitesse de balayage de $5 \mu\text{s} \cdot \text{div}^{-1}$.

Alors : $T_{\min} = 24,75 \mu\text{s}$ et $T_{\max} = 25,25 \mu\text{s}$

Supposons que l'on mesure que $20 \cdot \lambda = 172 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$.

Alors $\lambda_{\min} = 8,575 \text{ mm}$ et $\lambda_{\max} = 8,625 \text{ mm}$.

Ce qui donne $c_{\min} = \lambda_{\min} / T_{\max} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $c_{\max} = \lambda_{\max} / T_{\min} = 348 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Remarque : nous nous occuperons des chiffres significatifs associés aux incertitudes plus tard au cours de ce trimestre.

2. Comparer le résultat de la mesure à la valeur théorique : $c = 20,05 \cdot \sqrt{T}$, T étant la température de l'air en kelvins.

La température mesurée était de 23°C , soit 294 K , ce qui donne une vitesse c théorique de $345 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.