Spécialité : La trompette en ut

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

1 Donner la relation entre la longueur du tuyau sonore et la longueur d'onde correspondant à la note jouée.

Données utiles mode fondamental : $L = \frac{\lambda_0}{2}$ (document 1) ; la note jouée est l'harmonique de rang 2

La note jouée a la fréquence de l'harmonique de rang 2 : $f = 2f_0$, où f_0 est la fréquence du mode fondamental.

La célérité v du son est la même pour tous les modes, donc $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{v}{2f_0} = \frac{\lambda_0}{2}$.

Or, d'après le document 1, $\lambda_0 = 2L$.

$L = \lambda$: la longueur du tuyau est égale à la longueur d'onde de la note jouée.

PIÈGE

Recopier $L = \lambda_0/2$ sans aller plus loin : cette relation concerne le fondamental, que la trompette ne joue pas. La question porte sur la note jouée.

COMPRENDRE

Les ondes stationnaires dans un tuyau sonore relevaient de l'enseignement de spécialité d'avant 2021 ; elles ne figurent plus au programme actuel de spécialité de Terminale.

MÉTHODE

Vérification sur le schéma du document 1 : pour $n = 2$, on lit ventre, nœud, ventre, nœud, ventre. Deux ventres consécutifs sont distants de $\lambda/2$, donc $L = 2 \times \lambda/2 = \lambda$.

2 Montrer que la colonne d'air mesure $L = 130$ cm quand la trompette joue un do3 (aucun piston enfoncé). Problème : expliquer l'intérêt des coulisses, calculer la longueur de chacune des trois, puis expliquer l'intérêt des bagues des coulisses 1 et 3.

Données utiles $v = 340\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $L = \lambda$ (Q1) ; fréquences du document 4 ; pistons enfoncés (document 3) : si2 → 2 ; la2# → 1 ; la2 → 1 et 2 ; sol2# → 2 et 3 ; sol2 → 1 et 3 ; fa2# → 1, 2 et 3

Question 2. Pour le do3, $f = 262$ Hz (document 4). Comme $L = \lambda$ et $\lambda = \dfrac{v}{f}$:

$$L = \frac{v}{f} = \frac{340}{262} = 1{,}30\ \text{m}$$

On retrouve bien $L = 130$ cm.

Problème. Intérêt des coulisses. Puisque $f = \dfrac{v}{L}$ avec v constante, allonger la colonne d'air abaisse la fréquence. Chaque piston enfoncé ajoute la longueur de sa coulisse : la note devient plus grave. Les combinaisons de pistons donnent ainsi les six notes situées sous le do3, que les seuls modes propres du tuyau ne permettent pas d'atteindre.

Longueurs des coulisses. Pour chaque note, la colonne d'air doit mesurer $L_{\text{note}} = \dfrac{v}{f_{\text{note}}}$; on garde le millimètre dans les calculs intermédiaires : do3 : 129,8 cm ; si2 : 137,7 cm ; la2# : 145,9 cm ; la2 : 154,5 cm ; sol2# : 163,5 cm ; sol2 : 173,5 cm ; fa2# : 183,8 cm.

Coulisse 1 (piston 1 seul, la2#) : $\ell_1 = L_{\text{la2\#}} - L_{\text{do3}} = 145{,}9 - 129{,}8 = 16{,}1$ cm.

Coulisse 2 (piston 2 seul, si2) : $\ell_2 = L_{\text{si2}} - L_{\text{do3}} = 137{,}7 - 129{,}8 = 7{,}9$ cm.

Coulisse 3 : le piston 3 n'est jamais enfoncé seul. Avec le sol2# (pistons 2 et 3) : $\ell_3 = L_{\text{sol2\#}} - L_{\text{do3}} - \ell_2 = 163{,}5 - 129{,}8 - 7{,}9 = 25{,}8$ cm.

Intérêt des bagues. Avec ces longueurs, les autres combinaisons donnent une colonne d'air trop courte :

la2 (pistons 1 et 2) : $129{,}8 + 16{,}1 + 7{,}9 = 153{,}8$ cm au lieu de 154,5 cm ;

sol2 (pistons 1 et 3) : $129{,}8 + 16{,}1 + 25{,}8 = 171{,}7$ cm au lieu de 173,5 cm ;

fa2# (trois pistons) : $129{,}8 + 16{,}1 + 7{,}9 + 25{,}8 = 179{,}6$ cm au lieu de 183,8 cm. Il manque environ 4 cm : la note émise aurait pour fréquence $\dfrac{340}{1{,}796} = 189$ Hz au lieu de 185 Hz, elle serait trop aiguë.

Les bagues permettent au musicien de tirer les coulisses 1 et 3 pendant qu'il joue, donc d'ajouter les quelques centimètres manquants pour que ces notes soient justes.

$L = 1{,}30\ \text{m} = 130$ cm (valeur attendue) ; $\ell_1 \approx 16$ cm, $\ell_2 \approx 8$ cm, $\ell_3 \approx 26$ cm ; les bagues allongent les coulisses 1 et 3 pour corriger les notes trop aiguës.

PIÈGE
Calculer ℓ_3 comme $L_{\text{note}} - L_{\text{do3}}$ sans retrancher la coulisse de l'autre piston enfoncé. Lire attentivement le document 3 : un piston enfoncé est dessiné en position basse.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs pour L, comme v et f. Une différence de deux longueurs voisines perd des chiffres : $1{,}46 - 1{,}30$ ne donne que deux chiffres. D'où le millimètre gardé en cours de calcul et les résultats arrondis au centimètre.

COMPRENDRE
On peut aussi déduire ℓ_3 du sol2 (pistons 1 et 3) : $173{,}5 - 129{,}8 - 16{,}1 = 27{,}6$ cm, soit 27 à 28 cm selon les arrondis. Les deux démarches sont recevables ; leur désaccord annonce justement le rôle des bagues.

À LA CALCULATRICE

