

Chapitre 5: instruments de musique

Exercice de spécialité (Bac blanc 2013)

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.

A. 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

$$\text{d'intensité } I : L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

où I_0 représente l'intensité sonore de référence égale à $1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$. Sur un document publicitaire, un fabricant fournit les courbes d'atténuation correspondant aux deux types de bouchons (**figure 1**). 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.

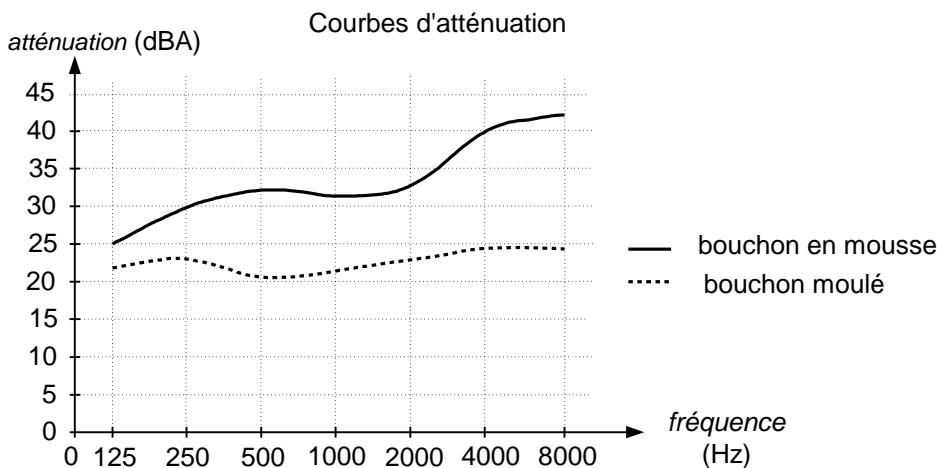


Figure 1

1.1. 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 en justifiant votre réponse.

1.2. En utilisant la courbe d'atténuation (**figure 1**), 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. 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 2**, **figure 3** et **figure 4**.

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.

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

3.1. Calculer le niveau sonore auquel correspond l'intensité sonore I .

3.2. Le batteur est porteur de bouchons moulés en silicone correspondant au document publicitaire. En vous aidant de la **figure 1**, préciser si ses facultés auditives peuvent être altérées au cours du concert ?

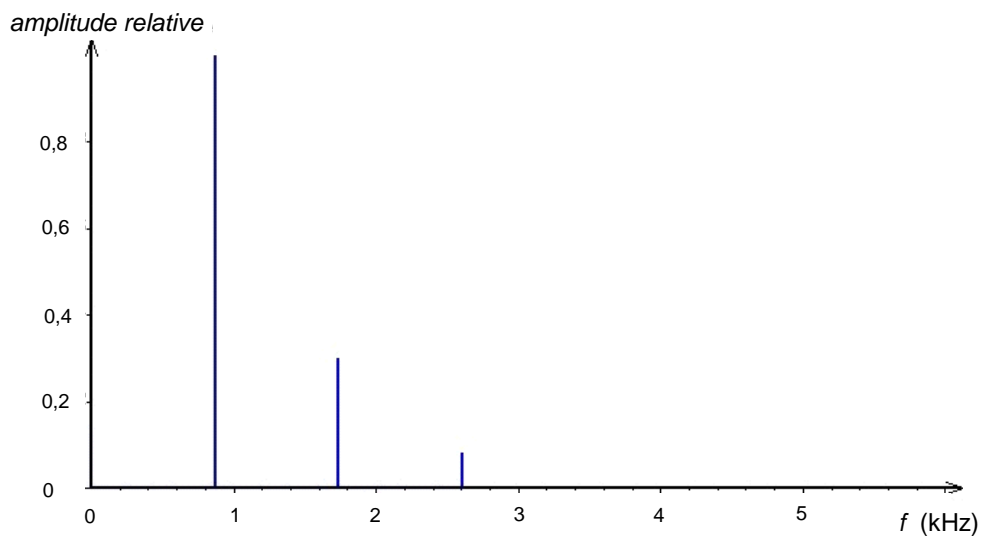


Figure 2 : spectre du la_4 émis par la flûte

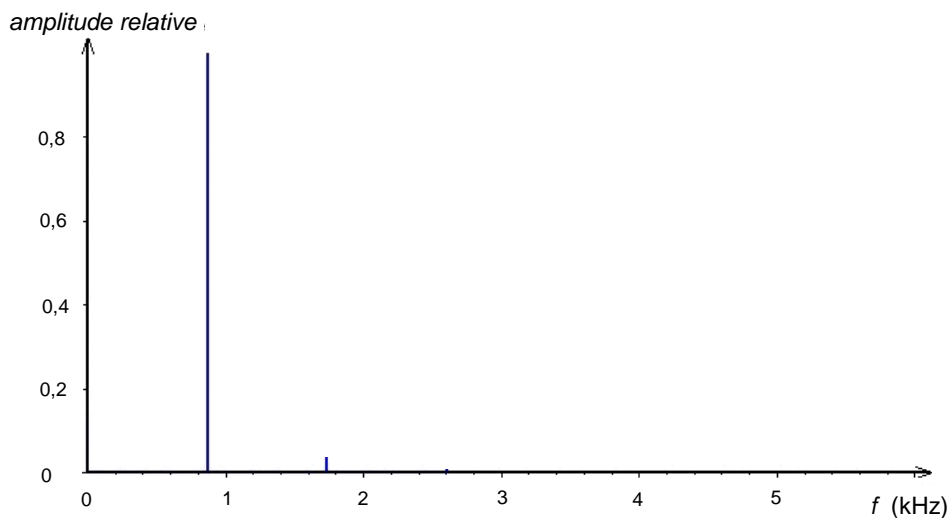


Figure 3 : spectre du la_4 restitué après passage par un bouchon en mousse

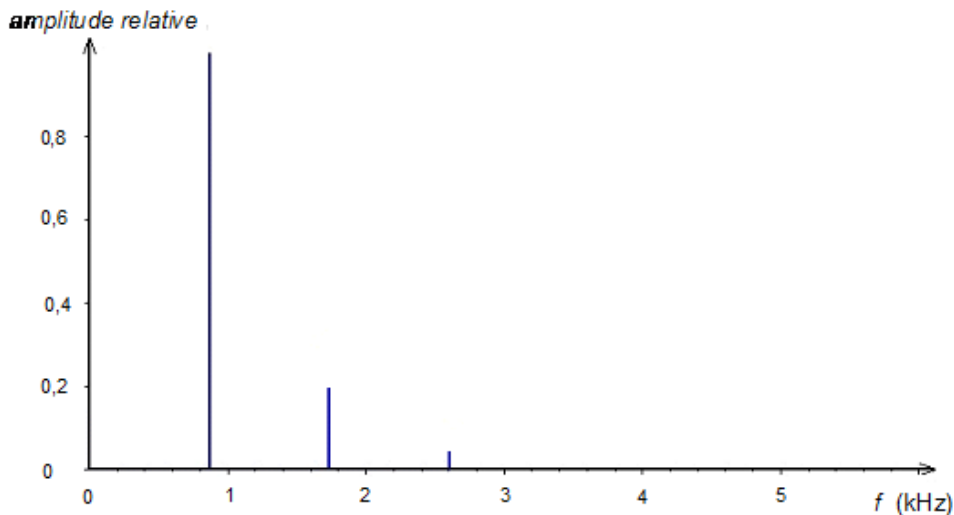


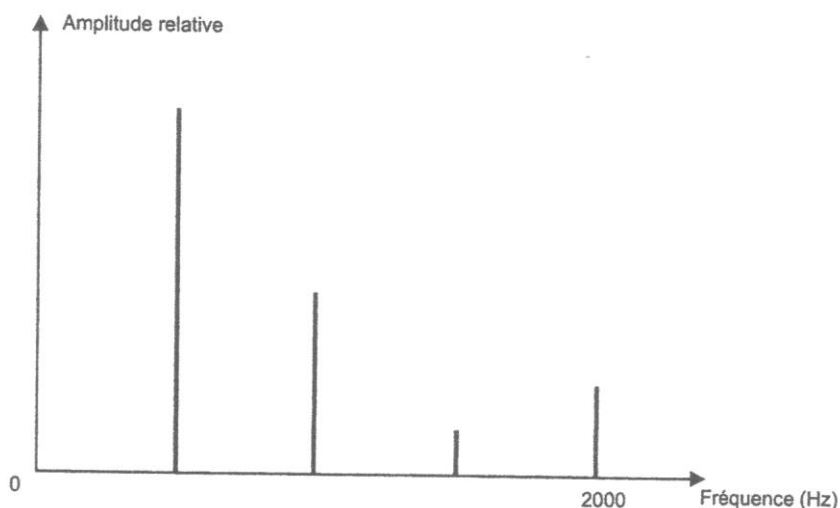
Figure 4: spectre du la_4 restitué après passage par un bouchon moulé en silicone

B. diagramme de Fletcher et Munson.

On s'intéresse maintenant aux caractéristiques de l'oreille quant à ses capacités à discerner la hauteur de deux sons, ainsi que la différence de niveau sonore entre deux sons.

1. Le document suivant présente l'analyse spectrale du son produit par un violon :

En utilisant cette analyse spectrale et en justifiant la démarche, calculer la valeur de la hauteur du son émis lors de



cet enregistrement.

2. Ce son à un niveau sonore $L = 50$ dB. Montrer en utilisant la définition du niveau sonore que l'intensité I du son correspondant vaut $I = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.
3. Superposition des sources sonores : On considère maintenant une source sonore d'intensité sonore I_1 et de niveau sonore L_1 . Si l'on considère maintenant la superposition de deux sources sonores identiques (2 violons) à la précédente, il en résulte une intensité sonore I_2 double de la précédente soit $I_2 = 2 I_1$. On note L_2 le niveau sonore résultant de la superposition de ces deux sources sonores identiques. En utilisant la définition du niveau sonore, calculer la différence entre les deux niveaux sonores L_2 et L_1 .
4. La sensibilité de l'oreille, c'est à dire sa capacité à entendre, ne sera pas la même selon la hauteur du son parvenant à l'oreille de l'auditeur. D'autre part, un son émis par une source avec un certain niveau sonore ne sera pas perçu par l'oreille avec ce même niveau sonore. Ces différentes caractéristiques sont résumées dans le diagramme suivant appelé diagramme de Fletcher et Munson. Ce diagramme montre des courbes

d'isotonie (même niveau sonore perçu par l'oreille) en fonction de la hauteur du son. La courbe de niveau 0, nommée sur ce graphe « MINIMUM AUDIBLE » indique le niveau sonore minimal que doit posséder un son pour que celui-ci puisse être audible. Si l'on considère par exemple un son de hauteur 50 Hz, l'oreille ne pourra le détecter que si son niveau sonore vaut environ 42 dB. (point A sur le diagramme). De même, un son de niveau sonore 80 dB et de hauteur 50 Hz ne sera perçu au niveau de l'oreille qu'avec un niveau sonore de 60 dB. (point B sur le diagramme)

- A l'aide du diagramme ci joint en annexe à rendre avec la copie, placer le point C sur la courbe de niveau 0, qui permette de justifier que la sensibilité maximale de l'oreille se situe autour de 4000 Hz.
- On considère deux sons de même niveau sonore 60 dB. L'un de fréquence 50 Hz et l'autre de fréquence 100 Hz. En utilisant le diagramme de Fletcher et Munson, déterminer avec quel niveau sonore sera perçu un son de fréquence chacun de ces sons par l'oreille. On montrera par un tracé sur le diagramme de Fletcher et Munson joint en annexe, les points représentatifs de ces deux sons.

