EXERCICES DU CHAPITRE 1 : LE SON

Exercice 1: <u>Expérience historique de mesure de la vitesse du son dans l'air</u>

François Arago, professeur d'astronomie à l'Observatoire de Paris, organisa en 1822 l'opération montée par le Bureau des Longitudes pour calculer avec le plus de précision possible la vitesse du son. Pour cette expérience le son va se propager entre le donjon de la tour de Montlhéry et l'observatoire de Villejuif.

Gay-Lussac, Le Verrier et d'autres savants de l'époque participèrent à ces expériences. Un coup de canon tiré du haut de la tour, de nuit, était entendu à Villejuif (distance 18,6 km).

Lors de l'expérience historique la durée de parcours mesuré fut approximativement de Δt=54,6 secondes.

1. Déterminer la vitesse du son dans l'air.

2. Expliquer pourquoi l'expérience doit se faire de nuit.

Exercice 2: <u>Expérience historique de mesure de la vitesse du son dans l'eau</u>

Pour mesurer la vitesse du son dans l'eau, des expériences furent réalisées par Colladon et Sturm en 1827 sur le lac Léman à la frontière Franco-suisse.

Le son était produit par une cloche immergée frappée par un marteau ; un dispositif lié au marteau produisait un signal lumineux au même moment. Dans une barque située à une certaine distance, l'autre expérimentateur voyait le signal lumineux, puis percevait le son au moyen d'un grand cornet acoustique immergé dans le lac. Lors de cette expérience, la distance entre les deux barques était de 17 km et le temps mesuré entre l'émission du son et sa réception fut de 11,85 secondes.

1. Calculer la vitesse de propagation de l'onde sonore.

Exercice 3: <u>Détermination de la nature d'un milieu</u>

Un émetteur et un récepteur à ultrasons sont disposés l'un en face de l'autre contre les parois d'une cuve. Ils sont séparés d'une distance d = 10 cm.

Un liquide inconnu est introduit dans la cuve. Un oscilloscope permet de déterminer le temps de parcours de l'onde ultrasonore entre l'émetteur et le récepteur à Δt =52 µs.

1. Convertir d en mètres et Δt en secondes.

2. Calculer la vitesse de propagation de l'onde dans le liquide inconnu.

3. Sachant que l'écart relatif de l'expérience est de r=2,0 %, calculer la valeur l'incertitude de la vitesse $U(v_{son})$

4. Déterminer la nature du milieu de propagation grâce au tableau ci-dessous.

5. On recommence l'expérience en changeant de liquide, on mesure alors une vitesse 3,7 fois supérieure à celle de son dans l'air. Déterminer le milieu liquide

Nature du liquide	Célérité des ultrasons
Eau	1 480 $m \cdot s^{-1}$
Éthanol	1 262 $m.s^{-1}$
Glycérol	1 915 $m.s^{-1}$

Exercice 4: <u>Coup de foudre</u>

La foudre est tombée en générant un éclair et le tonnerre. L'éclair est vu quasi instantanément et le tonnerre est entendu environ 13 s plus tard.

1. Rappeler la vitesse du son dans l'air.

2. À quelle distance est tombée la foudre ?

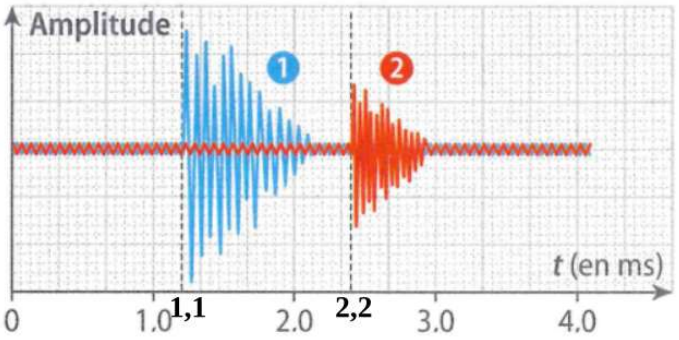
Exercice 5: <u>Détermination expérimentale</u>

Deux microphones, reliés à une interface informatique, enregistrent un clap sonore effectué dans leur alignement.

1. Déterminer la durée de propagation du signal sonore entre les microphones distants de 38 cm.

2. En déduire la valeur de la vitesse v de propagation du signal sonore dans l'air lors de cette expérience.

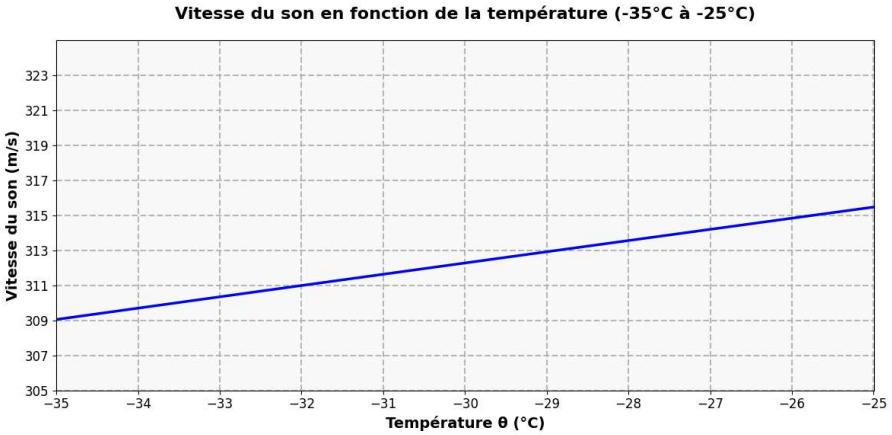
3. Comparer avec la valeur habituellement admise de 1 224 $km \cdot h^{-1}$.

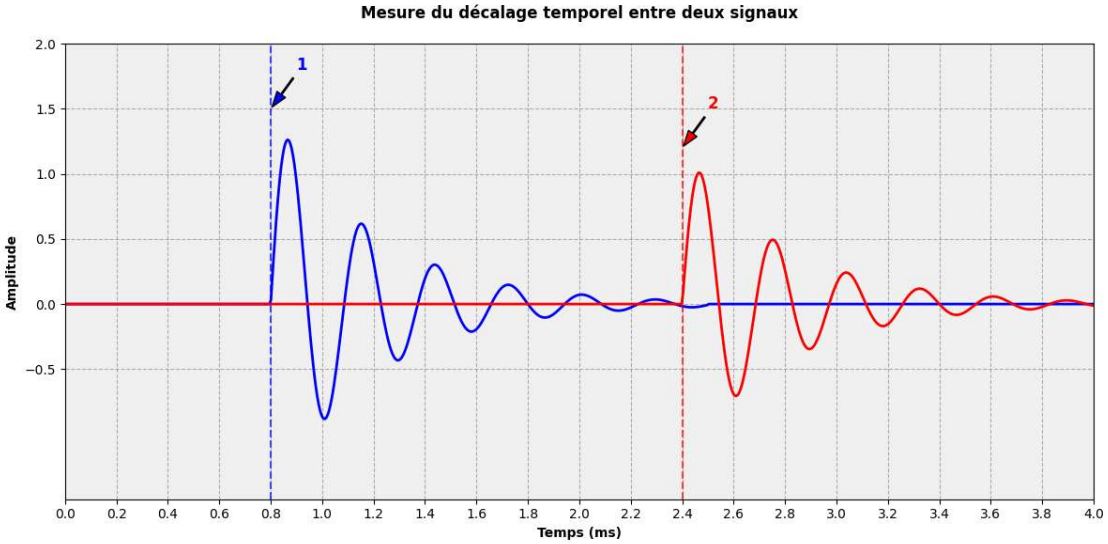


Exercice 6: <u>Mesure de température</u>

La valeur de la vitesse du son dans l'air dépend de la température de l'air. Ainsi, la courbe ci-jointe donne une relation entre la valeur de la vitesse v du son et la température θ.

On enregistre sur un oscilloscope numérique la propagation d'un son entre deux microphones A et B séparés d'une distance d = 50 cm.

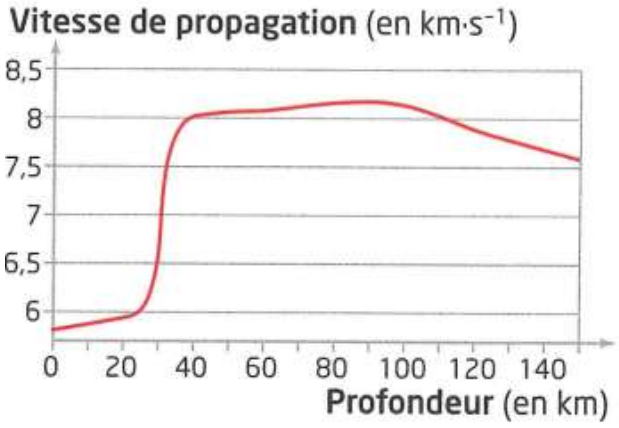




1. Schématiser l'expérience.
2. Déterminer la valeur de la vitesse v de propagation du son dans l'air lors de cette expérience.
3. En déduire la température θ de la salle où l'expérience est réalisée.
4. Sachant que l'incertitude sur la manipulation est de $U(v_{son}) = 10\,m{\cdot}s^{-1}$, calculer l'écart relatif r de la manipulation, et conclure.

Exercice 7: <u>Étudier un sol</u>

La vitesse de propagation d'une onde sismique dans le granite est de l'ordre de 6,0 km.s^{-1} Lorsqu'une onde sismique change de milieu matériel, la vitesse de propagation de l'onde varie en général de manière importante. On enregistre pour une onde sismique l'évolution de la vitesse de propagation de l'onde en fonction de la profondeur (voir le graphique ci-dessous).



1. On suppose que la propagation d'une onde sismique s'explique de la même manière que la propagation d'un signal sonore. Expliquer pourquoi l'onde sismique peut se propager dans le granite.
2. Déterminer, en justifiant, la profondeur pour laquelle l'onde sismique quitte le milieu granitique.
3. La vitesse de propagation du son dans le granite est de l'ordre de 5 950 m.s^{-1}. Comparer les vitesses de propagation de S l'onde sismique a dans l'exercice avec celle du son dans le granite.

CORRECTION DES EXERCICES DU CHAPITRE D'ONDE SONORE

Exercice 1: <u>Expérience historique de mesure de la vitesse du son dans l'air</u>

1. $v_{son}=\frac{d}{\Delta t}=\frac{18,6\times10^{3}}{54,6}=341\,m.s^{-1}$

2. L'expérience doit se faire en pleine nuit, l'expérimentateur voit l'éclair avant le son. L'éclair marque le début du chronomètre et le son la fin.

Exercice 2: <u>Expérience historique de mesure de la vitesse du son dans l'eau</u>

1. $v_{eau}=\frac{d}{\Delta t}=\frac{17\times10^{3}}{11,85}=1434\,m.s^{-1}$

Exercice 3: <u>Détermination de la nature d'un milieu</u>

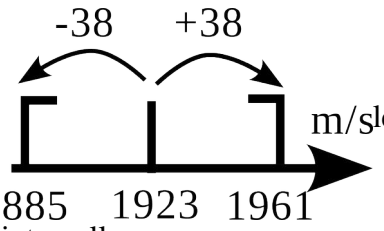
1. d=10 cm= 10×10^{-2}cm=0,10 m

Δt=52 µs=52×10^{-6}s=$5,2\times10^{-5}$s

2. $v_{son}=\frac{d}{\Delta t}=\frac{0,1}{5,2\times10^{-5}}=1923\,m.s^{-1}$

3. $r=\frac{U(v_{son})}{v_{son}}\rightarrow U(v_{son})=r\times v_{son}=\frac{2}{100}\times1923=38\,m.s^{-1}$

4.



le liquide est le glycérol, car la vitesse du liquide est comprise dans l'intervalle.

5. $v_{liq}=3,7\times v_{air}=3,7\times340=1258\,m.s^{-1}$

Il s'agit de l'éthanol

Exercice 4: <u>Coup de foudre</u>

1. $v_{son}=\frac{d}{\Delta t}$

2. $v_{son}=\frac{d}{\Delta t}\rightarrow d=v\times\Delta t=340\times13=4420\,m$

Exercice 5: <u>Détermination expérimentale</u>

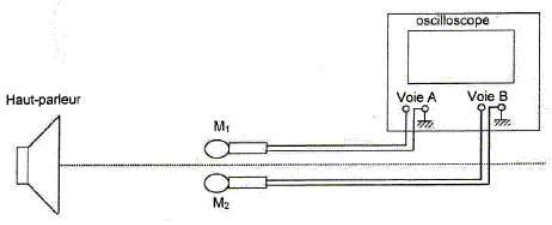
1. $\Delta t=t_{fin}-t_{début}=2,2-1,1=1,1\,ms$

2. $v_{son}=\frac{d}{\Delta t}=\frac{38\times10^{-2}}{1,1\times10^{-3}}=345\,m.s^{-1}$

3. $v_{son}=345\times3,6=1244\,km.h^{-1}$ on obtient du même ordre de grandeur.

Exercice 6: <u>Mesure de température</u>

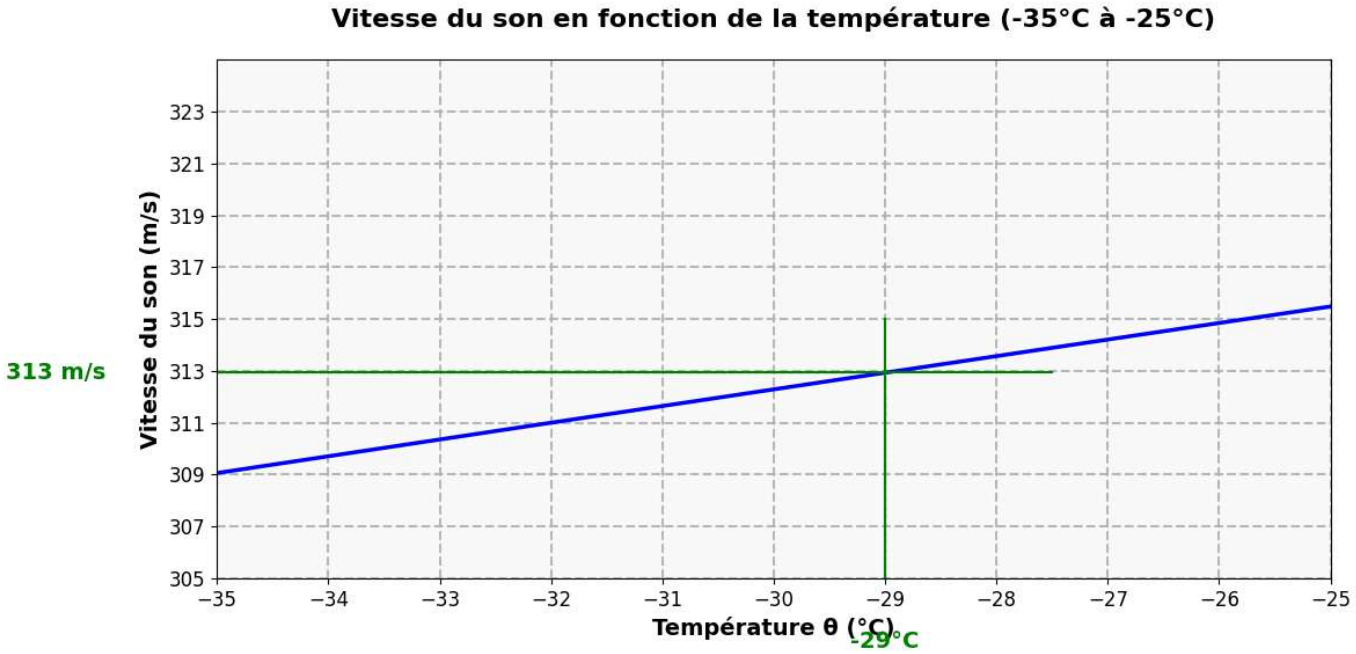
1.



2. $v_{son}=\frac{d}{\Delta t}=\frac{50\times10^{-2}}{1,6\times10^{-3}}=313\,m.s^{-1}$

3.

4. À l'aide d'un report, lecture graphique, on trouve que pour V_{son}=313 m.s^{-1} la température correspondante est de -29 °C.



5. $r=\frac{U(v_{son})}{v_{son}}=\frac{10}{313}\times 100=3{,}2\,\%$ l'écart relatif étant inférieur à 10 %, la mesure de la vitesse du son et donc de la température sont donc correct.

Exercice 7: <u>Étudier un sol</u>

1. Le son se propage dans un milieu matériel comme le granite

2. Par lecture graphique, on constate qu'à une profondeur de 25 km, on a un changement de vitesse dépassant les 6 km.s^{-1}.

3. La vitesse des ondes S est située autour de 8 km.s^{-1} par comparaison.

$$\frac{v_S}{v_{granite}}=\frac{8000}{5950}=1{,}34$$