



Mesure de la célérité des ultrasons dans l'air

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Etude de documents	A B C D
Réaliser : Pratiquer une démarche expérimentale mettant en œuvre un capteur ou un dispositif de détection, visant à étudier qualitativement et quantitativement un phénomène de propagation d'une onde, et permettant de déterminer la période, la fréquence, la longueur d'onde et la célérité d'une onde progressive sinusoïdale	A B C D
Valider : Utiliser les symboles et unités adéquates. Évaluer l'incertitude d'une mesure obtenue lors de la réalisation d'un protocole dans lequel interviennent plusieurs sources d'erreurs.	A B C D

Contexte Les ondes ultrasonores sont utilisées par certains animaux pour percevoir leur environnement (echolocation). C'est le cas des chauve-souris. En médecine, les ultrasons sont utilisés en imagerie médicale et aussi pour réaliser des examens vasculaires. Ces examens permettent de mesurer le débit sanguin de façon indolore pour le patient. L'oreille humaine perçoit les sons dont les fréquences sont comprises entre 20 Hz et 20000 Hz environ. Les ultrasons sont des ondes sonores inaudibles pour l'oreille humaine. La fréquence des ultrasons est supérieure à 20000 Hz. Un émetteur d'ultrasons émet une onde ultrasonore qui reproduit fidèlement la tension électrique appliquée à ses bornes. Un récepteur ultrasonore transforme l'onde ultrasonore, à l'endroit où il est situé, en une tension électrique qui reproduit fidèlement l'onde ultrasonore. Quelles sont les principales caractéristiques des ondes ultrasonores ? Comment les mesurer au laboratoire ? Avec quelle précision ?

I. Documents

Document n° 1 : La célérité des ondes sonores dans l'air

La vitesse de propagation des ondes sonores dans l'air est fortement liée aux caractéristiques thermodynamiques du milieu dans lequel elles se propagent. On peut montrer que la célérité du son dans l'air est de la forme

$$c = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (1)$$

La vitesse des ondes sonores dans l'air à 20 degrés Celsius est d'environ 340 m.s⁻¹. Cette vitesse dépend de la température, de la pression et de l'humidité. Si l'on écrit $T = 273,15 + \theta$, on peut réécrire l'équation sous la forme

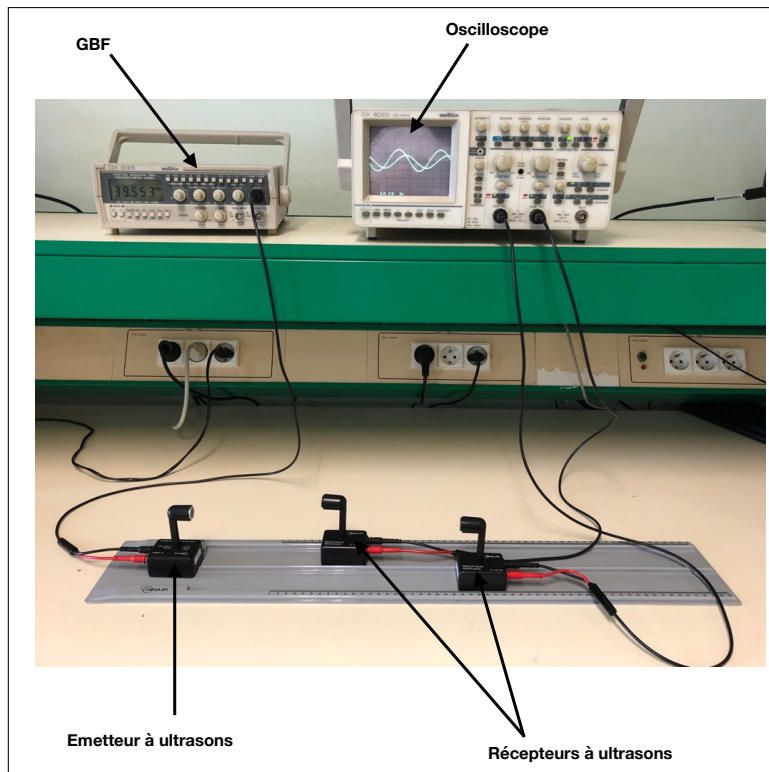
$$c = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}} (273,15 + \theta) \simeq 331,6 + 0,6 \cdot \theta \quad (2)$$

Document n° 2 : Calcul d'incertitude

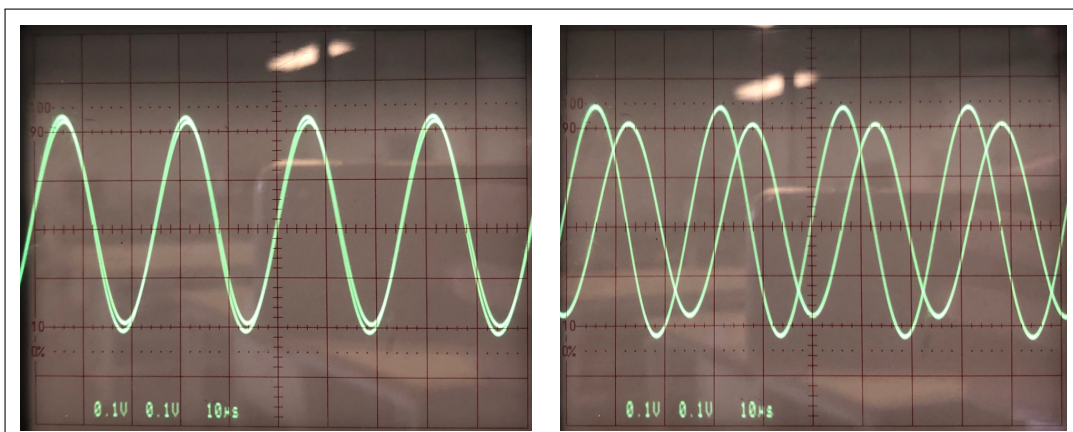
Si les grandeurs x , y , z et w sont liées par une relation de la forme : $x = \frac{y \cdot z}{w}$, Alors l'incertitude absolue $U(x)$ sur la mesure de x est donnée par la formule :

$$U(x) = x \sqrt{\left(\frac{U(y)}{y}\right)^2 + \left(\frac{U(z)}{z}\right)^2 + \left(\frac{U(w)}{w}\right)^2}$$

avec $U(y)$, $U(z)$ et $U(w)$ les incertitudes sur y , z et w .



Document n°3 : Montage expérimental



Document n°4 : Exemples de signaux observés à l'oscilloscope

II. Protocole expérimental

- Régler le GBF sur une tension sinusoïdale de fréquence 40 kHz et d'amplitude 4 V pic à pic.
- Relier l'émetteur ultrasons à la sortie du GBF (output).
- Relier les 2 récepteurs à la voie 1 et à la voie 2 de l'oscilloscope et effectuer les réglages nécessaires sur l'oscilloscope .
- Disposer les deux récepteurs côte à côte de manière à observer les deux signaux en phase. Deux signaux sont en phase s'ils ont le même aspect à chaque instant (maximum au même instant).
- Laisser un des deux récepteurs en place et déplacer lentement le deuxième récepteur jusqu'à retrouver les deux courbes en phase, on a alors déplacé le deuxième récepteur d'une longueur d'onde λ . La longueur d'onde λ (ou période spatiale) est la distance parcourue par l'onde pendant une période T .

III. Mesures

Le déplacement du deuxième récepteur sera effectué pour des valeurs multiples de la longueur d'onde. On appelle d la distance séparant les deux récepteurs lorsque les deux signaux observés sont en phase : $d = k \times \lambda$.

1. Mesurer la période des deux signaux reçus. La valeur trouvée est-elle en accord avec la valeur prévue ?

Rappels : La mesure de T est plus précise si la mesure est effectuée sur plusieurs périodes.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Quelle est la relation reliant la fréquence à la période ? Déterminer la valeur de la fréquence des signaux.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Estimer l'incertitude absolue $U(T)$ et calculer l'incertitude relative $U(T)/T$.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Mesurer d pour les valeurs suivantes de k : 5, 10, 15, 20, 25. Rassembler les valeurs dans le tableau suivant.

k	5	10	15	20	25
d (cm)					
λ (nm)					
$v = \frac{\lambda}{T}$					
$U(d)/d$					
$U(\lambda)/\lambda$					
$U(v)/v$					

IV. Exploitation des résultats

1. Comment appelle-t-on ce type d'ondes ? Quelles sont leurs caractéristiques ?

.....

2. Pourquoi l'amplitude du signal du récepteur est inférieure à l'amplitude du signal de la source ?

.....

3. Estimer l'incertitude relative $U(d)/d$ sur d . Compléter dans le tableau.

4. L'incertitude relative sur la longueur d'onde est égale à l'incertitude relative sur d . Estimer l'incertitude relative $U(\lambda)/\lambda$ sur λ . Compléter dans le tableau.

5. Calculer la valeur moyenne de la célérité du son dans l'air et la comparer à la valeur attendue.

.....

6. Calculer l'incertitude relative sur la vitesse. Compléter la dernière ligne du tableau.

7. Donner une estimation de la vitesse des ultrasons dans l'air avec une incertitude.

.....
.....
.....
.....

— Fin —