

Activité expérimentale AE₁: Mesure de la célérité du son dans l'air.

Compétences travaillées :

- S'approprier : extraire l'information utile sur des supports variés.
- Analyser : Concevoir un protocole expérimental
- Réaliser : Suivre un protocole en respectant les consignes de sécurité et effectuer des mesures précises.
- Valider: analyser des résultats de mesure de façon critique.

➤ Il y a de l'orage dans l'air... voir et entendre pour mesurer une distance



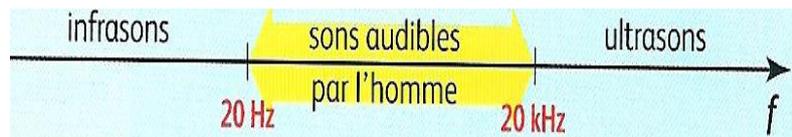
Lorsqu'un éclair a lieu, les décharges électriques produisent une température très élevée, alors l'air se dilate violemment en lui imprimant de fortes vibrations. Cette expansion engendre une onde de choc et provoque comme une explosion, le tonnerre. Ce dernier peut parfois être entendu jusqu'à 20 km quand l'orage est très violent.

On dit souvent que, pour évaluer la distance en km qui nous sépare d'un orage, il faut diviser par 3 le nombre de secondes entre la vision de l'éclair et le bruit du tonnerre.

1. Pourquoi la mesure du temps écoulé entre l'éclair et le tonnerre permet-elle d'évaluer la distance qui nous sépare de l'orage ?
2. A l'aide des documents ci-dessous proposer un protocole expérimental pour mesurer la célérité du son dans l'air.
3. Expliquer la phrase surlignée dans le texte d'introduction. Critiquer cette méthode.

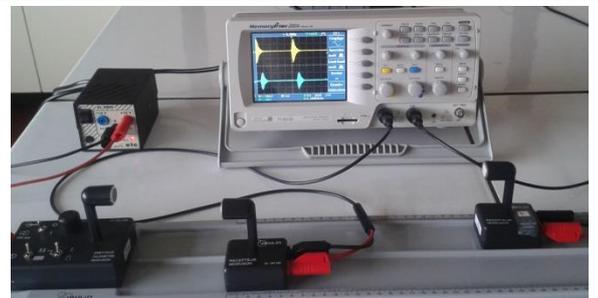
Document 1 : Sons et ultrasons

Les sons, les ultrasons, les infrasons sont des vibrations des couches d'air (compression/dilatation des couches d'air). Ces ondes ont la même célérité mais se différencient par la fréquence.



Document 2 : Matériel disponible

- Un émetteur d'ultrasons en mode « salves »
- une alimentation 0-15 V
- 2 récepteurs d'ultrasons R₁ et R₂
- un régllet sur lequel les récepteurs peuvent se déplacer.
- un oscilloscope numérique
- des fils de connexion
- fiche d'utilisation de l'oscilloscope



Les récepteurs d'ultrasons R₁ et R₂ transforment les vibrations de l'air engendrées par l'onde ultrasonore en tension électrique.

L'oscilloscope permet de visualiser la trace d'un signal électrique en fonction du temps.

- Il y a de l'erreur dans la mesure... estimer l'incertitude de mesure. La mesure de célérité est-elle « vraie » ?
 - ▶ Que répondre à la question posée ci-dessus ?
 - ▶ Le travail d'un scientifique consiste à estimer l'incertitude de mesure. Il peut être confronté aux deux situations ci-dessous.

Incertitude absolue et relative sur une mesure unique

Pour mesurer la célérité du son dans l'air, chaque groupe a effectué une mesure unique.

Valeur mesurée $v_{\text{son}} =$

1. Quelles sont les sources d'erreurs possible lors de la mesure de v ?
2. Evaluer l'incertitude absolue pour chacune des grandeurs mesurées.
3. Estimer l'incertitude relative (ou précision) $\frac{\Delta v}{v}$ sur la unique mesure à partir de la relation suivante : $\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta \tau}{\tau}$
4. En déduire l'incertitude absolue Δv et présenter la valeur de la célérité des ultrasons sous la forme $v \pm \Delta v$.

Incertitude absolue sur une série de n mesures

Pour améliorer la précision de la mesure, on peut réaliser un grand nombre de mesures. On note n le nombre de mesures effectuées

d (cm)									
τ (μs)									
v (m.s^{-1})									

Comment exploiter une série de n mesures ?

Utiliser la calculatrice

Tracer un graphique

- Mode statistique
- Calculer la moyenne \bar{v}
- Calculer l'écart-type σ
- Présenter la mesure sous la forme $v \pm \Delta v$ avec $\Delta v = \frac{2\sigma}{\sqrt{n}}$
- Tracer (à la main !) d en fonction de τ
- En déduire la célérité du son
- Utiliser Régressi pour évaluer Δv

θ ($^{\circ}\text{C}$)	v (m.s^{-1})
-5	328,5
0	331,5
+5	334,5
+15	340,5
+20	343,4
+25	346,3
+30	349,2

- ▶ Le tableau ci-contre donne la célérité des ultrasons dans l'air en fonction de la température sous une pression de 1013 hPa. La valeur mesurée est-elle cohérente avec la valeur tabulée ? Justifier.

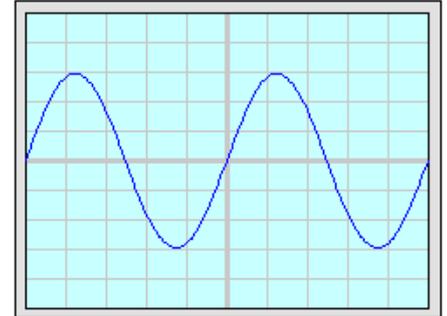
➤ Accordons nos violons : utilisons un diapason

Le **diapason**, est un outil de musicien donnant la hauteur (fréquence en hertz) d'une note-repère conventionnelle, en général le *la*, afin que celui-ci accorde son instrument. Par extension, le diapason désigne la hauteur absolue de la note de référence mondialement acceptée (actuellement la fréquence du *la*₃ est de 440 Hz).



La principale raison de la forme du diapason est qu'il produit une note pratiquement pure, ici en *La*₃

L'onde sonore émise par un diapason peut être convertie par un microphone en un signal électrique sinusoïdal de même fréquence. Ce dernier est une fonction sinusoïdale du temps qui peut être visualisée à l'oscilloscope.



Connaissant précisément la fréquence de la note émise, il est possible, avec 2 microphones, de mesurer la célérité du son.

Document 1 : Matériel disponible

- Un émetteur d'ultrasons en mode « continu »
- une alimentation 0-15 V
- 2 récepteurs d'ultrasons R_1 et R_2
- un régllet sur lequel les récepteurs peuvent se déplacer.
- un oscilloscope numérique
- des fils de connexion
- fiche d'utilisation de l'oscilloscope

Les récepteurs d'ultrasons R_1 et R_2 transforment les vibrations de l'air engendrées par l'onde ultrasonore en tension électrique.

L'oscilloscope permet de visualiser la trace d'un signal électrique en fonction du temps.

1. Période temporelle T :

- Mesurer la **période** T de l'onde émise, en utilisant l'icône de mesures.
- Refaire la mesure en prenant plusieurs périodes. Conclure quant à l'intérêt.
- Calculer la **fréquence** de l'émetteur.
-

2. Longueur d'onde λ :

- Le récepteur (R_2) étant placé sur la graduation « 0 », ajuster la position du récepteur (R_1) pour que les 2 courbes soient en phase.
- Éloigner maintenant la position du récepteur (R_2) pour que les courbes soient de nouveau en phase.

1. Que signifie l'expression : « **pour que les courbes soient de nouveau en phase** » ?

2. Que représente la distance d parcourue pour que les courbes soient de nouveau en phase ? Définir cette distance.

- Continuer à éloigner le récepteur (R_2) tout **en comptant le nombre de fois** où les 2 courbes sont en phase ; noter la position du récepteur (R_2) par rapport au récepteur (R_1) correspondant à la 10^{ème} fois.

3. En déduire la **longueur d'onde** λ , ainsi que son incertitude.

Pourquoi avoir éloigné de dix fois la distance d ?

4. Retrouver la **célérité** v de l'onde.

Déterminer l'incertitude de la mesure Sachant qu'elle peut se calculer par la formule : $\frac{U(v)}{v} = \frac{U(\lambda)}{\lambda} +$

$$\frac{U(T)}{T} \frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} + \frac{\Delta T}{T}$$

Est-ce que son intervalle de confiance englobe la valeur de référence ?

Protocole attendu

- Alimenter l'émetteur avec une tension continue de 15 V.
- Régler l'émetteur en mode salve.
- Placer les deux récepteurs R_1 et R_2 côte à côte à quelques centimètres de l'émetteur.
- Relier les récepteurs R_1 et R_2 aux voies CH1 et CH2 de l'oscilloscope, décaler verticalement les deux courbes visualisées sur l'oscilloscope, modifier la base de temps et la sensibilité verticale si nécessaire.
- Décaler le récepteur R_2 par rapport au récepteur R_1 d'une distance d . Mesurer la distance d à l'aide du réglet.
- Mesurer à l'oscilloscope le retard τ entre les signaux.
- Calculer la célérité du son sachant que $v = d / \tau$

Protocole attendu

- Alimenter l'émetteur avec une tension continue de 15 V.
- Régler l'émetteur en mode salve.
- Placer les deux récepteurs R_1 et R_2 côte à côte à quelques centimètres de l'émetteur.
- Relier les récepteurs R_1 et R_2 aux voies CH1 et CH2 de l'oscilloscope, décaler verticalement les deux courbes visualisées sur l'oscilloscope, modifier la base de temps et la sensibilité verticale si nécessaire.
- Décaler le récepteur R_2 par rapport au récepteur R_1 d'une distance d . Mesurer la distance d à l'aide du réglet.
- Mesurer à l'oscilloscope le retard τ entre les signaux.
- Calculer la célérité du son sachant que $v = d / \tau$