Spécialité : A propos du son

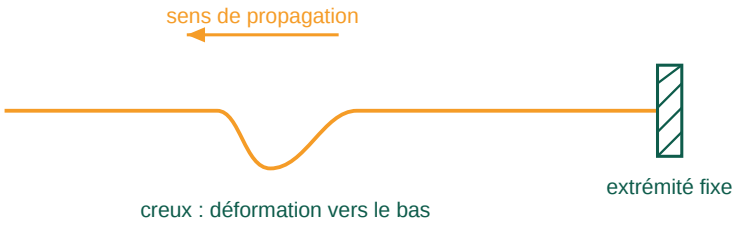
Bac S 2008 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Après réflexion sur l'extrémité fixe de la corde, l'onde repart-elle comme indiqué sur la figure 1b (déformation toujours vers le haut) ?

FAUX. L'extrémité fixe ne peut pas se déplacer : la réflexion change le signe de la déformation. La bosse arrivée vers le haut repart vers le bas.

Faux : l'onde réfléchie est un creux (déformation vers le bas), tracé ci-dessous.

COMPRENDRE
Au point d'attache, la somme de l'onde incidente et de l'onde réfléchie doit rester nulle à chaque instant : la seconde est donc l'opposée de la première.



1 · Figure 1b corrigée : l'onde réfléchie est renversée

2 Dans les conditions de l'expérience de la figure 2, le son émis par la corde est-il audible à grande distance ?

FAUX. Une corde seule met très peu d'air en mouvement : le son existe mais il est très faible. Le montage ne comporte pas de caisse de résonance pour transmettre efficacement la vibration à l'air.

Faux : sans caisse de résonance, le son n'est audible qu'à faible distance.

COMPRENDRE
Dans une guitare ou un violon, la corde fait vibrer la table et l'air de la caisse : c'est cette grande surface vibrante qui rayonne le son.

3 Le mode de vibration observé sur la figure 2 est-il le mode fondamental ?

VRAI. La corde présente un seul fuseau entre A et B : c'est le mode de rang $n = 1$, appelé mode fondamental.

Vrai : un seul fuseau, donc mode fondamental.

4 Le point A est-il un ventre de vibration ?

FAUX. Le point A est fixe : son amplitude de vibration est nulle, c'est un nœud. Le ventre, point d'amplitude maximale, se trouve au milieu de la corde.

Faux : A est un nœud de vibration (B aussi).

5 Si on diminue la longueur de la corde en remontant le plateau percé B, observe-t-on un seul fuseau d'amplitude plus grande ?

FAUX. La fréquence et la tension ne changent pas, donc $\lambda = \frac{v}{f}$ garde la même valeur.

Un fuseau ne s'établit que si la longueur vibrante vaut $L = \frac{\lambda}{2}$. En raccourcissant la corde, $L < \frac{\lambda}{2}$: la condition n'est plus vérifiée.

Faux : il n'y a plus d'onde stationnaire, on n'observe plus de fuseau net.

PIÈGE
Raisonner comme sur une guitare. Raccourcir une corde pincée la fait sonner plus aigu, mais ici la fréquence est imposée par le GBF : la corde ne peut pas choisir la sienne.

6 L'onde stationnaire observée sur la figure 2 a-t-elle une longueur d'onde $\lambda = 80$ cm ?

Données utiles $D = 40$ cm ; un seul fuseau

VRAI. Deux nœuds consécutifs sont distants de $\frac{\lambda}{2}$, donc pour n fuseaux $D = n\frac{\lambda}{2}$.

Avec $n = 1$: $\lambda = 2D = 2 \times 40 = 80$ cm.

Vrai : $\lambda = 2D = 80$ cm

MÉTHODE
Un fuseau mesure toujours une demi-longueur d'onde. Compter les fuseaux donne directement $\lambda = \frac{2D}{n}$.

7 Sans changer la masse m, peut-on observer deux fuseaux en réglant la fréquence du GBF sur 110 Hz ?

Données utiles un fuseau à $f = 220$ Hz ; $D = 40$ cm

FAUX. Pour n fuseaux : $D = n\frac{\lambda}{2}$ avec $\lambda = \frac{v}{f}$, donc $f_n = n\frac{v}{2D}$.

La masse m est inchangée, donc v aussi. Comme $f_1 = 220$ Hz, les fréquences donnant des fuseaux sont $f_n = n \times 220$ Hz.

110 Hz correspondrait à $n = \frac{1}{2}$, qui n'est pas entier : aucune onde stationnaire ne s'établit.

Faux : deux fuseaux s'observent à $f_2 = 2 \times 220 = 440$ Hz.

PIÈGE
Confondre diviser et multiplier. Deux fuseaux sur la même corde, c'est une longueur d'onde deux fois plus petite, donc une fréquence deux fois plus grande.

8 À 220 Hz, peut-on observer deux fuseaux en remplaçant la masse m par une masse $m' = \frac{m}{4}$?

Données utiles $v = \sqrt{\frac{m\,g}{\mu}}$; $\lambda = 80$ cm (affirmation 6)

VRAI. Nouvelle célérité : $v' = \sqrt{\frac{m'\,g}{\mu}} = \sqrt{\frac{m\,g}{4\,\mu}} = \frac{v}{2}$.

À fréquence inchangée, $\lambda' = \frac{v'}{f} = \frac{\lambda}{2} = 40$ cm.

Alors $D = 40$ cm $= \lambda' = 2 \times \frac{\lambda'}{2}$: la condition est vérifiée avec $n = 2$.

Vrai : $\lambda' = 40$ cm, la corde vibre en deux fuseaux.

COMPRENDRE
La célérité varie comme la racine carrée de la tension : il faut diviser la masse par 4 pour diviser v par 2.

9 À une intensité sonore $I = 1{,}0 \times 10^{-7}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ correspond-il un niveau sonore $L = 60$ dBA ?

Données utiles $L = 10 \log \dfrac{I}{I_0}$; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$

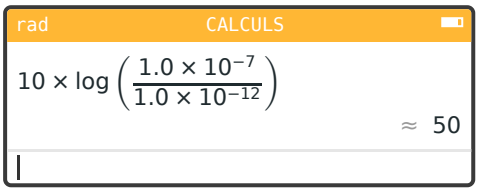
FAUX.

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{1{,}0 \times 10^{-7}}{1{,}0 \times 10^{-12}} = 10 \log \left(1{,}0 \times 10^{5}\right)$$

Faux : $L = 50$ dBA, et non 60 dBA.

COMPRENDRE
60 dBA correspondrait à $I = 10^6\, I_0 = 1{,}0 \times 10^{-6}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$: chaque tranche de 10 dB multiplie l'intensité par 10.

À LA CALCULATRICE



10 Quand l'intensité sonore est doublée, le niveau sonore augmente-t-il de 3 dBA ?

VRAI. Pour $I' = 2I$:

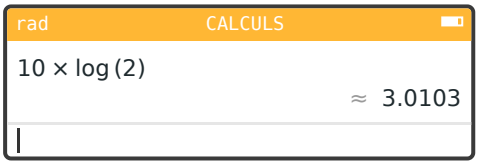
$$L' = 10 \log \frac{2I}{I_0} = 10 \log 2 + 10 \log \frac{I}{I_0} = L + 10 \log 2$$

Or $10 \log 2 = 3{,}0$.

Vrai : $L' = L + 3$ dBA

PIÈGE
Croire que le niveau sonore double. Les intensités s'ajoutent, pas les niveaux : deux sources identiques de 60 dB donnent 63 dB, pas 120 dB.

À LA CALCULATRICE



11 Le son enregistré sur la figure 3 a-t-il pour fréquence du fondamental $f = 4{,}4 \times 10^2$ Hz ?

Données utiles figure 3 : minima à $t \approx 0{,}5$ ms et $t \approx 2{,}8$ ms

VRAI. Le signal est périodique : la fréquence du fondamental est celle du signal, $f = \dfrac{1}{T}$.

Entre deux minima successifs : $T \approx 2{,}8 - 0{,}5 = 2{,}3$ ms.

$$f = \frac{1}{2{,}3 \times 10^{-3}} \approx 4{,}3 \times 10^2\ \text{Hz}$$

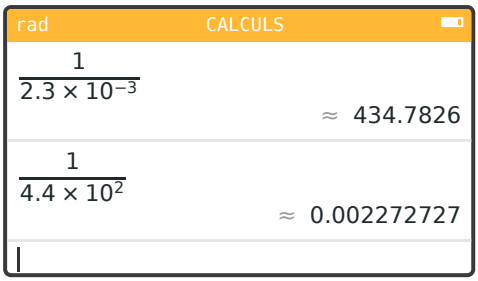
À la précision de la lecture graphique, cette valeur est compatible avec $4{,}4 \times 10^2$ Hz (qui correspond à $T = 2{,}27$ ms).

Vrai : $T \approx 2{,}3$ ms, soit $f \approx 4{,}4 \times 10^2$ Hz.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la lecture de T . Une lecture à 0,1 ms près fait varier f d'environ 20 Hz : l'écart entre 435 Hz et 440 Hz n'est pas significatif.

MÉTHODE
Repérer un point facile à retrouver d'un motif à l'autre (ici le minimum). Si l'enregistrement le permet, mesurer plusieurs périodes et diviser.

À LA CALCULATRICE



12 Le spectre de la figure 4 correspond-il à l'enregistrement de la figure 3 ?

FAUX. Le spectre de la figure 4 ne contient qu'un seul pic, à 0,44 kHz : c'est celui d'un son pur, dont l'enregistrement serait une sinusoïde.

Le signal de la figure 3 est périodique mais non sinusoïdal : c'est un son complexe, dont le spectre contient des harmoniques en plus du fondamental.

Faux : la figure 4 est le spectre d'un son pur (signal sinusoïdal), pas celui de la figure 3.

COMPRENDRE
Harmoniques, hauteur et timbre (affirmations 11 à 14) ne figurent plus au programme actuel de spécialité de Terminale ; l'analyse spectrale d'un son reste abordée avant la Terminale.

13 Les spectres des figures 4 et 5 correspondent-ils à des notes de même hauteur ?

VRAI. La hauteur d'un son est fixée par la fréquence de son fondamental, premier pic du spectre. Sur les deux figures, ce pic est à la même fréquence, environ 0,44 kHz.

Vrai : même fondamental (440 Hz), donc même hauteur.

PIÈGE
Prendre le pic le plus haut, ou le nombre de pics, comme critère. Seule la fréquence du premier pic fixe la hauteur.

14 Les spectres des figures 4 et 5 correspondent-ils à des notes jouées par le même instrument ?

FAUX. La figure 4 ne montre que le fondamental ; la figure 5 montre en plus des harmoniques (pics aux multiples de 0,44 kHz). La composition en harmoniques diffère : les deux sons n'ont pas le même timbre.

Faux : timbres différents, donc instruments différents.

COMPRENDRE
Sur la figure 5, les pics sont à environ 0,88 ; 1,32 ; 1,76 ; 2,20 et 2,64 kHz : des multiples entiers de 0,44 kHz, ce qui confirme le fondamental.