

# EXERCICES SUR LES SONS

## EXERCICE 1 : Une cérémonie d'ouverture tout en décibels... Port de bouchons d'oreilles conseillé !

### 1. Comportement acoustique des bouchons en mousse et des bouchons moulés.

#### Document 1 : Nos oreilles sont fragiles

Une trop grande intensité sonore peut endommager nos oreilles de façon irréversible.

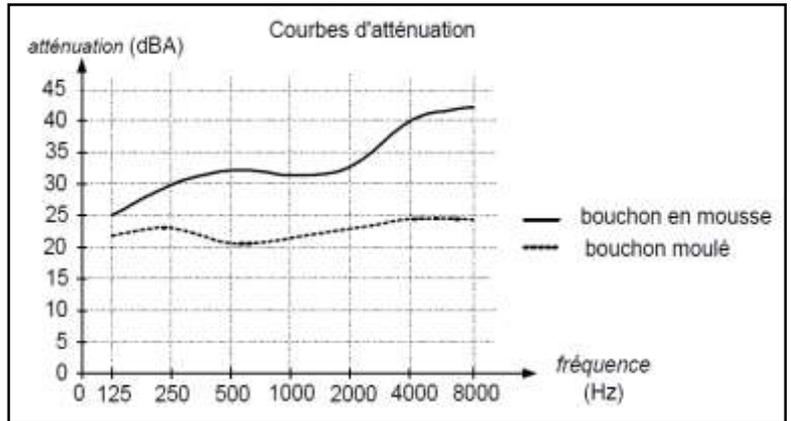
Pour prévenir ce risque, il existe des protections auditives de natures différentes selon leur type d'utilisation.

On peut distinguer, par exemple, deux catégories de bouchons d'oreilles :

- Les bouchons en mousse (ou les boules en cire), à usage domestique.
- Les bouchons moulés en silicone, utilisés par les musiciens. Ils conservent la qualité du son.

#### Document 2 : Document publicitaire

Sur un document publicitaire, un fabricant fournit les courbes d'atténuation correspondant aux deux types de bouchons (document ci-contre). On représente ainsi la diminution du niveau sonore due au bouchon en fonction de la fréquence de l'onde qui le traverse. On remarquera que plus l'atténuation est grande plus l'intensité sonore est faible.



#### Document 3 : Niveau sonore

On donne l'expression du niveau sonore  $L$  (exprimé en décibels acoustiques dB) associé à une onde sonore d'intensité  $I$  :  $L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$  où  $I_0$  représente l'intensité sonore de référence égale à  $1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Une exposition prolongée à 85 dB est nocive pour l'oreille humaine.

Une pratique musicale régulière d'instruments tels que la batterie ou la guitare électrique nécessite une atténuation du niveau sonore. Cependant, cette atténuation ne doit pas être trop importante afin que le musicien entende suffisamment ; elle ne doit donc pas dépasser 25 dB.

On s'intéresse à la qualité du son perçu par un auditeur ou un musicien muni de protections auditives.

1.1. Quel type de bouchon, en mousse ou moulé, est le mieux adapté à une pratique musicale régulière ? Justifier.

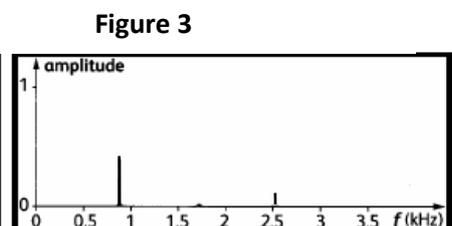
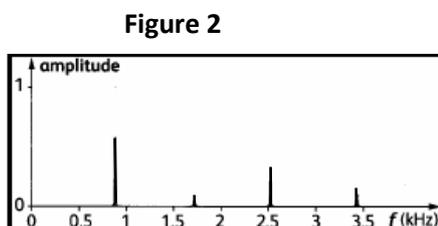
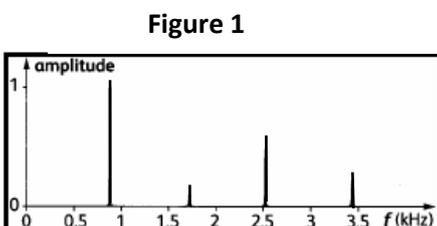
1.2. En utilisant la courbe d'atténuation, indiquer si un bouchon en mousse atténue davantage les sons aigus ou les sons graves. Justifier.

Un dispositif adapté permet d'enregistrer le son émis par une flûte et ceux restitués par les deux types de bouchons lorsqu'un musicien joue la note  $la_4$ . Les spectres en fréquence de ces sons sont représentés :

Figure 1 : spectre du  $la_4$  émis par la flûte

Figure 2 : spectre du  $la_4$  restitué après passage par un bouchon moulé en silicone

Figure 3 : spectre du  $la_4$  restitué après passage par un bouchon en mousse



1.3. Le son produit par une flûte peut-il être qualifié de complexe ou de pur ? Justifier.

1.4. Le port de bouchon en mousse modifie-t-il la hauteur du son ? le timbre du son ? Justifier.  
Même question pour le bouchon moulé en silicone.

1.5. Commenter la phrase du texte introductif : "Ils (les bouchons moulés) conservent la qualité du son".

## 2. Rock'N Russe à la cérémonie d'ouverture:

Lors de la cérémonie d'ouverture des JO de Sotchi, le batteur du groupe LUBE a été soumis en moyenne à une intensité sonore  $I = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

2.1. Calculer le niveau sonore auquel correspond l'intensité sonore  $I$ .

2.2. Le batteur est porteur de bouchons moulés en silicone correspondant au document publicitaire.  
Préciser si ses facultés auditives peuvent être altérées au cours du concert.

### 1. Comportement acoustique des bouchons en mousse et des bouchons moulés.

1.1. Pour une pratique régulière de la musique  $L < 25 \text{ dB}$  d'après le document 3

D'après le graphique du document 2, l'atténuation est inférieure à 25 dB dans le cas de port de bouchons moulés et pas pour celui en mousse.

Seul le bouchon moulé respecte le critère de l'atténuation inférieure à 25 dB.

1.2. L'atténuation due aux bouchons en mousse augmente lorsque la fréquence augmente.

Les sons graves correspondent aux basses fréquences et les sons aigus aux hautes fréquences.

L'atténuation est donc d'autant plus élevée que le son est aigu et d'autant plus faible que le son est grave

1.3. Le spectre du son comporte plusieurs harmoniques c'est donc un son complexe.

1.4. La hauteur du son est conservée par les deux types de bouchons puisque la fréquence du fondamental reste inchangée.

La composition spectrale du son correspond au timbre, le port de bouchons en mousse le modifie (disparition de certaines harmoniques) contrairement à celui des bouchons moulés en silicone.

1.5. Le port de bouchons moulés n'altère ni le timbre ni la hauteur d'un son. Ils atténuent juste le niveau sonore. On peut effectivement dire qu'ils conservent les qualités du son.

### 2. Et pendant un concert de rock ?

2.1.

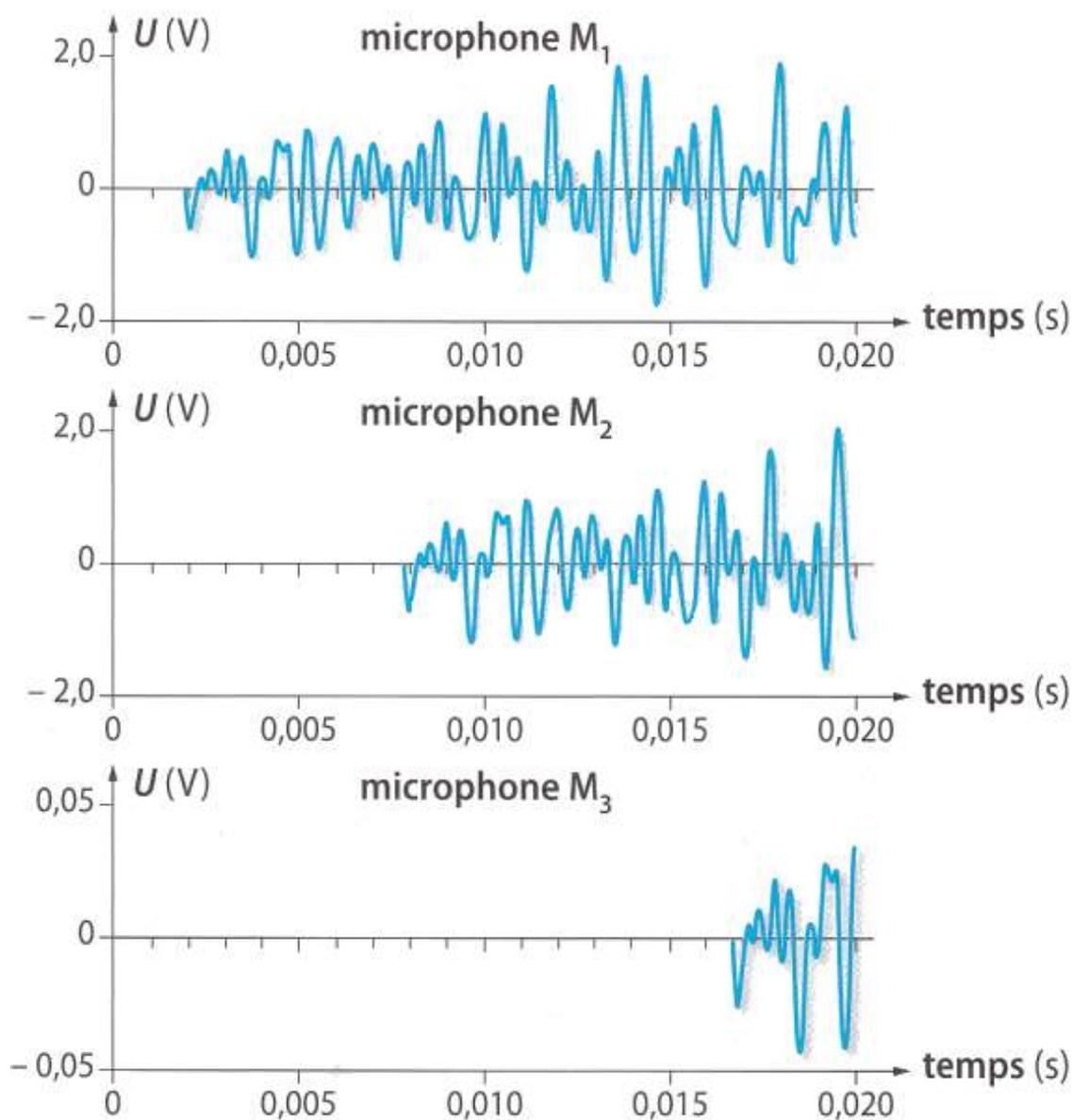
$$L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 10 \times \log\left(\frac{1,0 \cdot 10^{-2}}{1,0 \cdot 10^{-12}}\right) = 10 \times \log(1,0 \cdot 10^{10}) = 10 \times 10 = 1,0 \cdot 10^2 \text{ dB}$$

2.2. D'après la figure 2, l'atténuation du bouchon en silicone varie entre 20 dB et 25 dB.

Le batteur est donc soumis à un niveau sonore compris entre 75dB(=100-25) et 80dB(=100-20), soit en dessous du seuil de nocivité de 85 dB. Ses facultés auditives ne sont pas altérées au cours du concert.

## EXERCICE 2 : LE SON : CARACTERISTIQUES ET NIVEAU SONORE

- L'objectif de cet exercice est de déterminer la vitesse du son fourni par une flûte et de comparer le comportement acoustique des bouchons en mousse et des bouchons moulés, lorsque l'auditeur qui les porte écoute le son émis.
1. Déterminer la célérité de l'onde sonore
    - Pour déterminer la célérité de l'onde sonore un élève aligne trois microphones  $M_1$ ,  $M_2$  et  $M_3$  de telle manière que les distances  $M_1M_2$  et  $M_2M_3$  valent respectivement 2,00 m et 3,00 m. Les signaux électriques correspondant aux sons reçus par les microphones sont enregistrés grâce à un ordinateur. Il souffle dans une flûte devant le premier micro  $M_1$ , puis lance immédiatement l'enregistrement.
    - 1.1. Définir une onde mécanique.
    - 1.2. Comment peut-on déterminer la célérité de l'onde sonore à l'aide des courbes obtenues ?
    - 1.3. Effectuer le calcul de la célérité de l'onde sonore pour la distance  $M_1M_2$  puis pour la distance  $M_2M_3$ .  
Faire apparaître vos mesures sur la figure 1.
    - 1.4. Les résultats obtenus sont-ils cohérents ?



**Figure 1**

## 2. Attention à vos oreilles

Nos oreilles sont fragiles. Une trop grande intensité sonore peut les endommager de façon irréversible. Pour prévenir ce risque, il existe des protections auditives de natures différentes selon leur type d'utilisation.

On peut distinguer, par exemple, deux catégories de bouchons d'oreilles :

- *Les bouchons en mousse (ou les boules en cire), à usage domestique. Ce sont largement les plus courants. Ils sont généralement jetables, de faible coût et permettent de s'isoler du bruit. Ils restituent un son sourd et fortement atténué.*
- *Les bouchons moulés en silicone, utilisés par les musiciens. Ils sont fabriqués sur mesure et nécessitent la prise d'empreinte du conduit auditif. Ils sont lavables à l'eau et se conservent plusieurs années. Ils conservent la qualité du son. Leur prix est relativement élevé.*

- L'objectif de cette partie est de comparer le comportement acoustique des bouchons en mousse et des bouchons moulés, lorsque l'auditeur qui les porte écoute le son émis par une flûte à bec.

### 2.1. Définitions sur les ondes

2.1.1 Définir en une phrase la longueur d'onde  $\lambda$ .

2.1.2 Ecrire la relation entre la longueur d'onde  $\lambda$ , la célérité  $v$  et la période  $T$  d'une onde périodique..

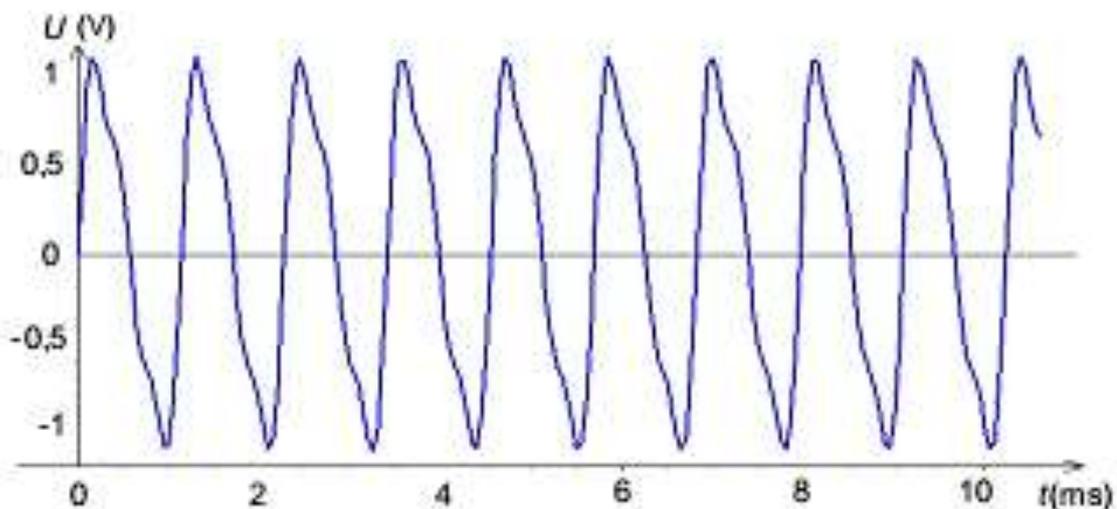
2.1.3 Définir le timbre et la hauteur d'un son

### 2.2. Analyse de la note $la_4$ d'une flûte à bec

- Le musicien joue la note  $la_4$ . À l'aide d'un système d'acquisition, on enregistre le son émis par la flûte. On obtient l'enregistrement du signal électrique correspondant (figure 2).

2.2.1 En utilisant la figure 2, on a déterminé la fréquence du son émis :  $f = 8,8 \times 10^2$  Hz.

Expliquer la démarche suivie pour obtenir cette valeur avec la plus grande précision possible en complétant la figure 2.



**Figure 2**

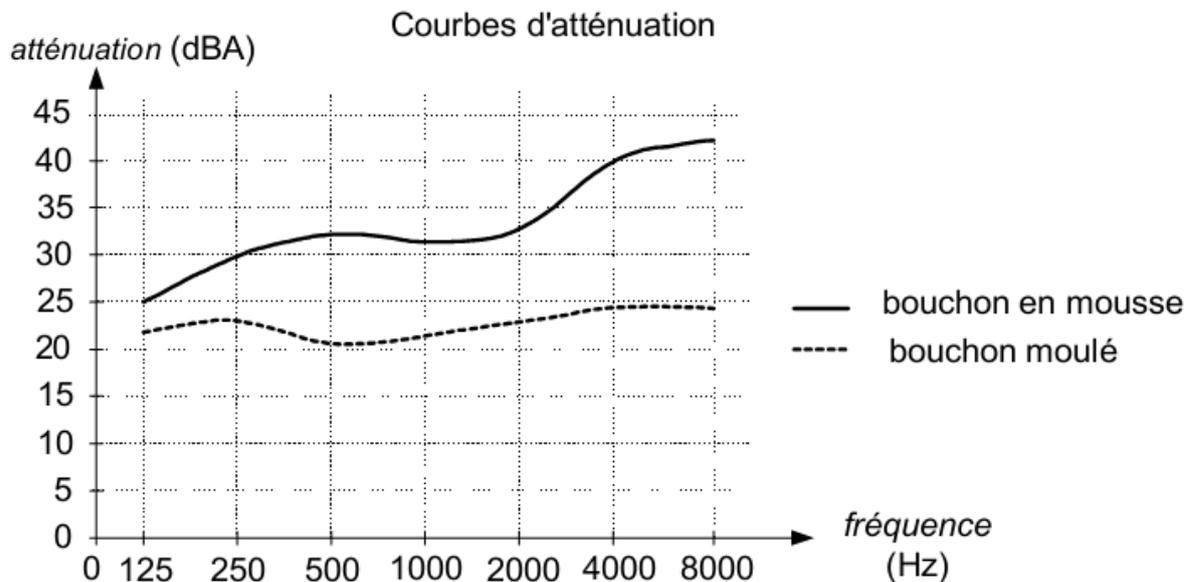
2.2.2 Cette fréquence étant celle du mode fondamental, quelles sont les fréquences des harmoniques de rangs 2 et 3 ?

2.2.3 Le son de la flûte est-il un son pur ? Justifier.

### 2.3. Comparaison de la qualité acoustique d'un bouchon en mousse et d'un bouchon moulé en silicone à partir d'un document publicitaire

- On s'intéresse ici à la qualité du son perçu par un auditeur muni de protections auditives.

- Sur un document publicitaire, un fabricant fournit les courbes d'atténuation correspondant aux deux types de bouchons (**figure 3**). On représente ainsi la diminution du niveau sonore due au bouchon en fonction de la fréquence de l'onde qui le traverse.
- On remarquera que plus l'atténuation est grande plus l'intensité sonore est faible.



**Figure 3**

**2.3.1** Une pratique musicale régulière d'instruments tels que la batterie ou la guitare électrique nécessite une atténuation du niveau sonore. Cependant, cette atténuation ne doit pas être trop importante afin que le musicien entende suffisamment ; elle ne doit donc pas dépasser 25 dBA. En vous servant de la figure 3, indiquer pour chaque bouchon si le critère précédent a été respecté.

- En utilisant la courbe d'atténuation (figure 3), indiquer si un bouchon en mousse atténue davantage les sons aigus ou les sons graves. Commenter la phrase du texte introductif : "Ils (les bouchons en mousse) restituent un son sourd".

**2.4. Comparaison de la qualité acoustique d'un bouchon en mousse et d'un bouchon moulé en silicone à partir d'une expérience**

- Un dispositif adapté permet d'enregistrer le son émis par la flûte et ceux restitués par les deux types de bouchons lorsqu'un musicien joue la note  $la_4$ . Les spectres en fréquence de ces sons sont représentés figure 4, figure 5 et figure 6.

**2.4.1** En justifiant, indiquer si le port de bouchon en mousse modifie :

- la hauteur du son ?
- le timbre du son ?

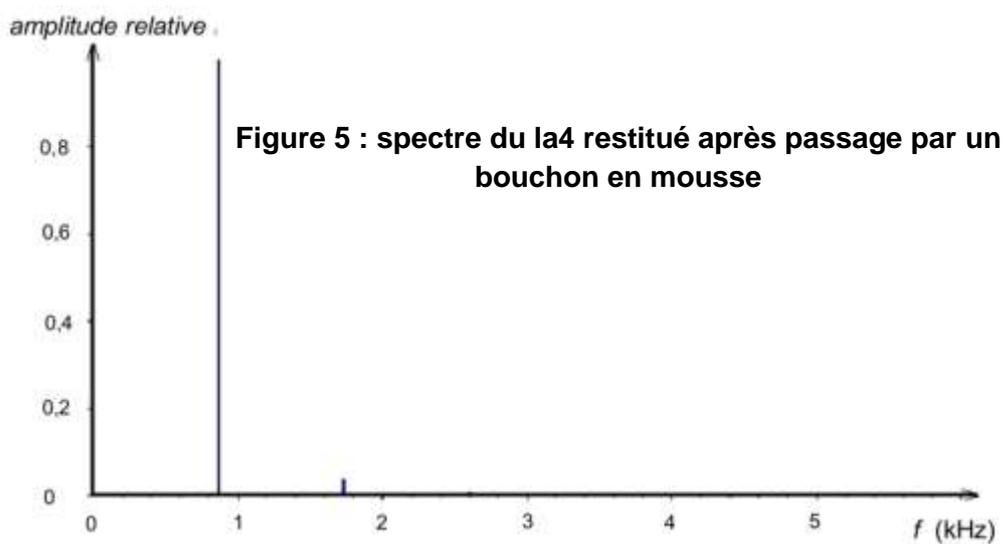
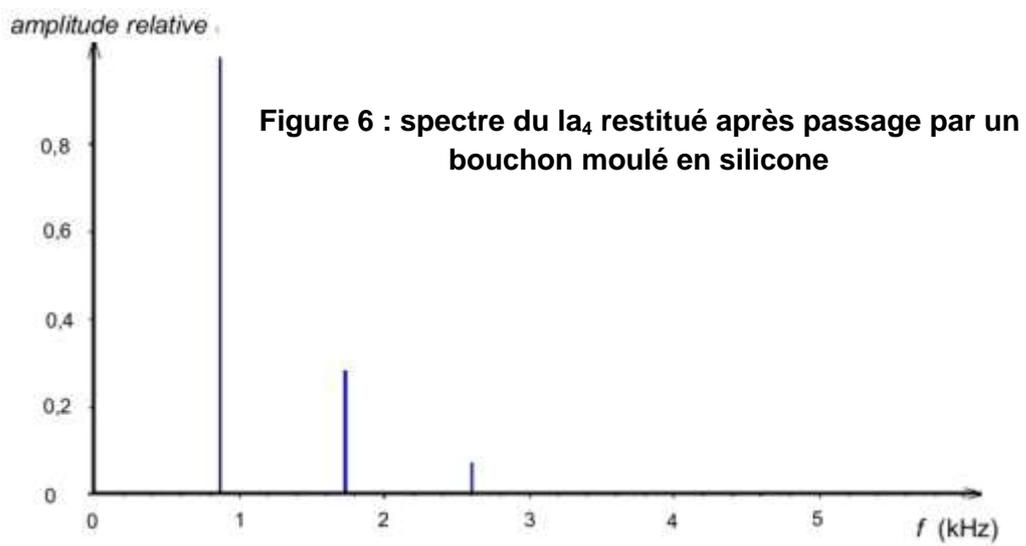
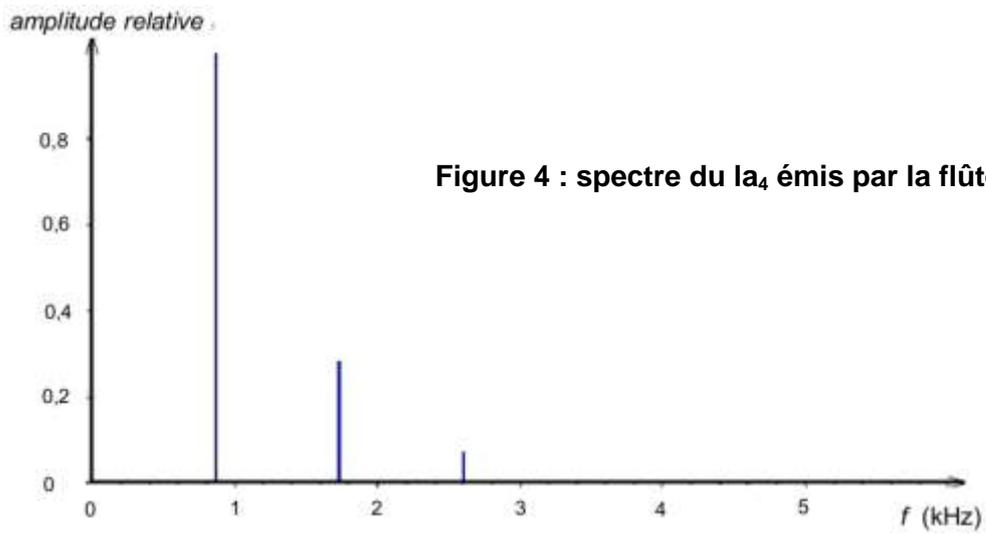
Même question pour le bouchon moulé en silicone.

**2.4.2** Commenter la phrase du texte introductif : "Ils (les bouchons moulés) conservent la qualité du son".

**2.5.** Une exposition prolongée à 85 dBA est nocive pour l'oreille humaine. Durant un concert de rock, un batteur est soumis en moyenne à une intensité sonore  $I = 1,0 \times 10^{-2} \text{ W.m}^{-2}$ .

**2.5.1** Calculer le niveau sonore auquel correspond l'intensité sonore  $I$ .

**2.5.2** Le batteur est porteur de bouchons moulés en silicone correspondant au document publicitaire. En vous aidant de la figure 3 et de la question 5.1., préciser si ses facultés auditives peuvent être altérées au cours du concert ?



## LE SON : CARACTERISTIQUES ET NIVEAU SONORE

- 1.1. On appelle onde mécanique progressive le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel sans transport de matière.
- 1.2. À l'aide des courbes obtenues, on peut mesurer la célérité de l'onde sonore en connaissant la distance parcourue par l'onde (on connaît la distance entre les microphones) et la durée mise par l'onde pour parcourir cette distance (on peut déterminer ce retard sur les enregistrements).
- 1.3. Pour la distance  $M_1M_2$  :  $v_A = \frac{M_1M_2}{t_A} = \frac{2,00}{(0,008 - 0,002)} = 330 \text{ m.s}^{-1}$ .  
Pour la distance  $M_2M_3$  :  $v_B = \frac{M_2M_3}{t_B} = \frac{3,00}{(0,017 - 0,008)} = 330 \text{ m.s}^{-1}$ .
- 1.4. Les résultats obtenus sont cohérents. On a  $v_A = v_B$

2.1.1. La longueur d'onde  $\lambda$  est la distance parcourue par l'onde pendant une période  $T$ .  
OU la longueur d'onde  $\lambda$  est la distance minimale séparant deux points en phase.

2.1.2.  $\lambda = v \times T$

2.1.3. Le timbre d'un son dépend de la forme du signal. La hauteur d'un son dépend de sa fréquence fondamentale

2.2.1. On détermine la durée  $\Delta t$  de  $n$  périodes (avec  $n$  le plus grand possible), ainsi on peut exprimer la période  $T = \frac{\Delta t}{n}$  puis la fréquence  $f = \frac{1}{T} = \frac{n}{\Delta t}$ . On prend 8 périodes  $f = \frac{8}{(10,1-1,0) \times 10^{-3}} = 8,8 \times 10^2 \text{ Hz}$

2.2.2. Harmonique de rang 2 :  $f_2 = 2 \times f$ , soit  $f_2 = 17,6 \times 10^2 \text{ Hz}$ , on ne conserve que deux chiffres significatifs alors  $f_2 \approx 1,8 \times 10^3 \text{ Hz}$ . Harmonique de rang 3 :  $f_3 = 3 \times f$  soit  $f_3 = 26,4 \times 10^2 \text{ Hz} \approx 2,6 \times 10^3 \text{ Hz}$ .

2.2.3. Le son de la flûte a des harmoniques c'est donc un son complexe.

2.3.1. Seul le bouchon moulé respecte le critère de l'atténuation inférieure à 25 dBA. Pour le bouchon en mousse l'atténuation est plus grande pour les sons de fréquence supérieure à 2000 Hz, celui-ci atténue davantage les sons aigus. Ce bouchon laisse mieux passer les sons graves donnant la sensation d'un son sourd.

2.4.1. Le bouchon en mousse ne modifie pas la fréquence du fondamental, ainsi la hauteur n'est pas modifiée. Par contre, il modifie le timbre car le spectre en fréquence (figure 5) est différent de celui de la flûte seule (figure 4).  
Le bouchon en silicone, ne modifie pas le timbre, ni la hauteur du son. En effet les spectres en fréquence des figures 4 et 6 sont identiques.

2.4.2. La qualité du son est caractérisée par la hauteur et le timbre. Ces deux caractéristiques n'étant pas altérées, la qualité du son est conservée.

2.5.1.  $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 10 \log\left(\frac{1,0 \times 10^{-2}}{1,0 \times 10^{-12}}\right) = 1,0 \times 10^2 \text{ dBA} = 100 \text{ dBA}$

2.5.2. D'après la figure 3, l'atténuation du bouchon en silicone varie entre 20 dBA et 25 dBA. Le batteur est alors soumis à un niveau sonore compris entre 75 et 80 dBA, soit en dessous du seuil de nocivité de 85 dBA. Ses facultés auditives ne sont pas altérées au cours du concert.