

TS4 - Physique-Chimie - Spécialité
Devoir en classe n°7 - Durée : 1h
Proposition de correction

CLARINETTISTE VOYAGEUR...

1. Accord de la clarinette de Florent

- 1.1.** Seul l'enregistrement **b** peut correspondre à celui de la clarinette car les instruments de musique produisent des sons complexes (périodiques mais non sinusoïdaux). L'enregistrement **a** correspond quant à lui à un son pur (signal périodique mais sinusoïdal).
- 1.2.** Sur l'enregistrement **b**, on mesure $N = 11$ périodes sur une durée de $\Delta t = 24,4$ ms. On en déduit que $T = \frac{\Delta t}{N}$ et que $f = \frac{N}{\Delta t} = \frac{11}{24,4 \cdot 10^{-3}} = 451$ Hz. Pour un orchestre français, si la clarinette était accordée, on devrait avoir une fréquence de 442 Hz. On en déduit que la clarinette n'est pas accordée.
- 2.** Lorsque la clarinette est accordée pour la France, elle produit un son de fréquence $f_F = 442$ Hz. Or un son a même fréquence que son fondamental d'où, d'après le **document 4** avec $n = 1$, $f_F = \frac{v}{4L_F}$. On en déduit que $L_F = \frac{v}{4f_F} = \frac{340}{4 \times 442} = 1,92 \cdot 10^{-1}$ m = 19,2 cm (il s'agit de la longueur de la colonne d'air modélisant la clarinette accordée en France).
- 3.** Aux États-Unis, la fréquence d'accord est légèrement plus faible qu'en France. D'après la relation précédente, $L = \frac{v}{4f}$, si la fréquence doit être légèrement diminuée, il faudra que Florent augmente légèrement la longueur de sa clarinette en emboîtant moins profondément les éléments qui la constituent. On a notamment la longueur pour la clarinette accordée pour les États-Unis :

$$L_{USA} = \frac{v}{4f_{USA}} = \frac{340}{4 \times 440} = 1,93 \cdot 10^{-1}$$
 m = 19,3 cm
D'autre part, la longueur de la clarinette de Florent non accordée est :

$$L = \frac{v}{4f} = \frac{340}{4 \times 451} = 1,88 \cdot 10^{-1}$$
 m = 18,8 cm
Florent devra donc rallonger sa clarinette de 5 mm.
- 4.** Exprimons, en fonction de la fréquence f_1 du fondamental, les fréquences des premiers harmoniques de la colonne d'air modélisant la clarinette :
Fondamental : $f_1 = (2 \times 1 - 1) \frac{v}{4L} = \frac{v}{4L}$ – Harmonique de rang 2 : $f_2 = (2 \times 2 - 1) \frac{v}{4L} = 3 \times \frac{v}{4L} = 3f_1$
Harmonique de rang 3 : $f_3 = 5 \times \frac{v}{4L} = 5f_1$ – Harmonique de rang 4 : $f_4 = 7 \times \frac{v}{4L} = 7f_1 \quad \dots / \dots$
On peut donc voir que, selon le modèle choisi, les harmoniques ont des fréquences multiples impairs de la fréquence du fondamental, ce qui est bel et bien en accord avec l'affirmation de l'article lu par Florent.

5. Synthèse argumentées du luthier :

L'utilisation du matériau composite (à base de poudre d'ébène, de fibre de carbone et de résine) augmente sensiblement la dureté du matériau (d'environ 60%) ce qui confère à l'instrument une meilleure résistance aux contraintes mécaniques (chocs au cours des transports notamment). En outre, le matériau composite craint beaucoup moins les variations de température et d'hygrométrie, limitant considérablement les risques de fissures (notamment si l'instrument voyage en soute). Pour autant, toutes les propriétés acoustiques d'un instrument en ébène massif sont conservées.

En outre, l'utilisation de la poudre d'ébène réduit le prix de l'instrument, ce dernier étant réalisé à partir des chutes de bois, ce qui permet également une utilisation optimisée de la ressource en ébène dont l'exploitation fait l'objet de conditions de travail pénibles et de trafic illégal dans les régions de production.

N.B. : on peut aussi imaginer que le poids de l'instrument en matériau composite sera moindre, sa densité étant probablement plus faible que celle de l'ébène massif. Cela facilitera le transport de l'instrument.