

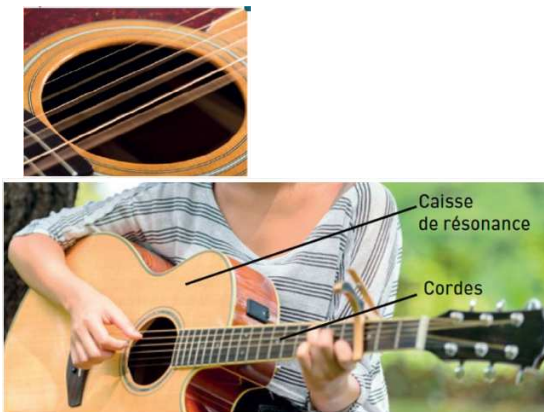
CORRIGE

Objectifs :

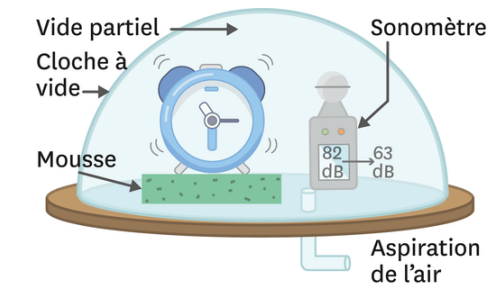
- Décrire le principe de l'émission d'un signal sonore par la mise en vibration d'un objet et l'intérêt de la présence d'une caisse de résonance.
- Expliquer le rôle joué par le milieu matériel dans le phénomène de propagation d'un signal sonore
- Mesurer la vitesse de propagation d'un signal sonore dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées.

I/ Emission et propagation d'un son

Exp. 1 Mise en vibration d'une corde de guitare



Exp. 2 Réveil dans une cloche à vide



Exp. 3 Diapason avec et sans caisse de résonance



Exp. 4 La danse des grains de riz



1. Mettre en œuvre les expériences 1 à 4.
2. A partir de vos observations, compléter les phrases suivantes :
 - Un son (ou signal sonore) peut être produit par la mise en **vibration** d'un objet (une **corde** de guitare, la peau d'un instrument à percussion, la **membrane** d'un haut-parleur...)
 - Le son produit peut être amplifié grâce à une **caisse de résonance**
 - Le son, contrairement à la lumière, ne se propage pas dans **le vide** . La propagation du son nécessite la présence d'un milieu **matériel** élastique (air, eau, solide...)
 - La vibration produite par l'**émetteur** sonore (instrument de musique, cordes vocales, haut-parleur...) provoque une perturbation du milieu (zone de compression dilatation) qui se propage de proche en proche jusqu'au **récepteur** (oreille, microphone...)
 - La propagation se fait sans déplacement de **matière**. La matière constituant le milieu de propagation se déplace et bouscule la matière voisine puis reprend sa place.

II/Mesure de la vitesse de propagation d'un son dans l'air

Doc. 1 Mesure historique de la vitesse du son dans l'air

Les premières mesures de la vitesse du son dans l'air eurent lieu tout au long du xviii^e siècle. En 1822, l'Académie des sciences confia à François Arago et Gaspard de Prony la mission de réaliser de nouvelles mesures. On tira simultanément deux coups de canon, l'un de Montlhéry et l'autre de Villejuif. Les expérimentateurs, situés les uns à Montlhéry et les autres à Villejuif, mesuraient le temps qui s'écoulait entre l'instant où ils voyaient les flammes et l'instant où ils entendaient le coup de canon.

La tour de Montlhéry aujourd'hui.



Doc. 2 Mesure historique de la vitesse du son dans l'eau

En 1826, Jean-Daniel Colladon et Charles Strum reçoivent le Grand Prix de l'Académie des sciences pour leurs travaux donnant une estimation de la vitesse du son dans l'eau. Pour réaliser cette expérience, les deux scientifiques suisses utilisent deux bateaux distants de 13,487 kilomètres sur le lac Léman.



Un ingénieux système commande l'émission simultanée d'un signal lumineux sur le pont du premier bateau et d'un signal sonore sous ce même bateau. À bord du deuxième bateau, un chronomètre est déclenché à la vue du signal lumineux et il est arrêté 9,4 secondes plus tard lorsque le signal sonore atteint ce second bateau.

Doc. 3 Quelques exemples de vitesses

Selon les sources et les objets d'étude, les valeurs des vitesses sont données avec des précisions différentes.

Sous-marin le plus rapide	TGV	Avion de ligne (vitesse de croisière)	Avion Concorde (vitesse de croisière)
$80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$	$300 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$	$900 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$	$2\,145 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
Avion militaire civil le plus rapide	Lumière (dans le vide)	Vitesse du son dans l'air	Vitesse du son dans l'eau
$7\,273 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$	$3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$?

Doc. 5 Estimation de la vitesse du son avec des écouteurs utilisés comme microphones

Doc
Fiche logiciel
Audacity
Ressource professeur



- ▶ Brancher la prise des écouteurs sur la prise microphone de l'ordinateur.
- ▶ Éloigner au maximum les écouteurs et les fixer avec du ruban adhésif.
- ▶ Ouvrir le logiciel Audacity et sélectionner « 2 canaux d'enregistrement ».
- ▶ Lancer l'enregistrement et produire, en un lieu pertinent à déterminer, un bruit intense et bref (en tapant dans les mains, par exemple). Stopper l'enregistrement.
- ▶ Utiliser les fonctions de zoom et l'échelle temporelle pour déterminer la durée séparant la réception des sons par chacun des deux écouteurs.
- ▶ En déduire la vitesse du son dans l'air.

Questions préliminaires :

1. Comparer les protocoles des deux expériences de la mesure de la vitesse du son dans l'air et dans l'eau (doc. 1 et 2) et préciser quelle hypothèse est faite concernant la propagation de la lumière.
Dans les deux cas, c'est par un signal lumineux que le premier opérateur prévient le second du départ du signal sonore. Cela suppose que l'on puisse considérer que ce signal lumineux est reçu instantanément par ce deuxième opérateur, ce qui ne serait rigoureusement possible que si la lumière se propageait à une vitesse infinie.
Remarque : En réalité, il y a donc un petit décalage temporel entre l'émission du signal lumineux et sa réception par le deuxième opérateur mais ce décalage est négligeable devant la durée de propagation du son (50 μs environ pour les situations étudiées ici).

2. Préciser à quel instant l'expérimentateur situé sur le second bateau déclenche son chronomètre et à quel instant il l'arrête.
L'expérimentateur situé sur le second bateau déclenche le chronomètre dès qu'il voit le signal lumineux et l'arrête dès qu'il entend le signal sonore par le pavillon plongeant dans l'eau.
3. Utiliser les données du **doc. 2** pour déterminer en $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$ la vitesse du son dans l'eau. Exprimer cette vitesse en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$. Discuter la précision du résultat.
La vitesse du son dans l'eau obtenue vaut : $v = 13487 / 9,4 = 1,4 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 1,4 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$. Soit $v = 4,8 \times 10^3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (4 835 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ avant arrondi à 2 chiffres significatifs)
Remarque : La mesure de durée n'étant donnée qu'avec deux chiffres significatifs, on ne peut donner la vitesse qu'avec deux chiffres significatifs.
4. Convertir, lorsque c'est nécessaire, les données du tableau en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ et les exprimer avec 2 chiffres significatifs, puis recopier le tableau en classant les données par valeurs de vitesse croissantes. Compléter le tableau en ajoutant la valeur calculée à la question 3.
Après conversion et mise en ordre croissant, on obtient le tableau suivant : **1** Sous-marin le plus rapide : $8,0 \times 10^1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ **2** TGV : $3,0 \times 10^2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ **3** Avion de ligne : $9,0 \times 10^2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ **4** Vitesse du son dans l'air : $1,2 \times 10^3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ **5** Avion Concorde : $2,2 \times 10^3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ **6** Vitesse du son dans l'eau : $4,8 \times 10^3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ **7** Avion militaire le plus rapide : $7,3 \times 10^3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ **8** Lumière (dans le vide) : $1,1 \times 10^9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
Remarque : le nombre de chiffres significatifs des différentes données est différent car les sources sont diverses. On justifie ainsi qu'on n'en garde que 2 pour les comparaisons.

Expérience

5. Les signaux reçus par les deux micros sont décalés à une condition (**doc. 5**). Laquelle ? En déduire à quel endroit il est pertinent de se placer pour émettre le signal sonore.
Les signaux reçus par les deux microphones sont décalés à condition que le bruit soit produit à une distance différente de chacun des deux microphones. Émettre le clap dans l'alignement des microphones, non loin du premier, est nécessaire pour que la distance entre les deux micros corresponde bien à la différence de distance parcourue par le signal. Ainsi, l'écart temporel mesuré entre les deux signaux reçus correspond bien à la durée de propagation d'un microphone à l'autre.
Remarque : Par exemple aucun décalage n'est mesuré si le clap est émis à égale distance des 2 micros.
6. En appliquant le protocole décrit dans le **doc. 5**, déterminer la vitesse du son dans l'air.
Exemple de mesure : La distance entre les deux écouteurs est de 0,66 m. La durée mesurée entre la réception par le premier écouteur et la réception par le deuxième écouteur est de 1,9 ms. On obtient une vitesse de $3,5 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
Conseil : il faut zoomer suffisamment pour avoir une bonne précision sur la mesure de durée.
7. Comparer la valeur expérimentale obtenue à la valeur indiquée dans le tableau de données.
Si nécessaire, proposer une modification du protocole pour améliorer la précision de la mesure.
Cette valeur est cohérente avec la valeur donnée à 15°C : $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (avec un écart relatif d'environ 3 %). Pour cette manipulation, on trouve généralement un écart relatif n'excédant pas 4 %, surtout si on compare avec la valeur de la vitesse du son à la température réelle de l'expérience ($343 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ à 20°C , pour les résultats présentés ci-dessus).
On peut améliorer le protocole en éloignant davantage les écouteurs (ce qui dépend du modèle d'écouteurs utilisé), en redressant ceux-ci de sorte qu'ils fassent bien face à la source sonore (pour rendre plus net le début du signal de réception) et en améliorant la position de la source (bien alignée avec les écouteurs).
8. Réaliser une seconde mesure de la vitesse du son dans l'air.
En tenant compte des conseils ci-dessus, la deuxième mesure gagne en précision.