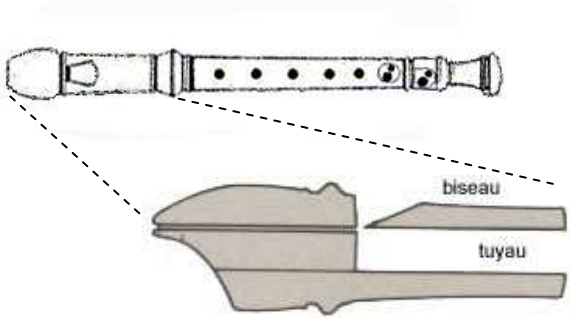
EXERCICE III. ATTENTION À VOS OREILLES (4 points)
Métropole 09/2009

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 l'exercice 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.

1. Le son émis par une flûte à bec

Une flûte à bec est constituée d'un tuyau et d'un bec dans lequel on souffle. L'air ainsi mis en mouvement est alors dirigé contre un biseau. Une partie de l'air est récupérée par le tuyau, l'autre est rejetée vers l'extérieur.



d'après un site Internet

Figure 7 : vue de dessus d'une flûte à bec et coupe transversale de son embouchure

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

Le musicien, en soufflant dans son instrument peut jouer différentes notes en bouchant ou débouchant des trous répartis le long du tuyau. La longueur de la colonne d'air excitée est ainsi modifiée.

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

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

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 8).***

2.1. *En utilisant la* ***figure 8****, 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.

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

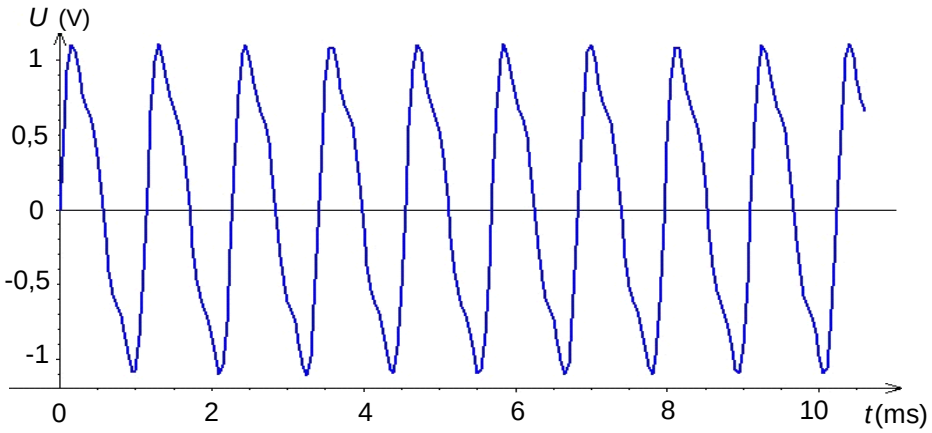


Figure 8

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.
On donne l'expression du niveau sonore L (exprimé en décibels acoustiques dBA) associé à une onde sonore d'intensité I : $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$

où I_0 représente l'intensité sonore de référence égale à $1{,}0 \times 10^{-12}$ W.m^{-2}.

*Sur un document publicitaire, un fabricant fournit les courbes d'atténuation correspondant aux deux types de bouchons (****figure 9****). 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.

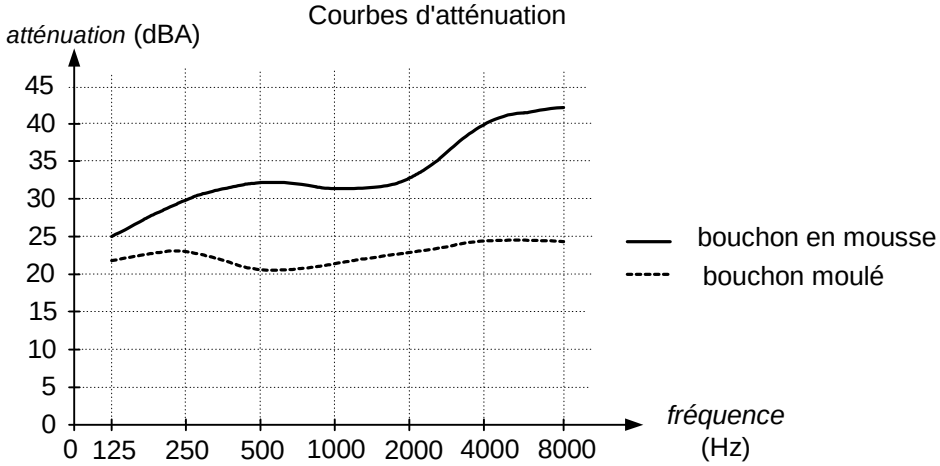


Figure 9

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.*
Indiquer pour chaque bouchon si le critère précédent a été respecté.

3.2. En utilisant la courbe d'atténuation (**figure 9**), 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".*

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 10**, **figure 11** et **figure 12**.*

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.

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

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 $I = 1{,}0 \times 10^{-2}$ $W.m^{-2}$.*

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

5.2. Le batteur est porteur de bouchons moulés en silicone correspondant au document publicitaire. En vous aidant de la **figure 9**, préciser si ses facultés auditives peuvent être altérées au cours du concert ?

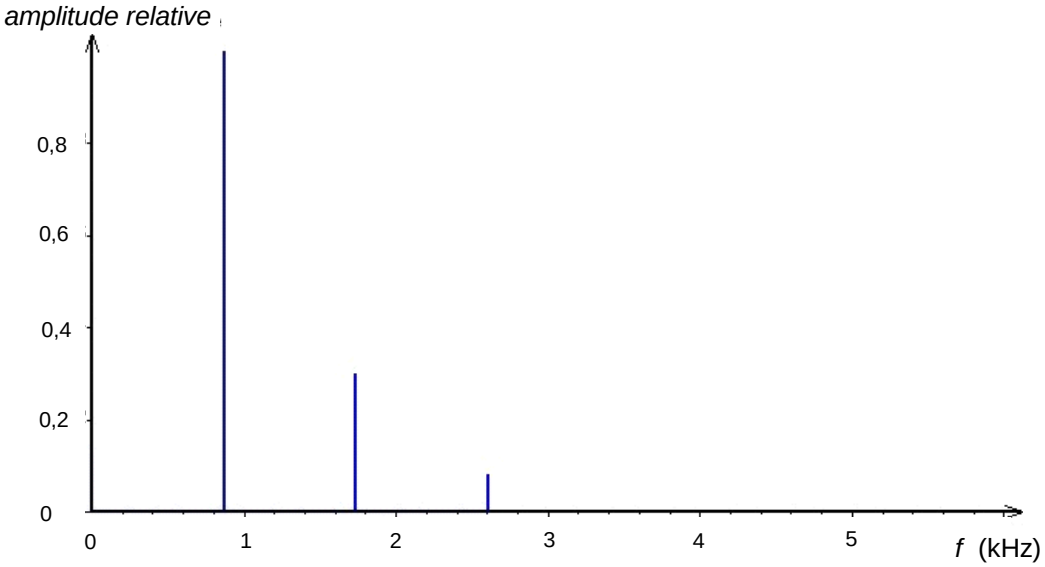


Figure 10 : spectre du la_4 émis par la flûte

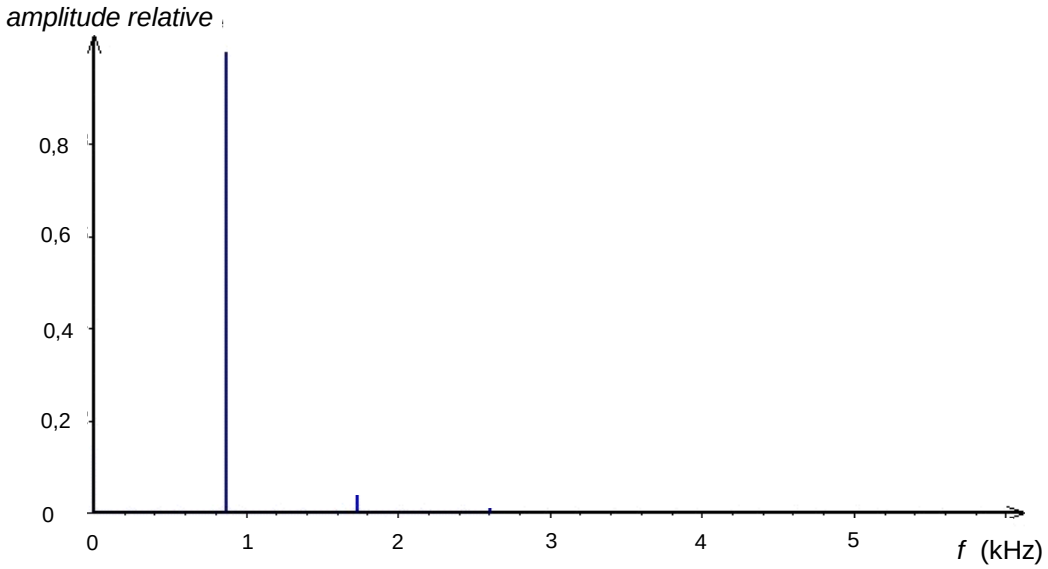


Figure 11 : spectre du la_4 restitué après passage par un bouchon en mousse

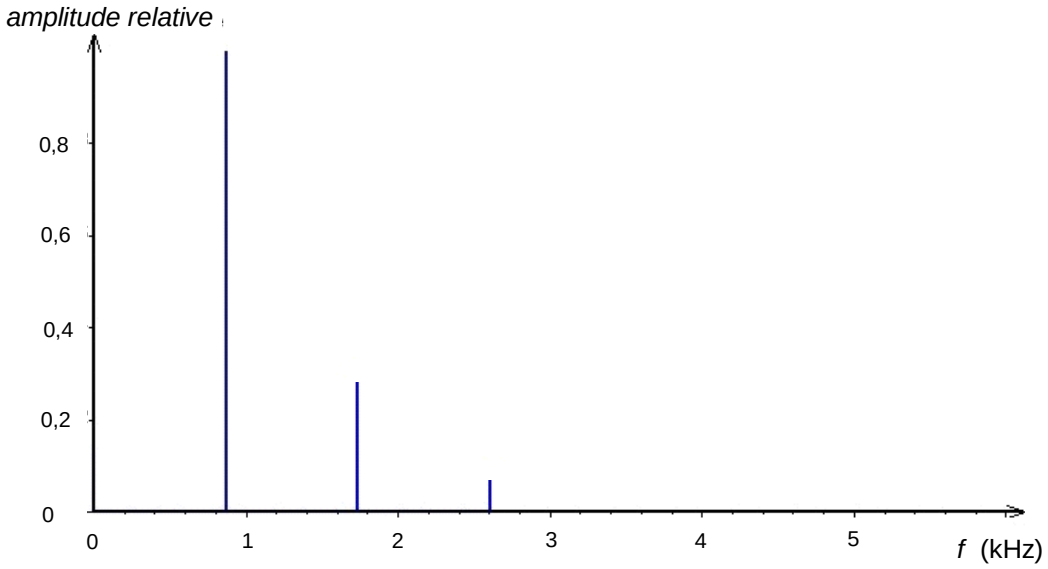


Figure 12 : spectre du la_4 restitué après passage par un bouchon moulé en silicone