Spécialité : Bon ou mauvais tuyau?

Bac S 2011 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

3.1 Nommer un autre métal très toxique, autrefois utilisé dans les thermomètres et désormais interdit à la vente.

Il s'agit du **mercure** (symbole Hg).

3.2 Près d'une conduite de chauffage mal isolée, la teneur de l'eau en plomb augmente fortement. Quel facteur influant sur la solubilité est mis en évidence ?

Le tuyau et l'eau qu'il contient sont chauffés par la conduite voisine, et l'eau dissout alors davantage de plomb.

Le facteur mis en évidence est la **température**.

3.3 Cocher les propositions exactes à propos de la colonne d'air du tuyau frappé à une extrémité, l'autre étant ouverte.

- **A** : après le coup bref donné par la main, plus rien n'entretient la vibration, la colonne d'air vibre librement.
- **C** : un choc excite en même temps plusieurs modes propres, le son obtenu n'est pas pur.
- **F** : dans l'air, les tranches d'air oscillent dans la direction de propagation, l'onde sonore est longitudinale.
- **G** : la fréquence du fondamental dépend de la longueur du tuyau, or les quatre longueurs sont différentes.

Propositions exactes : **A, C, F et G**.

PIÈGE
Cocher B parce que la main « force » l'air à vibrer. Une excitation forcée est entretenue pendant toute la durée du son (haut-parleur, souffle continu), ce qui n'est pas le cas d'un coup bref.

COMPRENDRE
Modes propres, harmoniques, hauteur et timbre faisaient partie de l'enseignement de spécialité de l'ancien bac S. Ces notions ne figurent plus au programme actuel de la spécialité.

3.4 À partir des oscillogrammes et des spectres, indiquer en justifiant la hauteur des notes émises par les tuyaux 1, 2, 3 et 4, puis compléter le tableau de l'annexe.

Données utiles oscillogrammes : 1 ms par graduation (tuyaux 1 et 2), 5 ms (tuyau 4) ; spectres : 0,2 kHz par graduation

La hauteur d'un son est la fréquence F_0 de son fondamental : $F_0 = \dfrac{1}{T_0}$, où T_0 est la période du signal ; c'est aussi l'abscisse de la première raie du spectre.

Tuyau 1 : 4 périodes durent 8,0 ms, donc $T_0 = 2{,}0 \times 10^{-3}$ s et $F_0 = \dfrac{1}{2{,}0 \times 10^{-3}} = 5{,}0 \times 10^{2}$ Hz.

Tuyau 2 : 5 périodes durent 12,0 ms, donc $T_0 = 2{,}4 \times 10^{-3}$ s et $F_0 = 4{,}2 \times 10^{2}$ Hz.

Tuyau 3 : la première raie du spectre est à 0,25 kHz, donc $F_0 = 2{,}5 \times 10^{2}$ Hz et $T_0 = \dfrac{1}{F_0} = 4{,}0 \times 10^{-3}$ s.

Tuyau 4 : 4 périodes durent 31 ms, donc $T_0 = 7{,}8 \times 10^{-3}$ s et $F_0 = 1{,}3 \times 10^{2}$ Hz, en accord avec la première raie du spectre (environ 0,13 kHz).

F_0 = $5{,}0 \times 10^{2}$ Hz ; $4{,}2 \times 10^{2}$ Hz ; $2{,}5 \times 10^{2}$ Hz ; $1{,}3 \times 10^{2}$ Hz pour les tuyaux 1 à 4.

COMPRENDRE
Une lecture graphique donne deux chiffres significatifs, pas davantage. Plus le tuyau est long, plus le son est grave : F_0 diminue quand L augmente.

MÉTHODE
Mesurer la durée de plusieurs périodes, entre deux maxima identiques éloignés, puis diviser : l'erreur de lecture est répartie sur toutes les périodes.

	Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4
L (cm)	16,6	22,1	33,2	66,4
$T_0 = 1/F_0$ (s)	$2{,}0 \times 10^{-3}$	$2{,}4 \times 10^{-3}$	$4{,}0 \times 10^{-3}$	$7{,}8 \times 10^{-3}$
F_0 (Hz)	$5{,}0 \times 10^{2}$	$4{,}2 \times 10^{2}$	$2{,}5 \times 10^{2}$	$1{,}3 \times 10^{2}$

3.4 · Annexe n° 3 complétée (valeurs lues en orange)

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{1}{2.0 \times 10^{-3}} \approx 500$

$\frac{1}{2.4 \times 10^{-3}} \approx 416.6667$

$\frac{1}{2.5 \times 10^{2}} \approx 0.004$

$\frac{1}{7.8 \times 10^{-3}} \approx 128.2051$

3.5.1 Rappeler la relation liant v, λ et F, où F est la fréquence du premier harmonique.

La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant une période $T = \frac{1}{F}$, donc $\lambda = \frac{v}{F}$.

$v = \lambda F$ (avec v en $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$, λ en m et F en Hz)

3.5.2 À partir du spectre du tuyau 3, donner la relation liant la fréquence F du premier harmonique à celle F_0 du fondamental.

Données utiles spectre du tuyau 3 : première raie à 0,25 kHz, deuxième raie à 0,75 kHz

Sur le spectre du tuyau 3, le fondamental est à $F_0 = 0{,}25$ kHz et la raie suivante à $F = 0{,}75$ kHz.

$\frac{F}{F_0} = \frac{0{,}75}{0{,}25} = 3{,}0$

$F = 3\,F_0$

COMPRENDRE
Aucune raie n'apparaît à $2F_0$: un tuyau fermé à un bout et ouvert à l'autre ne donne que les harmoniques de rang impair (F_0, $3F_0$, $5F_0$…).

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{0.75}{0.25} \approx 3$

3.5.3 En déduire la relation liant L et F_0, puis représenter L en fonction de $\frac{1}{F_0}$.

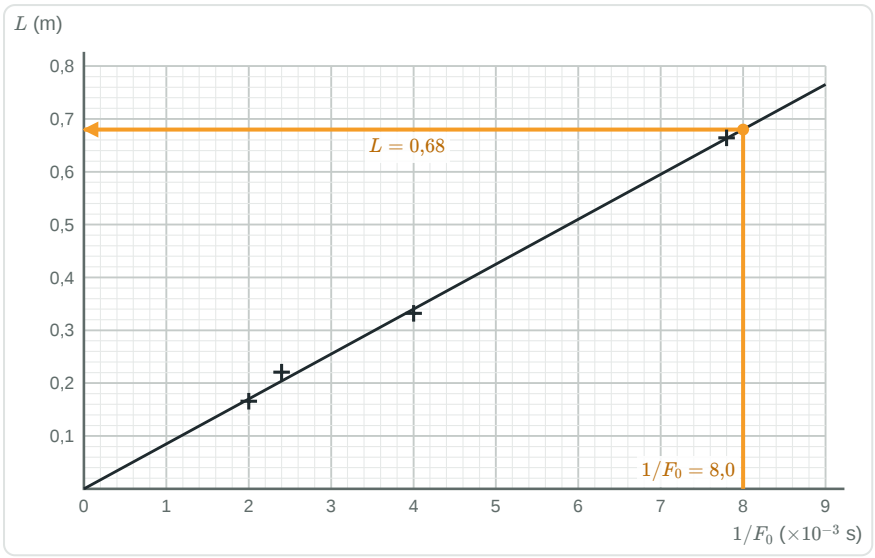
Données utiles $\lambda = \frac{4}{3}L$; $v = \lambda F$ (3.5.1) ; $F = 3F_0$ (3.5.2) ; L et $T_0 = \frac{1}{F_0}$ du tableau (3.4)

$v = \lambda\,F = \frac{4}{3}L \times 3F_0 = 4\,L\,F_0$

$L = \frac{v}{4\,F_0} = \frac{v}{4} \times \frac{1}{F_0}$

Graphique : on place les quatre points d'abscisse $\frac{1}{F_0} = T_0$ et d'ordonnée L (en m) : (2,0 ; 0,166), (2,4 ; 0,221), (4,0 ; 0,332) et (7,8 ; 0,664), les abscisses étant en 10^{-3} s. On trace la droite passant par l'origine et au plus près des points.

PIÈGE
Laisser L en centimètres. L'échelle imposée est en mètres, et la pente doit sortir en $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$: 16,6 cm = 0,166 m.



3.5.3 · L en fonction de $1/F_0$: droite passant par l'origine, et point choisi pour la pente

3.5.4 Exploiter le graphique pour déterminer la célérité v des ondes sonores dans l'habitation. Justifier la méthode.

Données utiles $L = \frac{v}{4} \times \frac{1}{F_0}$ (3.5.3) ; point de la droite tracée : $\left(8{,}0 \times 10^{-3}\ \text{s} ; 0{,}68\ \text{m}\right)$

Les points sont alignés sur une droite passant par l'origine : L est proportionnelle à $\frac{1}{F_0}$, soit $L = k \times \frac{1}{F_0}$, où k est le coefficient directeur.

Par identification avec la relation de la question 3.5.3 : $k = \frac{v}{4}$, donc $v = 4k$.

Avec l'origine et le point de la droite $\left(8{,}0 \times 10^{-3}\ \text{s} ; 0{,}68\ \text{m}\right)$:

$$k = \frac{0{,}68 - 0}{8{,}0 \times 10^{-3} - 0} = 85\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v = 4 \times 85 = 340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$\boxed{v = 3{,}4 \times 10^{2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

PIÈGE

Calculer la pente avec un point du tableau. On prend un point de la droite tracée, le plus loin possible de l'origine : la droite moyenne compense les erreurs de lecture de chaque mesure.

COMPRENDRE

La valeur trouvée est cohérente avec la célérité du son dans l'air à température ambiante, voisine de $340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

À LA CALCULATRICE

