Spécialité : Vous avez dit WhaWha

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

1.1 Quelle est la qualité physiologique commune aux deux sons enregistrés ? Nommer la grandeur physique associée.

Les deux instruments jouent la même note : les deux sons ont la même **hauteur**.

La grandeur physique associée est la fréquence du signal (celle de son fondamental), en hertz.

Qualité commune : la hauteur ; grandeur associée : la fréquence.

COMPRENDRE
Hauteur, timbre et harmoniques ne figurent plus au programme actuel de spécialité de Terminale. La lecture d'une période et le calcul d'une fréquence, eux, restent exigibles.

1.2 Mesurer cette grandeur en précisant la méthode utilisée. En tenant compte de l'imprécision de la mesure, en déduire la note jouée par les deux instruments.

Données utiles figures 9 et 10 ; tableau des fréquences des cordes à vide

On mesure la durée de plusieurs périodes sur la figure 9, puis on calcule $f = \dfrac{1}{T}$.

Entre le premier grand pic ($t \approx 4$ ms) et le cinquième ($t \approx 40$ ms), il y a 4 périodes : $4T \approx 36$ ms, donc $T = \dfrac{36}{4} = 9{,}0$ ms.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{9{,}0 \times 10^{-3}} = 1{,}1 \times 10^{2}\ \text{Hz}$$

Lecture à 1 ms près sur $4T$: f est comprise entre 108 Hz et 114 Hz. Seule la valeur 110,0 Hz du tableau convient.

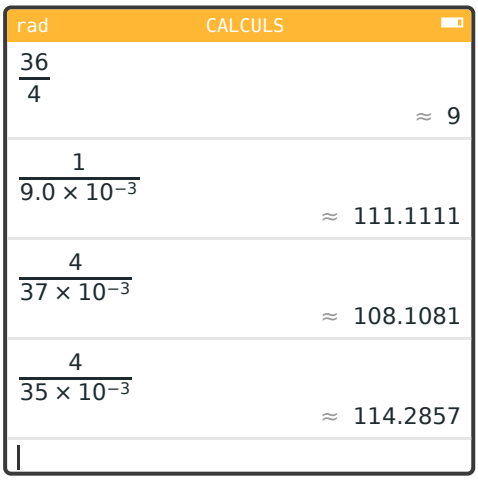
$f \approx 1{,}1 \times 10^{2}$ Hz : la note jouée est le la_1 (110,0 Hz).

PIÈGE
Prendre pour période l'écart entre deux pics voisins de hauteurs différentes. Le motif complet, qui se répète à l'identique, dure environ 9 ms.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs seulement, car la durée lue (36 ms) n'en a que deux. Cela suffit : les notes voisines (82,4 Hz et 146,8 Hz) sont très éloignées de la valeur trouvée.

MÉTHODE
Mesurer toujours le plus grand nombre possible de périodes entre deux points homologues (deux pics identiques), puis diviser : l'erreur de lecture est divisée d'autant.

À LA CALCULATRICE



1.3 Quelle qualité physiologique permet de distinguer ces deux sons ?

Les deux signaux ont la même période mais des formes différentes.

Les deux sons se distinguent par leur **timbre**.

COMPRENDRE
Le timbre dépend du nombre et de l'amplitude relative des harmoniques : deux instruments jouant la même note n'ont pas le même spectre.

2.1 Déterminer la valeur approchée de la fréquence f_1 du fondamental à partir de la figure 11. Vérifier la cohérence avec la donnée du texte.

Données utiles corde 6 à vide : mi_3, 329,6 Hz

Le fondamental est le pic de plus basse fréquence : sur la figure 11, $f_1 \approx 0{,}33$ kHz.

La corde 6 à vide donne le mi_3, de fréquence 329,6 Hz : la valeur lue est cohérente.

$f_1 \approx 0{,}33\ \text{kHz} = 3{,}3 \times 10^2$ Hz, en accord avec 329,6 Hz.

MÉTHODE

Pour affiner la lecture, repérer un pic qui tombe sur une graduation : le troisième pic est à 1,0 kHz, donc $f_1 = \dfrac{1{,}0}{3} \approx 0{,}33$ kHz.

2.2 Déterminer les valeurs approchées des fréquences f_2 et f_3 des harmoniques immédiatement supérieurs au fondamental.

Données utiles $f_1 \approx 0{,}33$ kHz (2.1)

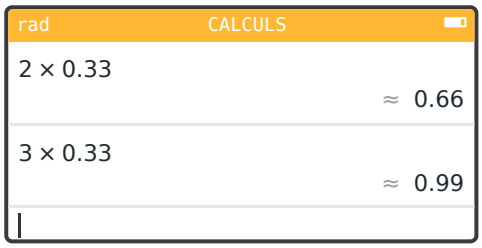
Les fréquences des harmoniques sont des multiples entiers de celle du fondamental : $f_n = n\,f_1$.

$f_2 = 2\,f_1 = 2 \times 0{,}33 = 0{,}66$ kHz

$f_3 = 3\,f_1 = 3 \times 0{,}33 = 0{,}99$ kHz

$f_2 \approx 0{,}66$ kHz et $f_3 \approx 0{,}99$ kHz

À LA CALCULATRICE



2.3 À partir de la condition $2L = k\lambda$, donner l'expression de la longueur d'onde λ du mode fondamental, puis la calculer.

Données utiles $L = 63{,}0$ cm

Le mode fondamental correspond à $k = 1$: $\lambda = 2L$.

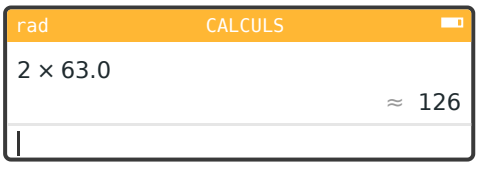
$\lambda = 2 \times 63{,}0 = 126$ cm

$\lambda = 2L = 126\ \text{cm} = 1{,}26$ m

COMPRENDRE

Dans le mode fondamental, la corde forme un seul fuseau entre ses deux extrémités fixes ; un fuseau a pour longueur une demi-longueur d'onde, d'où $L = \dfrac{\lambda}{2}$.

À LA CALCULATRICE



2.4 Écrire la relation entre la longueur d'onde λ, la célérité v et la fréquence f d'une onde sinusoïdale.

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

$\lambda = \dfrac{v}{f}$, soit $v = \lambda\,f$, avec λ en m, f en Hz et v en $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

2.5 En déduire la célérité des ondes dans cette corde.

Données utiles $\lambda = 1{,}26$ m (2.3) ; $f_1 \approx 0{,}33$ kHz (2.1)

Pour le mode fondamental : $v = \lambda\,f_1$.

$$v = 1{,}26 \times 0{,}33 \times 10^3 = 4{,}2 \times 10^2\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

$v \approx 4{,}2 \times 10^2\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$

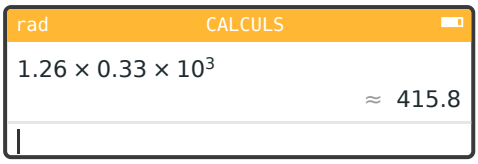
PIÈGE

Laisser λ en centimètres ou f_1 en kilohertz : il faut 1,26 m et 330 Hz pour obtenir des $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

COMPRENDRE

Avec la valeur du tableau, 329,6 Hz, on trouve $415\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$. C'est la célérité de l'onde le long de la corde, pas celle du son dans l'air.

À LA CALCULATRICE



2.6 Le guitariste bloque la corde sur une frette. Quel est l'effet produit sur le son ? Justifier, la célérité des ondes le long de la corde étant constante.

Bloquer la corde sur une frette réduit la longueur L de la partie qui vibre, donc $\lambda = 2L$ diminue.

Or $f_1 = \dfrac{v}{\lambda} = \dfrac{v}{2L}$ avec v constante : si L diminue, f_1 augmente.

La fréquence du fondamental augmente : le son est plus haut (plus aigu).

COMPRENDRE

f_1 est inversement proportionnelle à L : une corde bloquée en son milieu vibre à une fréquence double, soit une octave au-dessus.

3 En comparant les spectres des figures 11, 12 et 13, préciser les effets de la pédale wha-wha sur les propriétés physiologiques du son.

Sur les trois spectres, le fondamental reste à la même fréquence, $f_1 \approx 0{,}33$ kHz : la hauteur du son n'est pas modifiée.

- Position 1 (figure 12) : les trois premiers pics sont renforcés ; les harmoniques au-delà de 1 kHz ont presque disparu.
- Position 2 (figure 13) : des harmoniques élevés, jusqu'à 4 kHz environ, apparaissent ou sont renforcés.

La pédale ne modifie pas la hauteur du son ; elle modifie son **timbre** (plus sourd en position 1, plus riche en aigus en position 2).

MÉTHODE

Comparer deux spectres en deux temps : la position du premier pic renseigne sur la hauteur, le nombre et les amplitudes relatives des autres pics sur le timbre.