

Leçon 4 : mesure de la vitesse du son ; applications

Objectifs :

- *Savoir comment faire pour mesurer la vitesse d'un son ;*
- *Savoir que la vitesse de propagation d'un son dépend du milieu dans lequel il se propage ;*
- *Savoir exploiter des documents scientifiques pour calculer la vitesse de propagation du son dans différents milieux.*

Mode d'emploi : *Vous devez copier dans votre cahier tout ce qui est écrit en rouge, vert et noir dans ce diaporama. Ce qui est écrit en violet doit être lu très attentivement mais n'est pas à écrire.*

I) Mesure de la vitesse du son dans l'air :

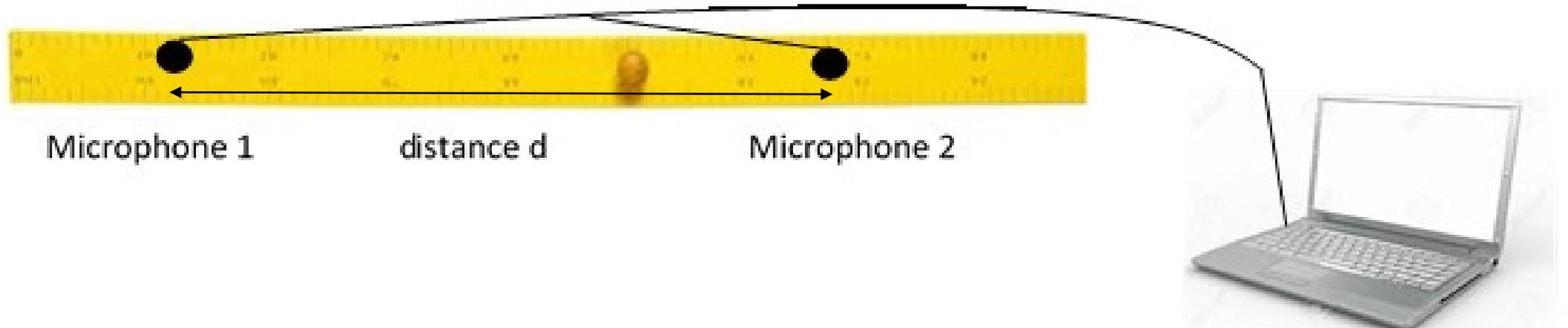
A) Principe de la mesure :

Pour calculer la vitesse d'un objet, il faut savoir « quel temps il met » pour parcourir une certaine distance. Ici, il faut donc pouvoir mesurer le temps qui sépare le passage d'un son en deux endroits différents dont on connaît la distance de séparation.

Pour capter un son et l'enregistrer, on utilise un microphone relié à un ordinateur. Le microphone va transformer les variations de pression de l'air (le son) en variations de tension électrique (le signal enregistré par l'ordinateur) qui conservent les caractéristiques du son.

Nous utiliserons deux microphones séparés d'une distance d définie (en fait, nous prendrons des écouteurs, ils fonctionnent en haut-parleur et en microphone). Nous produirons un bruit près de l'un des microphones (l'un des écouteurs) et mesurerons le temps que met ce bruit pour parvenir au 2^{ème} microphone (l'autre écouteur). Comme le son se déplace vite et que les écouteurs sont peu écartés l'un de l'autre, le temps à mesurer est tout petit (de l'ordre de la milliseconde). Pour pouvoir le mesurer, il faut donc un logiciel qui permet une analyse précise des sons enregistrés, pour pouvoir mesurer la durée qui sépare la détection du son par chacun des microphones. Nous utiliserons le logiciel Audacity pour mesurer ce temps.

B) Dispositif expérimental :



Le son arrive d'abord au microphone 1, au temps t_1 , puis au microphone 2, au temps t_2 .

Le logiciel Audacity permet de mesurer la durée $t = t_2 - t_1$ séparant la réception du son par chacun des microphones.

On obtient la vitesse du son v en divisant la distance d par la durée t .

C) Résultats :

- *On mesure la distance d entre les deux micros : $d = 61 \text{ cm} = 0,61 \text{ m}$*
- *Grâce au logiciel Audacity, on obtient le temps t qui sépare la réception du son par les deux micros: $t = 0,001762 \text{ s}$*

d'où $v = d : t$
 $v = 0,61 : 0,001762$
 $v = 346 \text{ m/s}$

La vitesse du son dans l'air de la classe est de 346 m/s.

II) Applications :

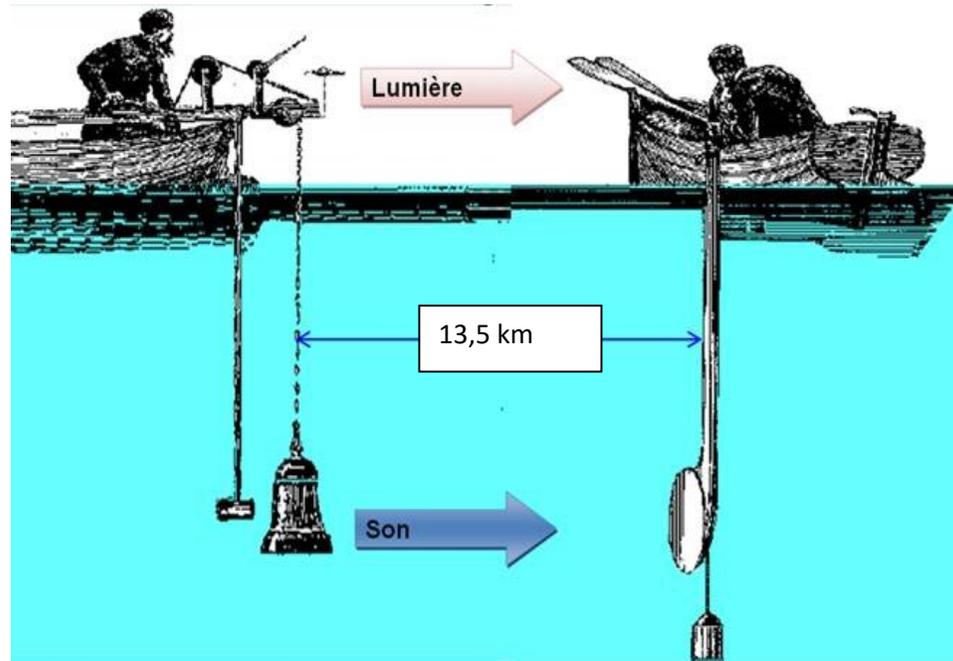
Deux expériences historiques sur la mesure de la vitesse de propagation du son dans différents milieux (activités documentaires)

Votre mission :

Par groupe de 4 à 5 élèves, vous devrez répondre aux questions posées dans l'une OU l'autre des activités (des expériences).

Vous devrez rédiger un compte-rendu de vos réponses et calculs.

1^{ère} expérience : Propagation du son dans l'eau



Des expériences furent faites par Colladon et Sturm en 1828 sur le lac Léman de nuit.

Le son était produit par une cloche immergée dans le lac et frappée par un marteau. Un dispositif lié au marteau produisait un signal lumineux au moment où la cloche était frappée. Dans une barque située 13,5 km, l'autre expérimentateur voyait l'éclairement dû au signal lumineux, puis percevait le son environ 9,1 secondes plus tard au moyen d'un grand cornet acoustique immergé dans le lac.

- 1) Identifier les grandeurs mesurées nécessaires pour déterminer la vitesse de propagation du son dans l'eau. Justifier.
- 2) Schématiser et légender l'expérience réalisée, en faisant apparaître les mots émetteur et récepteur et les données chiffrées permettant le calcul de la vitesse de propagation du son.
- 3) Déterminer, à l'aide des données de cette expérience historique, la valeur de la vitesse de propagation du son dans l'eau.

Remarque : En fait, la description de cette expérience a été simplifiée par rapport à l'expérience réelle car, du fait de la rotondité de la Terre, les expérimentateurs ne pouvaient pas se voir. Etant donné la distance entre les deux lieux, le signal lumineux devrait être émis au moins à 13,3 m au-dessus du niveau de l'eau pour être perçu directement. Davantage de précisions sur l'expérience figurent [sur le site de l'Université de Genève](#).

Pour aller plus loin

On pourra s'interroger sur la simultanéité entre l'émission du signal lumineux émis par le marteau et la perception visuelle de l'évènement, sur la durée de propagation de la lumière ou la comparaison des durées de propagation de la lumière et du son pour valider la mesure effectuée.

2^{ème} expérience : Propagation du son dans l'air

L'une des expériences historiques permettant de déterminer la valeur de la célérité du son dans l'air a été réalisée par François Arago, Louis Joseph Gay-Lussac et Gaspard de Prony en 1822 près de Paris sur demande du Bureau des Longitudes.



François Arago
(1786-1853)
*Astronome, physicien et
homme politique français*



Louis Joseph Gay-Lussac
(1778-1850)
*Chimiste et physicien
français*



Gaspard Clair François Marie Riche,
baron de *Prony* (1755-1839)
*Ingénieur, hydraulicien et
encyclopédiste français*

Présenté ci-dessous, l'extrait du traité élémentaire de physique (1836) de Monsieur l'abbé Pinault relate cette expérience :

Les deux stations que l'on avait choisies étaient Villejuif et Montlhéry. À Villejuif, le capitaine Boscary fit déposer, sur un point élevé, une pièce de six¹, avec des gargousses² de deux et trois livres de poudre. À Montlhéry, le capitaine Pernetty fit déposer une pièce de même calibre, avec des gargousses de même poids.

Les expériences furent faites de nuit et commencèrent à onze heures du soir, le 21 et le 22 juin 1822. De Villejuif, on apercevait très distinctement le feu de l'explosion de Montlhéry et vice versa : le ciel était serein et à peu près calme.

Les coups de canon des deux stations opposées étaient réciproques, de sorte que les résultats ne fussent pas influencés par le vent. Chacun des observateurs notait sur son chronomètre le temps qui s'écoulait entre l'apparition de la lumière et l'arrivée du son.

On peut prendre 54,6 secondes pour le temps moyen que le son mettait à passer d'une station à l'autre, sous une pression de 756,4 millimètre de mercure, la température étant de 15,9° Celsius, et l'hygrométrie marquant 72°.

Les deux canons étaient à une distance de 9 549,6 toises³.

1- Pièce de canon.

2- Charge de poudre contenue dans une enveloppe de tissu ou de papier au diamètre de la chambre du canon.

3- **Unité de longueur ancienne qui correspond à 1,949 m.**

- 1) Identifier les grandeurs mesurées nécessaires pour déterminer la vitesse de propagation du son dans l'air. Justifier.
- 2) Schématiser et légender l'expérience réalisée, en faisant apparaître les mots émetteur et récepteur et les données chiffrées permettant le calcul de la vitesse de propagation du son.
- 3) Déterminer, à l'aide des données de cette expérience historique, la valeur de la vitesse de propagation du son dans l'air, dans les conditions de l'expérience.

Pour aller plus loin

On pourra s'interroger sur la simultanéité entre l'émission du signal lumineux émis par le marteau et la perception visuelle de l'évènement, sur la durée de propagation de la lumière ou la comparaison des durées de propagation de la lumière et du son pour valider la mesure effectuée.

Valeur de la
vitesse de
propagation du
son dans
différents
milieux :

Substance	Température °C	Vitesse de propagation du son, en m/s
Gaz		
Dioxyde de carbone	0	259
Oxygène	0	316
Air	0	331
Air	20	343
Hélium	0	965
Liquide		
Chloroforme	20	1004
Éthanol	20	1162
Mercure	20	1450
eau	20	1482
Solide		
Plomb	-	1960
Cuivre	-	5010
Verre	-	5640
acier	-	5980