Spécialité : étude d'un instrument à vent

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

1 Montrer que la fréquence fondamentale dans un hautbois est égale à $f_1 = \dfrac{v}{4L}$, v étant la vitesse de l'onde sonore dans le tube.

Données utiles document 1 : tube fermé du côté de l'anche, ouvert du côté du pavillon

Le tube est fermé à l'anche (nœud de vibration N) et ouvert au pavillon (ventre de vibration V). Dans le mode fondamental, on trouve un seul nœud et un seul ventre, séparés par un quart de longueur d'onde (document 1) :

$$L = \frac{\lambda}{4} \quad \text{soit} \quad \lambda = 4L$$

Or la longueur d'onde, la vitesse et la fréquence de l'onde sont liées par $\lambda = \dfrac{v}{f_1}$, donc $f_1 = \dfrac{v}{\lambda}$.

$f_1 = \dfrac{v}{4L}$, ce qui est bien l'expression attendue.

COMPRENDRE
Un nœud et le ventre voisin sont toujours distants de $\lambda/4$; deux nœuds consécutifs, de $\lambda/2$. Un tube ouvert aux deux bouts donnerait donc $L = \lambda/2$ et $f_1 = v/(2L)$.

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.

2 Quelle devrait être la longueur d'un hautbois pour jouer la note Mi_1 lorsque tous les trous sont bouchés ? Commenter. Problème : le tube mesure 66,8 cm tous trous bouchés ; quelle doit être sa longueur pour jouer la note Fa à l'octave 2 ?

Données utiles $v = 350\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $f(\text{Mi}_1) = 82{,}4$ Hz et $f(\text{Do}_1) = 65{,}4$ Hz (document 2) ; raccourcir le tube de 6 % monte la note d'un demi-ton (document 3) ; $f_1 = \dfrac{v}{4L}$ (Q1)

Question 2. Tous trous bouchés, la note jouée est le fondamental du tube entier. D'après la question 1 :

$$L = \frac{v}{4f_1} = \frac{350}{4 \times 82{,}4} = 1{,}06\ \text{m}$$

Un hautbois mesure une soixantaine de centimètres : il faudrait un tube presque deux fois plus long. Le Mi_1 est trop grave pour cet instrument.

Problème. *Note jouée tous trous bouchés* ($L_0 = 66{,}8$ cm $= 0{,}668$ m) :

$$f_0 = \frac{v}{4L_0} = \frac{350}{4 \times 0{,}668} = 131\ \text{Hz}$$

Monter d'une octave double la fréquence : $f(\text{Do}_2) = 2 \times 65{,}4 = 130{,}8$ Hz. Le tube entier joue donc un Do_2.

Du Do_2 au Fa_2. D'après le document 3, Do → Do# → Ré → Ré# → Mi → Fa : il faut monter de 5 demi-tons dans la même octave.

Longueur du tube. Chaque demi-ton laisse 94 % de la longueur précédente (facteur $0{,}94$). Pour 5 demi-tons successifs :

$$L = L_0 \times 0{,}94^5 = 66{,}8 \times 0{,}94^5 = 49{,}0\ \text{cm}$$

Contrôle. $f(\text{Mi}_2) = 2 \times 82{,}4 = 164{,}8$ Hz, d'où $L(\text{Mi}_2) = \dfrac{350}{4 \times 164{,}8} = 0{,}531$ m ; un demi-ton plus haut : $0{,}531 \times 0{,}94 = 0{,}499$ m. Les deux démarches concordent à 1 cm près. La valeur est inférieure à 66,8 cm : un trou ouvert à cette distance de l'anche convient.

Question 2 : $L = 1{,}06$ m, bien plus long qu'un hautbois. Problème : le tube doit mesurer environ **49 cm** pour jouer le Fa_2.

PIÈGE
Retrancher $5 \times 6\ \% = 30\ \%$ de la longueur. Chaque raccourcissement porte sur la longueur déjà réduite : on multiplie cinq fois par $0{,}94$, soit par $0{,}734$ et non par $0{,}70$.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs pour $1{,}06$ m, comme v et f. Pour le problème, le « 6 % » n'en a qu'un : on annonce environ 49 cm, sans chercher le millimètre.

MÉTHODE
Résolution de problème : 1) identifier la note de départ en calculant sa fréquence ; 2) compter les demi-tons jusqu'à la note visée ; 3) traduire en longueur ; 4) contrôler par un autre chemin et juger la vraisemblance.

À LA CALCULATRICE

