Spécialité : Attention à vos oreilles

Bac S 2009 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Dans la flûte à bec, quel est le rôle du biseau ?

Le biseau joue le rôle d'**excitateur** : le filet d'air soufflé vient se briser sur son arête et se met à osciller de part et d'autre.

Le biseau crée la vibration qui met en mouvement la colonne d'air du tuyau ; le tuyau, lui, sert de résonateur.

COMPRENDRE
Tout instrument associe un excitateur, qui produit la vibration, et un résonateur, qui sélectionne certaines fréquences et les rayonne. Cette description des instruments ne figure plus au programme actuel de spécialité.

1.2 Comment nomme-t-on les états vibratoires correspondant aux différentes excitations de la colonne d'air, sa longueur étant fixée ?

Ce sont les **modes propres de vibration** de la colonne d'air : le mode fondamental et les modes harmoniques.

COMPRENDRE
Pour une longueur donnée, la colonne d'air ne peut vibrer qu'à certaines fréquences, toutes multiples de la plus basse : elles sont quantifiées.

1.3 Quelle grandeur physique caractéristique de l'onde sonore est déterminée par la longueur de la colonne d'air excitée ?

La longueur de la colonne d'air fixe la **fréquence** du mode fondamental, donc la fréquence du son émis (sa hauteur).

COMPRENDRE
Plus la colonne d'air est courte, plus la fréquence est élevée : en débouchant des trous, le musicien raccourcit la colonne et joue une note plus aiguë.

2.1 Expliquer la démarche suivie pour obtenir, à partir de la figure 8, la fréquence $f = 8{,}8 \times 10^2$ Hz avec la plus grande précision possible.

Données utiles figure 8 : 8 périodes entre deux minimums lus à $t_1 = 1{,}0$ ms et $t_2 = 10{,}1$ ms

On mesure la durée Δt du plus grand nombre n de périodes visibles sur l'enregistrement, puis on en déduit la période $T = \dfrac{\Delta t}{n}$ et la fréquence :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{n}{\Delta t}$$

Entre le minimum situé à 1,0 ms et celui situé à 10,1 ms, on compte $n = 8$ périodes : $\Delta t = 10{,}1 - 1{,}0 = 9{,}1$ ms.

$$f = \frac{8}{9{,}1 \times 10^{-3}} = 8{,}8 \times 10^2 \text{ Hz}$$

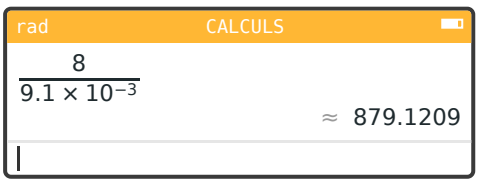
$f = \dfrac{n}{\Delta t} = 8{,}8 \times 10^2$ Hz : on retrouve la valeur annoncée.

PIÈGE
Oublier de convertir les millisecondes en secondes, ou compter les minimums (9) au lieu des intervalles entre eux (8).

COMPRENDRE
La durée lue, $9{,}1$ ms, a deux chiffres significatifs : la fréquence en garde deux. Le nombre de périodes, lui, est un entier exact.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs périodes divise par n l'erreur de lecture sur le graphique. Repérer des points nets du signal (minimums, maximums) plutôt que les passages par zéro.

À LA CALCULATRICE



2.2 Cette fréquence étant celle du mode fondamental, quelles sont les fréquences des harmoniques de rangs 2 et 3 ?

Données utiles $f = 8{,}8 \times 10^2$ Hz

La fréquence de l'harmonique de rang n est un multiple entier de celle du fondamental : $f_n = n\,f$.

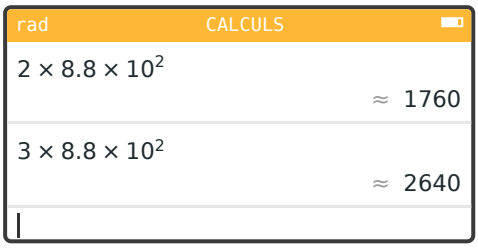
$f_2 = 2 \times 8{,}8 \times 10^2 = 1{,}8 \times 10^3$ Hz

$f_3 = 3 \times 8{,}8 \times 10^2 = 2{,}6 \times 10^3$ Hz

$f_2 = 1{,}8 \times 10^3$ Hz et $f_3 = 2{,}6 \times 10^3$ Hz

COMPRENDRE
Ces valeurs se retrouvent sur le spectre de la figure 10 : trois pics, vers $0{,}9$; $1{,}8$ et $2{,}6$ kHz. Harmoniques, hauteur et timbre ne sont plus au programme actuel de spécialité.

À LA CALCULATRICE



3.1 L'atténuation ne doit pas dépasser 25 dBA pour que le musicien entende suffisamment. Indiquer pour chaque bouchon si ce critère est respecté.

Données utiles figure 9 : courbes d'atténuation des deux bouchons entre 125 Hz et 8000 Hz

Bouchon en mousse : l'atténuation part de 25 dBA à 125 Hz puis augmente jusqu'à environ 42 dBA à 8000 Hz. Elle dépasse 25 dBA sur presque tout le domaine de fréquences.

Bouchon moulé : l'atténuation reste comprise entre 20 dBA et 25 dBA environ, quelle que soit la fréquence.

Le critère est respecté par le bouchon moulé, pas par le bouchon en mousse.

PIÈGE
Répondre sans valeurs lues sur la figure. Une réponse justifiée cite les atténuations extrêmes de chaque courbe et les compare au seuil de 25 dBA.

3.2 Indiquer si un bouchon en mousse atténue davantage les sons aigus ou les sons graves, puis commenter la phrase : « Ils restituent un son sourd ».

Données utiles figure 9, courbe du bouchon en mousse : environ 25 dBA à 125 Hz, 32 dBA à 500 Hz, 42 dBA à 8000 Hz

L'atténuation du bouchon en mousse augmente avec la fréquence : environ 25 dBA à 125 Hz contre 42 dBA à 8000 Hz. Les sons de fréquence élevée, c'est-à-dire les sons aigus, sont donc les plus atténués.

Le son qui traverse le bouchon est appauvri en aigus alors que les graves passent mieux : il paraît étouffé, ce que traduit l'adjectif « sourd ».

Le bouchon en mousse atténue davantage les sons aigus ; le son restitué, dominé par les graves, est sourd.

COMPRENDRE
Un son aigu a une fréquence élevée, un son grave une fréquence basse. L'axe des fréquences de la figure 9 n'est pas linéaire : la fréquence double à chaque graduation.

4.1 En justifiant, indiquer si le port du bouchon en mousse modifie la hauteur du son, puis son timbre. Même question pour le bouchon moulé en silicone.

Données utiles figures 10, 11 et 12 : fondamental à 0,88 kHz d'amplitude relative 1 ; harmoniques de rangs 2 et 3 d'amplitudes environ 0,30 et 0,08 (flûte), 0,04 et 0,01 (mousse), 0,28 et 0,07 (moulé)

La hauteur d'un son est liée à la fréquence de son fondamental ; son timbre dépend du nombre d'harmoniques et de leurs amplitudes relatives.

Bouchon en mousse (figures 10 et 11) : le fondamental reste à 0,88 kHz, la hauteur n'est pas modifiée. En revanche, les harmoniques de rangs 2 et 3 ont presque disparu (amplitudes relatives 0,04 et 0,01 au lieu de 0,30 et 0,08) : le timbre est modifié.

Bouchon moulé (figures 10 et 12) : le fondamental est toujours à 0,88 kHz et les harmoniques gardent pratiquement les mêmes amplitudes relatives (0,28 et 0,07). Les deux spectres sont quasiment identiques : ni la hauteur ni le timbre ne sont modifiés.

Mousse : hauteur conservée, timbre modifié. Moulé : hauteur et timbre conservés.

PIÈGE
Déduire de ces spectres que le bouchon n'atténue pas le fondamental. Les amplitudes sont relatives : chaque spectre est rapporté à son propre pic le plus haut, on ne peut comparer que les proportions entre pics.

COMPRENDRE
Ce résultat s'accorde avec la figure 9 : la mousse atténue plus fortement les harmoniques, de fréquences plus élevées que le fondamental ; le bouchon moulé atténue toutes les fréquences à peu près de la même façon.

4.2 Commenter la phrase du texte introductif : « Ils (les bouchons moulés) conservent la qualité du son ».

Un son musical est caractérisé, en dehors de son niveau sonore, par sa hauteur et par son timbre. D'après la question 4.1, le bouchon moulé ne change ni l'une ni l'autre : le son est seulement moins fort.

La phrase est justifiée : le son de la flûte est atténué mais garde sa hauteur et son timbre, il n'est pas déformé.

5.1 Calculer le niveau sonore auquel correspond l'intensité sonore I reçue par le batteur.

Données utiles $I = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$

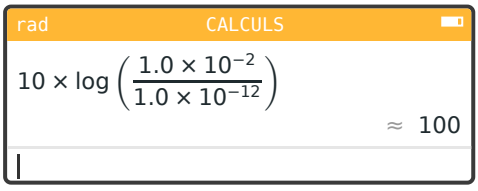
$$L = 10\ \log \frac{I}{I_0} = 10\ \log \frac{1{,}0 \times 10^{-2}}{1{,}0 \times 10^{-12}} = 10\ \log\left(1{,}0 \times 10^{10}\right)$$

$L = 1{,}0 \times 10^{2}$ dBA, soit 100 dBA

PIÈGE
Utiliser la touche ln au lieu de log : le niveau sonore se calcule avec le logarithme décimal.

COMPRENDRE
Ce niveau dépasse de 15 dBA le seuil de nocivité de 85 dBA : sans protection, l'audition du batteur est en danger.

À LA CALCULATRICE



5.2 Le batteur porte des bouchons moulés en silicone. À l'aide de la figure 9, préciser si ses facultés auditives peuvent être altérées au cours du concert.

Données utiles $L = 100$ dBA (5.1) ; atténuation du bouchon moulé : entre 20 et 25 dBA (figure 9) ; seuil de nocivité : 85 dBA

Le niveau sonore perçu est le niveau reçu diminué de l'atténuation A du bouchon : $L' = L - A$.

Pour le bouchon moulé, A est comprise entre 20 dBA et 25 dBA selon la fréquence, donc :

$L'_{\text{max}} = 100 - 20 = 80$ dBA et $L'_{\text{min}} = 100 - 25 = 75$ dBA

Le batteur perçoit entre 75 et 80 dBA, niveau inférieur à 85 dBA : ses facultés auditives ne sont pas menacées.

PIÈGE

Diviser l'intensité ou le niveau par l'atténuation. Une atténuation en dBA se soustrait au niveau sonore ; elle ne s'applique pas à l'intensité en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

À LA CALCULATRICE

