Spécialité : Instruments à vent : des tuyaux sonores de toutes les longueurs

Bac S 2017 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Indiquer si l'enregistrement proposé correspond à un son pur ou à un son complexe. Justifier.

Le signal enregistré est périodique, mais sa courbe n'est pas une sinusoïde : chaque motif comporte plusieurs maximums de hauteurs différentes.

Il s'agit d'un **son complexe**.

COMPRENDRE
Un son pur donne une sinusoïde et un spectre à un seul pic. Un son complexe est la somme d'un fondamental et d'harmoniques : sa courbe est déformée mais garde la période du fondamental.

1.2 Parmi les instruments cités, quels sont ceux qui peuvent jouer cette note ? Justifier.

Données utiles enregistrement (axe des temps en ms) ; tableau des fréquences de l'octave 3 ; tessitures des cinq instruments

La note est repérée par la fréquence du fondamental, c'est-à-dire par la période T du signal.

Sur l'enregistrement, le grand maximum se retrouve à $t \approx 0{,}3$ ms puis, trois motifs plus loin, à $t \approx 11{,}7$ ms :

$$3T = 11{,}7 - 0{,}3 = 11{,}4 \text{ ms} \quad \text{soit} \quad T = 3{,}8 \text{ ms} = 3{,}8 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{3{,}8 \times 10^{-3}} = 2{,}6 \times 10^{2} \text{ Hz}$$

La fréquence du tableau la plus proche de 263 Hz est 261,6 Hz : la note jouée est un Do_3.

Le Do_3 appartient à la tessiture de la flûte ténor (Do_3 à Do_5), de la flûte basse (Fa_2 à Fa_4) et de la clarinette (Ré_2 à Si_5). Il est trop grave pour la flûte alto (à partir de Fa_3) et pour la flûte soprano (à partir de Do_4).

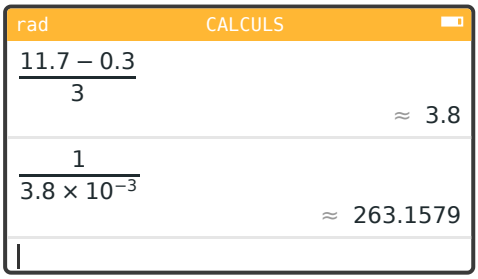
$f \approx 2{,}6 \times 10^{2}$ Hz, soit un Do_3 : la **flûte à bec ténor**, la **flûte à bec basse** et la **clarinette** peuvent le jouer.

PIÈGE
Prendre pour période l'écart entre deux maximums voisins (environ 1 ms). Le motif complet contient quatre maximums ; il faut retrouver le même, à la même hauteur.

COMPRENDRE
Une lecture graphique au dixième de milliseconde donne deux chiffres significatifs. C'est suffisant : la note voisine, Ré_3 à 293,7 Hz, correspondrait à $T = 3{,}4$ ms.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs périodes entre deux points faciles à repérer (ici les grands maximums), puis diviser : l'incertitude de lecture est répartie sur trois motifs.

À LA CALCULATRICE



2 Attribuer à chaque instrument, clarinette et flûte à bec, la relation (a) $L = n\dfrac{\lambda}{2}$ ou (b) $L = (2n-1)\dfrac{\lambda}{4}$ qui convient. Justifier. Problème : la flûte à bec photographiée est-elle basse, ténor, alto ou soprano ?

Données utiles $v = 340\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $f(\text{Ré}_3) = 293{,}7$ Hz ; $f_b = 2f_a$ pour une octave ; tessitures ; deux nœuds successifs sont distants de $\dfrac{\lambda}{2}$; photographies à la même échelle

Question 2. *Flûte à bec* : tuyau ouvert aux deux extrémités, donc un nœud de pression à chaque bout. Le mode 1 présente un seul fuseau entre deux nœuds successifs : $L = \dfrac{\lambda}{2}$. Le mode n en présente n : $L = n\dfrac{\lambda}{2}$, relation **(a)**.

Clarinette : tuyau ouvert à un bout (nœud) et fermé à l'autre (ventre). Un nœud et le ventre voisin sont distants de $\dfrac{\lambda}{4}$: au mode 1, $L = \dfrac{\lambda}{4}$. Chaque mode suivant ajoute un fuseau, soit $\dfrac{\lambda}{2}$: $L = \dfrac{3\lambda}{4}$, puis $\dfrac{5\lambda}{4}$. Donc $L = (2n-1)\dfrac{\lambda}{4}$, relation **(b)**.

Problème. *Longueur réelle de la clarinette.* Tous trous bouchés, elle émet sa note la plus grave, le Ré$_2$, une octave sous le Ré$_3$:

$$f_c = \frac{293{,}7}{2} = 146{,}9\ \text{Hz}$$

Cette note est le fondamental ($n = 1$) : d'après (b), $L_c = \dfrac{\lambda}{4}$ avec $\lambda = \dfrac{v}{f_c}$.

$$L_c = \frac{v}{4f_c} = \frac{340}{4 \times 146{,}9} = 0{,}579\ \text{m}$$

Longueur réelle de la flûte. Sur la photographie, les segments fléchés mesurent $7{,}0$ cm pour la clarinette et $3{,}9$ cm pour la flûte. L'échelle étant la même :

$$L_f = L_c \times \frac{3{,}9}{7{,}0} = 0{,}579 \times \frac{3{,}9}{7{,}0} = 0{,}32\ \text{m}$$

Note la plus grave de la flûte. Tous trous bouchés, d'après (a) avec $n = 1$: $L_f = \dfrac{\lambda}{2}$, donc

$$f_f = \frac{v}{2L_f} = \frac{340}{2 \times 0{,}32} = 5{,}3 \times 10^2\ \text{Hz}$$

Identification. Notes les plus graves des quatre flûtes : Fa$_2$ ($349{,}2 \div 2 = 174{,}6$ Hz), Do$_3$ ($261{,}6$ Hz), Fa$_3$ ($349{,}2$ Hz) et Do$_4$ ($2 \times 261{,}6 = 523{,}2$ Hz). La valeur trouvée est très proche de celle du Do$_4$, loin des trois autres.

Regard critique. Une erreur de 1 mm sur le segment de la flûte déplace f_f d'une quinzaine de hertz : la conclusion ne change pas.

Question 2 : flûte à bec (a), clarinette (b). Problème : $f_f \approx 5{,}3 \times 10^2$ Hz, note la plus grave Do$_4$: c'est une **flûte à bec soprano**.

PIÈGE
Appliquer la même relation aux deux instruments. À longueur égale, le tuyau fermé à un bout sonne une octave plus bas : $f = \dfrac{v}{4L}$ pour la clarinette, $f = \dfrac{v}{2L}$ pour la flûte.

COMPRENDRE
Les modes de vibration d'une colonne d'air relevaient de l'ancien enseignement de spécialité (thème « son et musique ») ; ils ne figurent plus au programme actuel de terminale. Les mesures au millimètre limitent le résultat à deux chiffres significatifs.

MÉTHODE
Deux photographies à la même échelle : une longueur connue par le calcul (la clarinette, grâce à sa note la plus grave) sert d'étalon ; l'autre s'en déduit par proportionnalité.

Flûte à bec : ouvert – ouvert



L = λ/2 : relation (a)

Clarinette : ouvert – fermé



L = λ/4 : relation (b)

2 · Mode 1 dans chaque tuyau : nœuds (N) et ventres (V) de pression

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{293.7}{2} \approx 146.85$$

$$\frac{340}{4 \times 146.85} \approx 0.5788219$$

$$\frac{\frac{340}{4 \times 146.85} \times 3.9}{7.0} \approx 0.3224865$$

$$\frac{2 \times 146.85 \times 7.0}{3.9} \approx 527.1538$$

$$\frac{2 \times 146.85 \times 7.0}{3.8} \approx 541.0263$$