Spécialité : L'orgue marin de Blackpool

Bac S 2016 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

Q Question préliminaire. Parmi les trois tuyaux représentés sur le plan à l'échelle de l'orgue, indiquer celui qui joue la note la plus grave. Justifier.

Données utiles tuyau ouvert aux deux extrémités : $L = \dfrac{v_{\text{son}}}{2 \times f}$

La note la plus grave est celle dont la fréquence f est la plus petite.

La relation du sujet donne $f = \dfrac{v_{\text{son}}}{2L}$.

Les trois tuyaux contiennent le même air, à la même température : v_{son} a la même valeur pour tous. La fréquence est donc inversement proportionnelle à la longueur L : elle est la plus petite pour le tuyau le plus long.

La note la plus grave est jouée par le tuyau le plus long, celui du bas sur le plan.

COMPRENDRE

Grave signifie basse fréquence, aigu signifie haute fréquence. La « hauteur » d'une note, mot employé sur le panneau, désigne la fréquence du son, pas une altitude sur la sculpture.

P Problème. Vérifier, à l'aide des documents, la phrase inscrite sur le panneau explicatif. Cette phrase est-elle vraie tout au long de l'année ? Justifier.

Données utiles $H = 15{,}0$ m ; $L = \dfrac{v_{\text{son}}}{2 \times f}$; $v_{\text{son}} = 331{,}5 + 0{,}607 \times \theta$; températures moyennes mensuelles ; tableau des fréquences des notes

1. Mesures sur le plan. Sur le plan imprimé, la hauteur $H = 15{,}0$ m est représentée par $22{,}6$ cm. Les trois tuyaux mesurent $4{,}4$ cm (tuyau 1, en bas), $2{,}2$ cm (tuyau 2, en haut) et $1{,}5$ cm (tuyau 3, au milieu), à $0{,}1$ cm près.

Longueur réelle du tuyau 1 : $L_1 = \dfrac{4{,}4}{22{,}6} \times 15{,}0 = 2{,}92$ m, soit environ $2{,}9$ m.

2. La note la plus basse est-elle un si bémol ? Hypothèse : l'air des tuyaux est à la température moyenne annuelle, voisine de $\theta = 9$ °C d'après le graphique.

$v_{\text{son}} = 331{,}5 + 0{,}607 \times 9 = 337 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$f_1 = \frac{v_{\text{son}}}{2L_1} = \frac{337}{2 \times 2{,}92} = 58 \text{ Hz}$$

Le tableau donne $58{,}3$ Hz pour le Si b de l'octave 0 ; les notes voisines sont le La ($55{,}0$ Hz) et le Si ($61{,}7$ Hz). La note la plus basse est bien un si bémol.

3. Fréquences double et triple. Comme v_{son} est la même dans tous les tuyaux, $\dfrac{f_2}{f_1} = \dfrac{L_1}{L_2}$ et $\dfrac{f_3}{f_1} = \dfrac{L_1}{L_3}$. Les rapports se calculent directement avec les longueurs mesurées sur le plan :

$\dfrac{f_2}{f_1} = \dfrac{4{,}4}{2{,}2} = 2{,}0$ $\qquad$ $\dfrac{f_3}{f_1} = \dfrac{4{,}4}{1{,}5} = 2{,}9$

Une fréquence triple correspondrait à un tuyau de $\dfrac{4{,}4}{3} = 1{,}5$ cm sur le plan : c'est la longueur mesurée, à la précision de la règle. Les fréquences des deuxième et troisième notes sont bien le double et le triple de la première.

4. Au cours de l'année. La température moyenne varie de $3{,}5$ °C (février) à 15 °C (juillet et août). Pour le tuyau 1 :

$f_{\min} = \dfrac{331{,}5 + 0{,}607 \times 3{,}5}{2 \times 2{,}92} = 57{,}1$ Hz $\qquad$ $f_{\max} = \dfrac{331{,}5 + 0{,}607 \times 15}{2 \times 2{,}92} = 58{,}3$ Hz

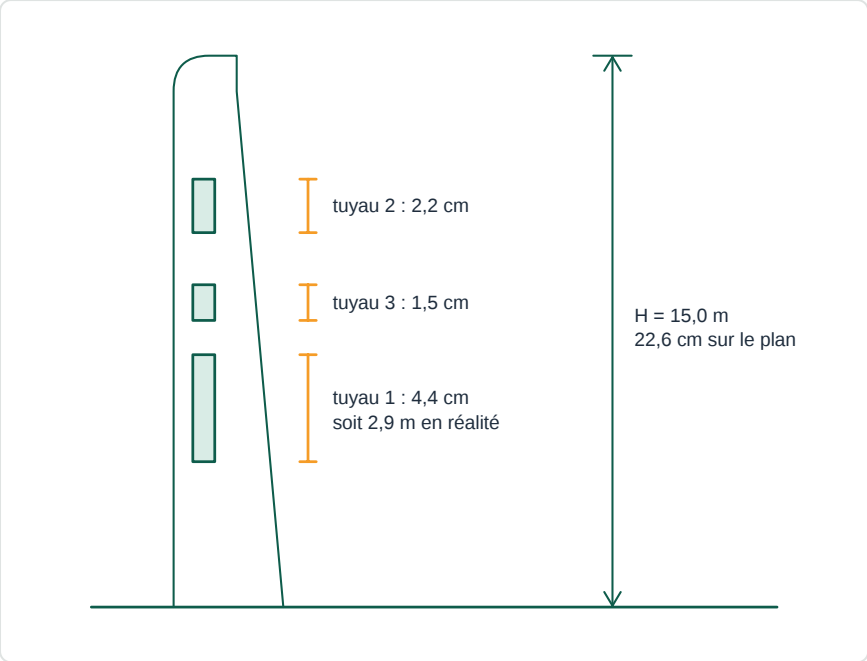
La fréquence varie d'environ 1 Hz sur l'année, alors qu'il faut $3{,}3$ Hz pour passer du Si b au La ou au Si. La note reste donc un si bémol, un peu plus bas en hiver. Les rapports 2 et 3 ne dépendent que des longueurs des tuyaux : la température ne les modifie pas.

La phrase du panneau est vérifiée : $f_1 \approx 58$ Hz (Si b), $f_2 = 2f_1$, $f_3 = 3f_1$. Elle reste vraie toute l'année : f_1 varie seulement de $57{,}1$ Hz à $58{,}3$ Hz.

PIÈGE
Mesurer sur le schéma de fonctionnement de la première page : il n'est pas à l'échelle. Seul le plan de profil, où $H = 15{,}0$ m, permet de convertir les longueurs. Les centimètres mesurés dépendent de l'impression, pas les rapports.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs pour f_1, comme la longueur lue sur le plan ($4{,}4$ cm). L'incertitude de $0{,}1$ cm sur cette lecture représente environ 2 %, soit 1 Hz : l'accord avec $58{,}3$ Hz est satisfaisant.

COMPRENDRE
Les instruments à vent et la relation entre longueur d'un tuyau et fréquence relevaient de l'ancien enseignement de spécialité ; ils ne sont plus au programme actuel. La relation est fournie : seule son exploitation est attendue.



P · Plan à l'échelle : longueurs mesurées sur le plan imprimé

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{4.4}{22.6} \times 15.0 \approx 2.920354$

$331.5 + 0.607 \times 9 \approx 336.963$

$\frac{337}{2 \times 2.92} \approx 57.70548$

$\frac{4.4}{1.5} \approx 2.933333$

$\frac{331.5 + 0.607 \times 3.5}{2 \times 2.92} \approx 57.12748$

$\frac{331.5 + 0.607 \times 15}{2 \times 2.92} \approx 58.32277$