

Exercice 1: Coup de cymbale

La cymbale est un idiophone de la famille des percussions. C’est un disque fait de différents alliages métalliques.

Doc 1. Calcul d’incertitude

On rappelle les différentes formules intervenant dans la détermination de l’incertitude sur le résultat du mesurage d’un ensemble de n valeurs $\{x_1, x_2 \dots x_n\}$:

Écart-type : $\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$ et l’incertitude-type sur la moyenne : $u(\bar{x}) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$

Incertitude élargie sur la moyenne : $U(\bar{x}) = k.u(\bar{x})$,

- avec :
- k = 1 pour un niveau de confiance de 68 % ;
 - k = 2 pour un niveau de confiance de 95 % ;
 - k = 3 pour un niveau de confiance de 98 % ;

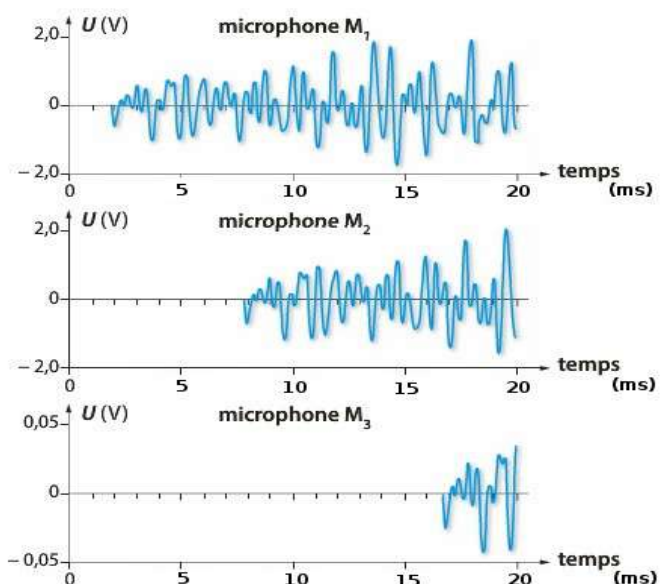
Doc 2. Expérience

Fatima décide d’étudier le son émis par un coup de cymbale produit par une baguette. Pour cela trois microphones M_1 , M_2 et M_3 sont alignés de telle manière que les distances M_1M_2 et M_2M_3 valent respectivement $2,00\text{ m}$ et $3,00\text{ m}$. Les signaux électriques correspondant aux sons reçus par les microphones sont enregistrés grâce à un ordinateur. Fatima donne un coup sur une cymbale devant le premier micro M_1 puis lance immédiatement l’enregistrement.

1. Comment peut-on déterminer la célérité de l’onde sonore à l’aide des courbes obtenues ?
2. Effectuer le calcul de la célérité de l’onde sonore pour la distance M_2M_3 .

Fatima réalise une série de mesures à l’aide des deux cymbales. Elle regroupe les résultats dans le tableau suivant :

Mesure	1	2	3	4	5
Vitesse (m.s ⁻¹)	330	331	334	335	337
Mesure	6	7	8	9	10
Vitesse (m.s ⁻¹)	329	332	336	334	330



Doc 3. Résultats expérimentaux

3. Pour une confiance de 95 % en nos résultats, déterminer la vitesse moyenne ainsi que l’écart type et l’incertitude de la mesure.
4. Proposer un encadrement de cette vitesse. Commenter la réponse à la question 2 par rapport à la série de mesures.

Exercice 2: Ultra-son et application

partie 1 : ultrason

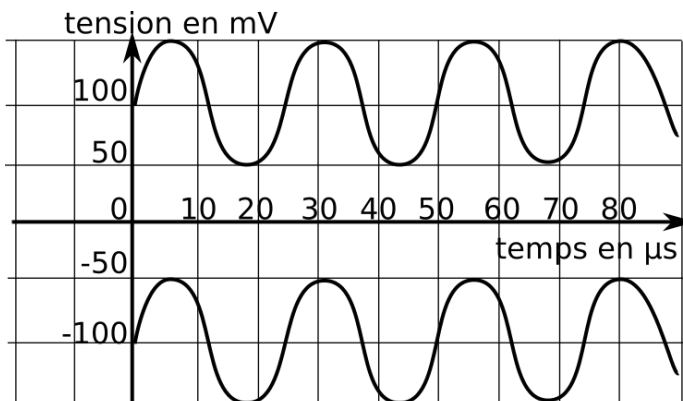
Doc 1. vitesse du son et température

La vitesse du son dépend fortement de la température : la formule $c = 20,05 \cdot \sqrt{T}$ en donne une approximation dans l'air en m/s, avec T la température en kelvins. Elle varie selon la compressibilité isentropique et la masse volumique du milieu de propagation.

Le passage de la température en degrés Celsius notée θ à la température en kelvin notée T se fait par la relation : $T = \theta + 273$

Doc 2. Démarche expérimentale

Idriss désire mesurer la célérité d'un son dans l'air. L'élève utilise un générateur d'ultrasons (émetteur E) émettant une onde sinusoïdale ininterrompue. Il place deux récepteurs d'ultrasons R_1 et R_2 en face de E à une position 0. R_1 et R_2 sont branchés respectivement sur les entrées Y_1 et Y_2 d'une interface d'acquisition. Dans cette position, ils sont en phase (Fig. ci-contre). R_1 restant fixe, Idriss décale lentement R_2 vers la droite. Les deux signaux se déphasent sur l'écran. Il décale de nouveau le récepteur R_2 et les deux signaux reviennent en phase, puis se déphasent à nouveau... La coïncidence a eu lieu vingt fois quand R_2 se trouve à la position $x = 17,0$ cm avec une incertitude de 0,2 cm.



Doc 4. Résultats expérimentaux

L'incertitude de la période est de $U(T) = 5 \mu s$

Doc 3. L'incertitude de la mesure

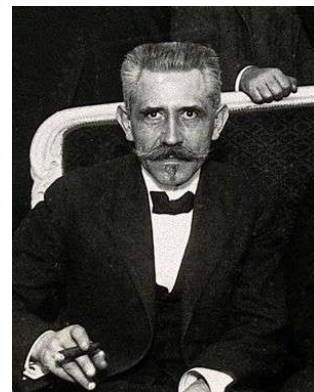
Dans le cadre de cette expérience, l'incertitude de la mesure est donnée par le cumul des incertitudes de chaque grandeur mesurée. On la détermine par la relation suivante :

$$\left(\frac{U(v)}{v}\right) = \sqrt{\left(\frac{U(T)}{T}\right)^2 + \left(\frac{U(x)}{x}\right)^2}$$

1. L'onde ultrasonore est qualifiée d'onde mécanique. Définir le terme de mécanique.
2. À l'aide du document 4, mesurer la période T des ultrasons. Calculer leur fréquence f.
3. Quelle est la longueur d'onde λ des ondes ultrasonores utilisées ?
4. En partant de l'expérience, calculer la célérité v des ondes ultrasonores dans l'air.
5. Calculer l'incertitude relative de la vitesse $\frac{U(v)}{v}$ puis l'incertitude de la vitesse U(v).
6. Proposer un encadrement de cette vitesse.
7. Expliquer pourquoi Idriss réalise 20 répétitions.
8. Pour une température de 20 °C, commenter ce résultat en le comparant avec la vitesse expérimentale.

Partie 2 : Utilisation des ultrasons

On utilise le même montage pour simuler le principe du sonar. Ce n'est qu'en 1917, sous l'influence des nécessités de la lutte anti-sous-marine, qu'est apparu le premier générateur d'ultrasons utilisé comme sonar. Les Allemands ont positionné leurs U-boot, premiers sous-marins de combats réellement en service, autour de la Grande-Bretagne, coulant tout navire qui s'y dirigerait. Le sonar, alors appelé ASDIC, est envisagé. Le système est simple, des ultrasons, ondes très peu absorbées par l'eau, sont envoyés dans la mer, s'ils rencontrent un obstacle, ils sont renvoyés au navire, ainsi informé de la position de l'ennemi. Seulement, on ne sait pas encore produire ces ultrasons. Un Français réfugié, Paul Langevin, physicien renommé, travaille depuis 1915 sur ce problème, et y remédie en créant le premier générateur d'ultrasons, formant ainsi le premier sonar.



Un sonar utilise un émetteur-récepteur qui envoie de brèves impulsions d'ondes de fréquence 40 kHz. La vitesse de propagation de ces ondes dans l'eau est de 1500 m.s^{-1} .

1. Ce type d'onde se propagerait-il plus ou moins vite que dans l'air ? À expliquer.
2. Écrire la formule qui lie d , la distance entre le sonar et l'obstacle, Δt , la durée qui sépare l'émission et la réception et v, la célérité de l'onde.
3. Le sonar reçoit un signal réfléchi 0,53 s après l'émission. À quelle distance d se trouve l'obstacle ?

Correction

Exercice 1: Coup de cymbale

1.	les courbes donnent le retard τ mis par le son pour passer d'un micro à un autre, si par ailleurs on connaît la distance d séparant les microphones, on pourra déterminer la vitesse d'un son par la relation $v = \frac{d}{\tau}$
2.	de même pour M_2M_3 , $\tau = 9 \text{ ms}$ donc $v = \frac{d}{\tau} = \frac{3}{9 \times 10^{-3}} = 333 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
3.	$\bar{v} = 332,8 = 333 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et l'écart type échantillon $\sigma_{n-1} = 2,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
	$U(v) = \frac{k \times \sigma_{n-1}}{\sqrt{N}} = \frac{2 \times 2,8}{\sqrt{10}} = 1,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
4.	$v - U(v) < v < v + U(v)$ $331,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} < v < 334,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Exercice 2: Ultra-son

	Partie 1
1.	L'onde est mécanique, elle a besoin d'un milieu matériel pour se déplacer
2.	$2T = 50 \text{ } \mu\text{s}$ donc $T = 50/2 = 25 \text{ } \mu\text{s}$.
	$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{25 \times 10^{-6}} = 40\,000 \text{ Hz}.$
3.	$20\lambda = 17 \text{ cm} \rightarrow \lambda = 17/20 = 0,85 \text{ cm}$.
4.	$v = \lambda \cdot f = 40\,000 \times 0,85 \times 10^{-2} = 340 \text{ m/s}$
5.	$\left(\frac{U(v)}{v}\right) = \sqrt{\left(\frac{U(T)}{T}\right)^2 + \left(\frac{U(x)}{x}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{5 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-6}}\right)^2 + \left(\frac{0,2 \times 10^{-2}}{17 \times 10^{-2}}\right)^2} = 0,2$
	$\frac{U(v)}{v} = 0,2 \rightarrow U(v) = 0,2 \times v = 68 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
6.	$v - U(v) < v < v + U(v)$ $272 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} < v < 408 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
7.	Augmenter le nombre de répétitions diminue l'incertitude sur la mesure de la longueur d'onde.
8.	$c = 20,05 \cdot \sqrt{T} = 20,05 \cdot \sqrt{273 + 20} = 343 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, les deux résultats sont proches, car l'écart relatif entre les deux mesures est de $r = \frac{ v_{th} - v_{exp} }{v_{th}} \times 100 = 0,87$
	Partie 2
1.	Elles ultrasonores, car la fréquence est supérieure à 20 kHz
2.	Les ondes se déplacent plus vite dans l'eau que dans l'air, car la vitesse du son est de $343 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ dans l'air et de $1\,500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ dans l'eau.
3.	$v = \frac{2d}{\Delta t}$ car l'onde parcourt un allée-retour dans le phénomène de sonar
4.	$v = \frac{2d}{\Delta t} \rightarrow d = \frac{v \times \Delta t}{2} = 398 \text{ m}$