

Approfondissement

Émission et perception d'un son

Température et vitesse du son, incertitudes, double écho, décibels, tuyaux sonores

6 exercices · niveau ●●● · durée conseillée : 2 h 30 · calculatrice autorisée

Exercice 1 La vitesse du son dépend de la température



■ **DONNÉES** $v = \frac{d}{\Delta t}$ • air sec : $v = 331 + 0,60\theta$, v en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et θ en $^{\circ}\text{C}$ (relation valable de -20°C à 40°C)

- 1.1 Calculer la vitesse du son dans l'air à 0°C , à 20°C et à 35°C .
- 1.2 À quelle température la valeur usuelle $v = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ correspond-elle exactement ?
- 1.3 En haute montagne, par -5°C , Léa entend le tonnerre 6,0 s après l'éclair : calculer v puis la distance de l'orage.
- 1.4 Calculer la distance qu'elle aurait trouvée avec la valeur usuelle $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, puis l'écart entre les deux résultats en pourcentage. Cette approximation est-elle acceptable ici ?
- 1.5 Dans une salle de classe, une mesure soignée donne $v = 346 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. En déduire une estimation de la température de la salle.

Exercice 2 Huit binômes, huit résultats



Huit binômes mesurent, avec le même protocole, la vitesse du son dans l'air d'une salle à 22°C .

Binôme	1	2	3	4	5	6	7	8
$v (\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	341	348	344	339	346	342	350	338

■ **DONNÉES** air sec : $v = 331 + 0,60\theta$, v en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et θ en $^{\circ}\text{C}$ • moyenne de n mesures : $\bar{v}$; écart-type expérimental : s (touche σ_{n-1} ou s_x de la calculatrice); incertitude-type sur la moyenne : $u(v) = \frac{s}{\sqrt{n}}$; deux résultats sont compatibles si l'écart entre eux est inférieur à $2u$

- 2.1 Pourquoi les huit résultats diffèrent-ils alors que le protocole est le même ?
- 2.2 Calculer la valeur moyenne $\bar{v}$ de la série.
- 2.3 Déterminer s à la calculatrice, puis calculer $u(v)$ avec deux chiffres significatifs.
- 2.4 Écrire le résultat de la mesure sous la forme $v = \bar{v} \pm u(v)$, avec un nombre de chiffres cohérent.
- 2.5 Calculer la valeur de référence à 22°C : le résultat est-il compatible ? Justifier.
- 2.6 Comment évoluerait $u(v)$ si l'on disposait de 80 mesures au lieu de 8 ? Justifier.

Exercice 3 Entre deux falaises



Un randonneur se place dans un couloir rocheux, entre deux falaises verticales parallèles. Il pousse un cri bref et perçoit successivement deux échos : le premier 1,2 s après le cri, le second 2,0 s après le cri. La vitesse du son vaut $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

■ **DONNÉES** $v = \frac{d}{\Delta t}$

- 3.1 Calculer la distance du randonneur à chacune des deux falaises, puis la largeur D du couloir.
- 3.2 Un troisième écho, plus faible, correspond au son réfléchi successivement sur les deux falaises. Montrer que la durée correspondante vaut $\frac{2D}{v}$, la calculer et vérifier qu'elle est la somme des deux durées précédentes.

- 3.3** Le randonneur avance de 68 m vers la falaise la plus proche, puis recommence. Calculer les durées des deux premiers échos.
- 3.4** L'oreille sépare deux sons distants d'au moins 0,10 s : montrer qu'à moins de 17 m d'une falaise, l'écho n'est plus distinct du cri.

Exercice 4 De l'intensité sonore au décibel



L'énergie transportée par un son est caractérisée par son *intensité sonore* I ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$), dont on déduit le niveau L en décibels.

I ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)	1×10^{-12}	1×10^{-10}	1×10^{-8}	1×10^{-6}	1×10^{-4}	1×10^{-2}	1
L (dB)	0	20	40	60	80	100	120

- 4.1** De combien L augmente-t-il lorsque I est multipliée par 100 ? par 10 ?
- 4.2** En déduire l'intensité sonore correspondant à un niveau de 70 dB, puis à un niveau de 110 dB.
- 4.3** Multiplier I par 2 ajoute 3 dB : calculer L pour $I = 2,0 \times 10^{-6} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, puis pour $I = 4,0 \times 10^{-6} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.
- 4.4** Calculer le rapport des intensités sonores au seuil de douleur (120 dB) et au seuil d'audibilité. Pourquoi préférer une échelle en décibels ?
- 4.5** Un baladeur réglé au maximum délivre 98 dB. Par quel facteur faut-il diviser I pour descendre à 85 dB, seuil de risque pour une exposition prolongée ? (Décomposer 13 dB en 10 dB + 3 dB.)

Exercice 5 Les tuyaux d'un orgue (hors programme — pour aller plus loin)



Dans un tuyau d'orgue ouvert à ses deux extrémités, de longueur L , une colonne d'air vibre et émet un son de fréquence $f = \frac{v}{2L}$.

■ **DONNÉES** air sec : $v = 331 + 0,60 \theta$, v en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et θ en $^{\circ}\text{C}$ • sons audibles : 20 Hz-20 kHz

- 5.1** Calculer la fréquence du son émis par un tuyau de longueur $L = 0,850$ m, à 15°C .
- 5.2** Quelle longueur doit avoir un tuyau pour émettre le la_3 , de fréquence 440 Hz, à la même température ?
- 5.3** Les tuyaux d'un même jeu (une rangée de tuyaux) d'un grand orgue mesurent de 0,17 m à 5,0 m : calculer les fréquences extrêmes et vérifier qu'elles sont audibles.
- 5.4** L'église se réchauffe de 5°C à 20°C : calculer la fréquence du tuyau de 0,850 m à ces deux températures. Le son devient-il plus grave ou plus aigu ?

Exercice 6 Les haut-parleurs du stade



Dans un stade, une annonce est diffusée par des haut-parleurs regroupés au centre du terrain. Le spectateur A est à 30 m, le spectateur B à 120 m. Vitesse du son dans l'air : $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; vitesse de la lumière : $3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

■ **DONNÉES** $v = \frac{d}{\Delta t}$

- 6.1** Calculer la durée de propagation du son jusqu'à chacun des deux spectateurs, puis le retard du spectateur B sur le spectateur A.
- 6.2** L'annonce est retransmise en direct : le signal parcourt 500 km à la vitesse de la lumière. Calculer cette durée : qui, du téléspectateur ou du spectateur B, entend en premier (on ne tient compte que des durées de propagation) ?
- 6.3** Un sonomètre indique 100 dB chez A et 88 dB chez B : expliquer cette différence. A doit-il se protéger (seuil de risque : 85 dB) ?
- 6.4** On répartit des haut-parleurs dans les gradins : expliquer pourquoi il faut retarder électroniquement ceux qui sont éloignés du centre, et estimer ce retard à 120 m du centre.