

Prévention d'un traumatisme acoustique

Enseignement scientifique première

Durée 1h – 10 points – Thème « Son et musique, porteurs d'information »

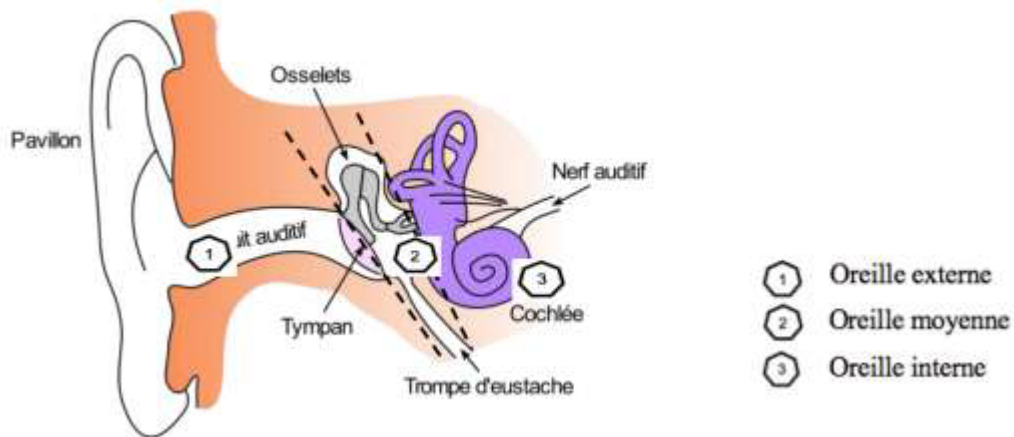
L'audition joue un rôle primordial dans les interactions sociales. L'oreille est l'organe sensoriel de l'audition. Une détérioration de sa structure peut entraîner des modifications de l'audition. La mise en place de mesures de prévention permet d'éviter une surdité acquise.

Partie 1. Traumatisme de l'oreille par sur-stimulation

1 – Les sur-stimulations sonores peuvent entraîner un traumatisme acoustique et constituent la première cause de surdité acquise.

À partir de l'étude des documents 1 et 2 suivants et de vos connaissances, expliquer l'origine de la surdité acquise après une sur-stimulation sonore.

Document 1. Schéma de l'anatomie de l'oreille humaine

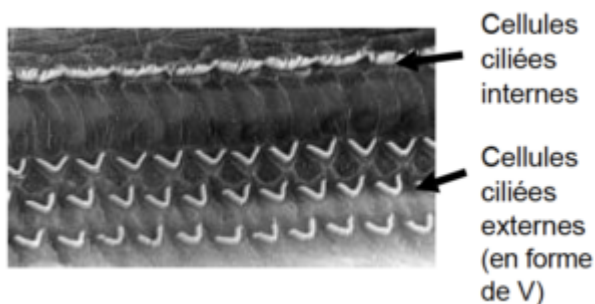


Source : <https://fr.wikibooks.org/wiki/Neurosciences/L%27audition>

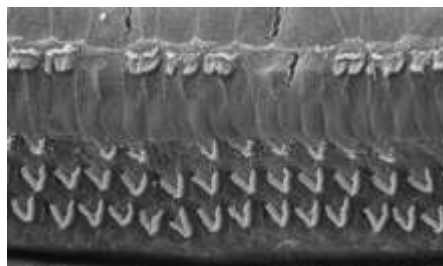
Document 2. Vues de surface d'une cochlée de rat en microscopie électronique à balayage

Les images sont présentées à des grossissements légèrement différents. Échelle : la distance d'écartement des cils des cellules ciliées externes est de 7 μm .

Cochlée normale



Cochlée après un traumatisme sonore de niveau 1



Cochlée après un traumatisme sonore de niveau 2



Cochlée après un traumatisme sonore de niveau 3



Source : <http://www.cochlea.eu/pathologie/surdites-neuro-sensorielles/traumatisme-acoustique>

Document 1 : La vibration de l'air est captée par le pavillon de l'oreille externe. Le son se propage dans le conduit auditif et fait vibrer le tympan. La vibration du tympan est transmise par les osselets de l'oreille moyenne.

Dans la cochlée, les différentes cellules ciliées sont activées en fonction de la fréquence.

Les cellules ciliées traduisent cette vibration en message nerveux qui est transmis au cerveau par les nerfs auditifs.

Le nombre de cellules ciliées est limité. De plus les cils vibratiles de ces cellules sont très fragiles.

Nous observons sur le document 2 que le nombre de cellules ciliées diminue après un traumatisme sonore. Plus le traumatisme sonore est élevé, moins il reste de cellules ciliées.

Une exposition sonore trop intense ou trop prolongée peut entraîner la destruction de ces cellules et en entraîner des troubles auditifs, qui peuvent aller jusqu'à la surdité.

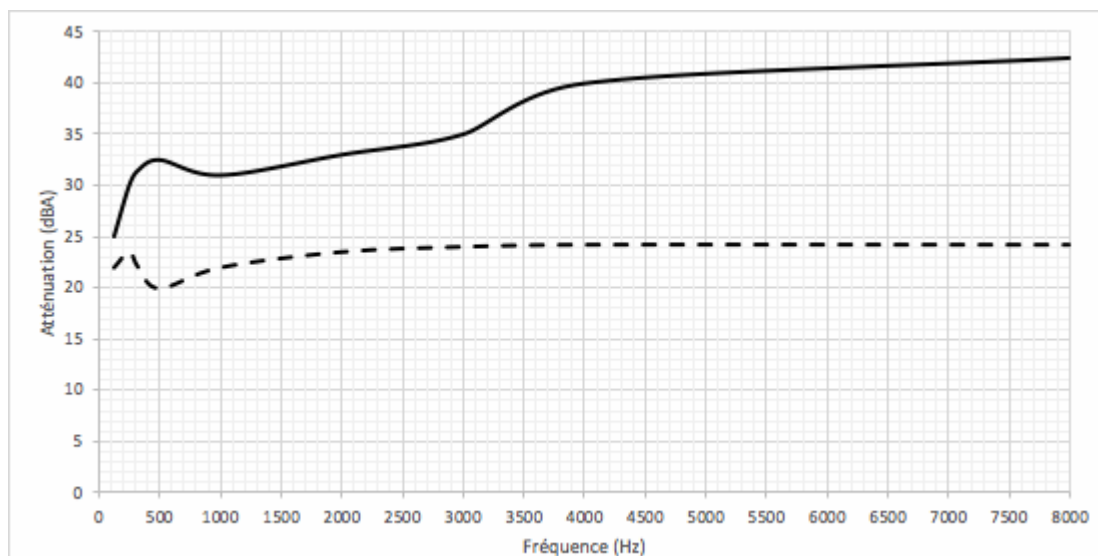
Partie 2. La prévention d'un traumatisme acoustique

Pour prévenir le risque lié aux sur-stimulations sonores, il existe différentes protections auditives. On peut distinguer, par exemple, deux catégories de bouchons d'oreilles qui permettent de s'isoler du bruit :

- les bouchons en mousse, généralement jetables ;
- les bouchons moulés en silicone, fabriqués sur mesure et nécessitant la prise d'empreinte du conduit auditif. Ils sont lavables à l'eau et se conservent plusieurs années.

L'atténuation d'un bouchon est égale à la diminution du niveau d'intensité sonore perçu par l'oreille due à la présence du bouchon. Un fabricant fournit les courbes d'atténuation en fonction de la fréquence du son pour les deux types de bouchons (document 3).

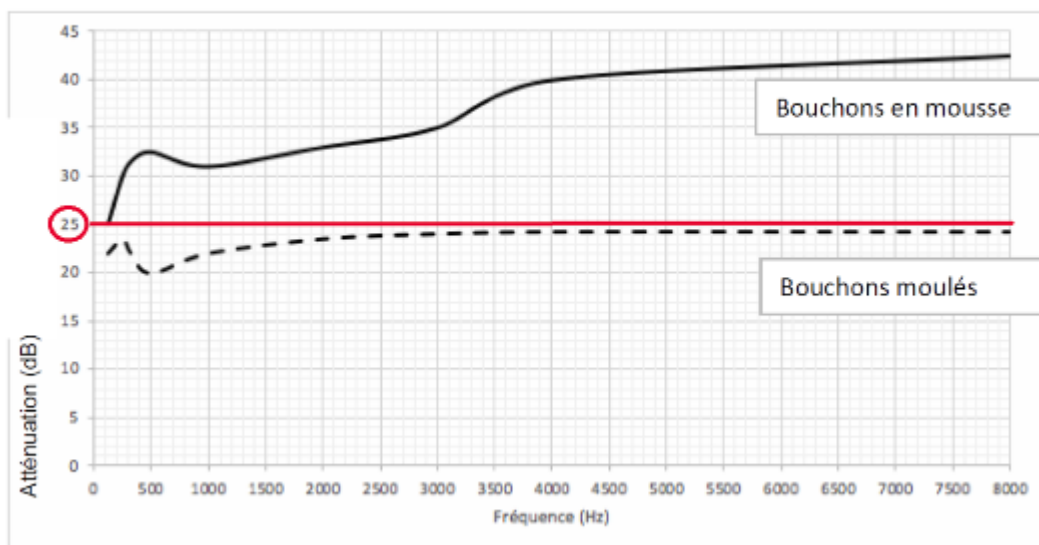
Document 3. Courbes d'atténuation du son correspondant aux deux types de bouchons



2 – Un musicien qui pratique régulièrement un instrument tel que la batterie ou la guitare électrique a besoin d'une atténuation du niveau d'intensité sonore. Cependant, cette atténuation ne doit pas dépasser 25 dB afin qu'il entende suffisamment.

2-a- À l'aide du document 3, indiquer pour chaque bouchon si cette condition est respectée. Justifier.

Document 3. Courbes d'atténuation du son correspondant aux deux types de bouchons

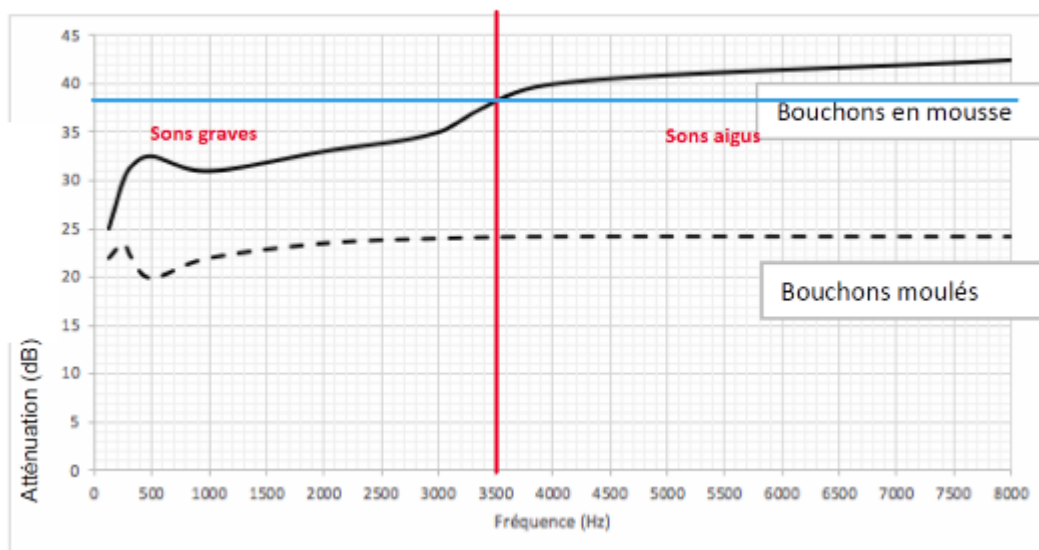


Condition : cette atténuation ne doit pas dépasser 25 dB afin qu'il entende suffisamment.

- les bouchons en mousse : cette condition n'est pas respectée
- les bouchons moulés en silicone : cette condition est respectée

2-b- En utilisant le document 3, indiquer si un bouchon en mousse atténue davantage les sons aigus ou les sons graves. Justifier.

Document 3. Courbes d'atténuation du son correspondant aux deux types de bouchons



Graphiquement, nous remarquons qu'un bouchon en mousse atténue davantage les sons aigus que les sons graves.

3 – Afin de comparer la qualité acoustique des deux types de bouchons, on a enregistré le son émis par une guitare, ainsi que les sons obtenus après passage à travers les deux types de bouchons. Le document 4 suivant présente les résultats obtenus.

3-a- À partir de la figure 1 du document 4, indiquer, en justifiant, si le son émis par la guitare est un son pur ou un son composé.

Le son émis par la guitare est un son qui comporte plusieurs fréquences : c'est un son composé.

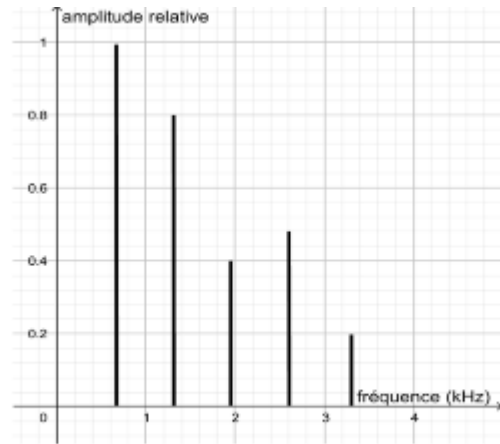


Figure 1. Spectre correspondant au mi₄ joué par la guitare

3-b- À partir de la figure 1 du document 4, déterminer la fréquence fondamentale du mi₄ joué par la guitare. Décrire la démarche employée.

La lecture graphique n'étant pas évidente, on procède de la manière suivante :

- On mesure la distance sur le graphique correspondante à 4 kHz
- On mesure la distance sur le graphique de la fréquence recherchée
- On en déduit la valeur de la fréquence recherchée.

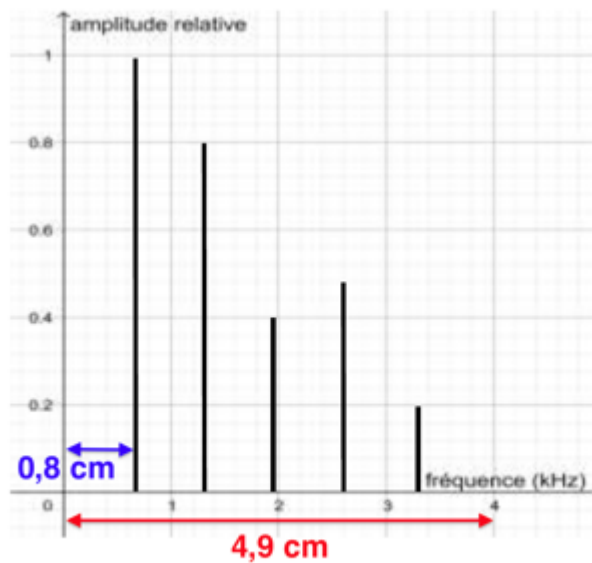


Figure 1. Spectre correspondant au mi₄ joué par la guitare

4 kHz	4,9 cm
f	0,8 cm

$$f = (0,8 \times 4) / 4,9$$

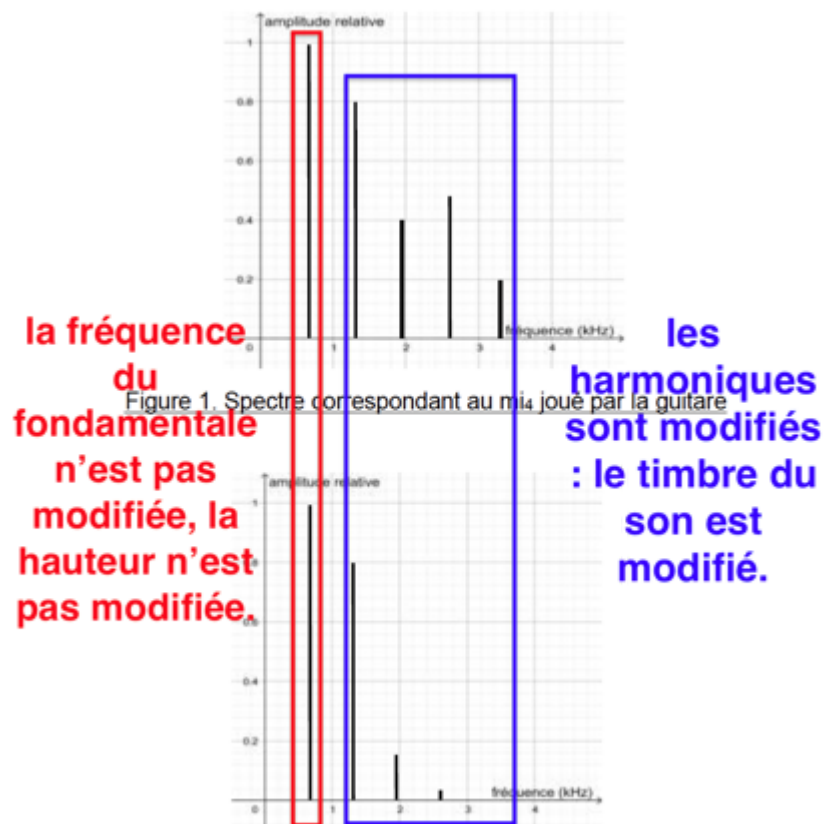
$$f = 0,65 \text{ kHz}$$

3-c- À l'aide du document 4, indiquer en justifiant, pour chaque type de bouchons, si leur port modifie :

- la hauteur du son ;
- le timbre du son.

Bouchons en mousse :

- la fréquence du fondamentale n'est pas modifiée, la hauteur n'est pas modifiée.
- les harmoniques sont modifiés : le timbre du son est modifié.



Bouchons en silicone:

- la fréquence du fondamentale n'est pas modifiée, la hauteur n'est pas modifiée.
- les harmoniques ne sont pas modifiés : le timbre du son n'est pas modifié.

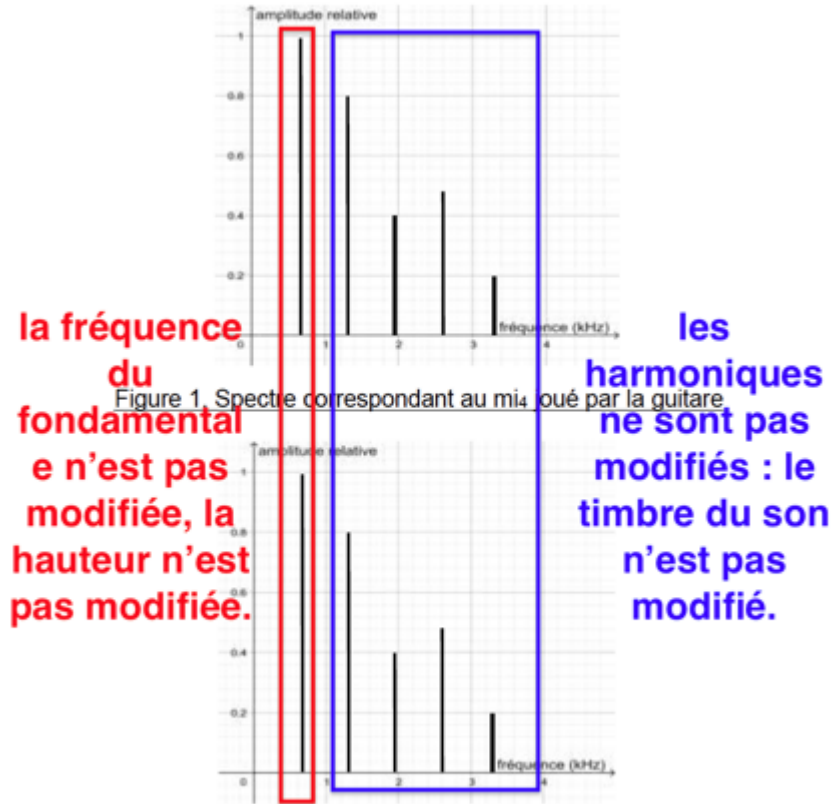


Figure 3. Spectre du mi4 restitué après passage par un bouchon moulé en silicone

3-d- En déduire, en justifiant, le type de bouchons qui conserve le mieux la qualité du son.

Le type de bouchons qui conserve le mieux la qualité du son sont les bouchons en silicone : ils ne modifient pas la hauteur et le timbre et l'atténuation est quasiment la même pour les sons graves et aigus.

Document 4. Spectres du son émis par une guitare et des sons restitués après passage à travers les deux types de bouchons (Source : Auteur)

L'amplitude relative est le rapport entre une amplitude et une amplitude de référence, ici celle de la fréquence fondamentale.

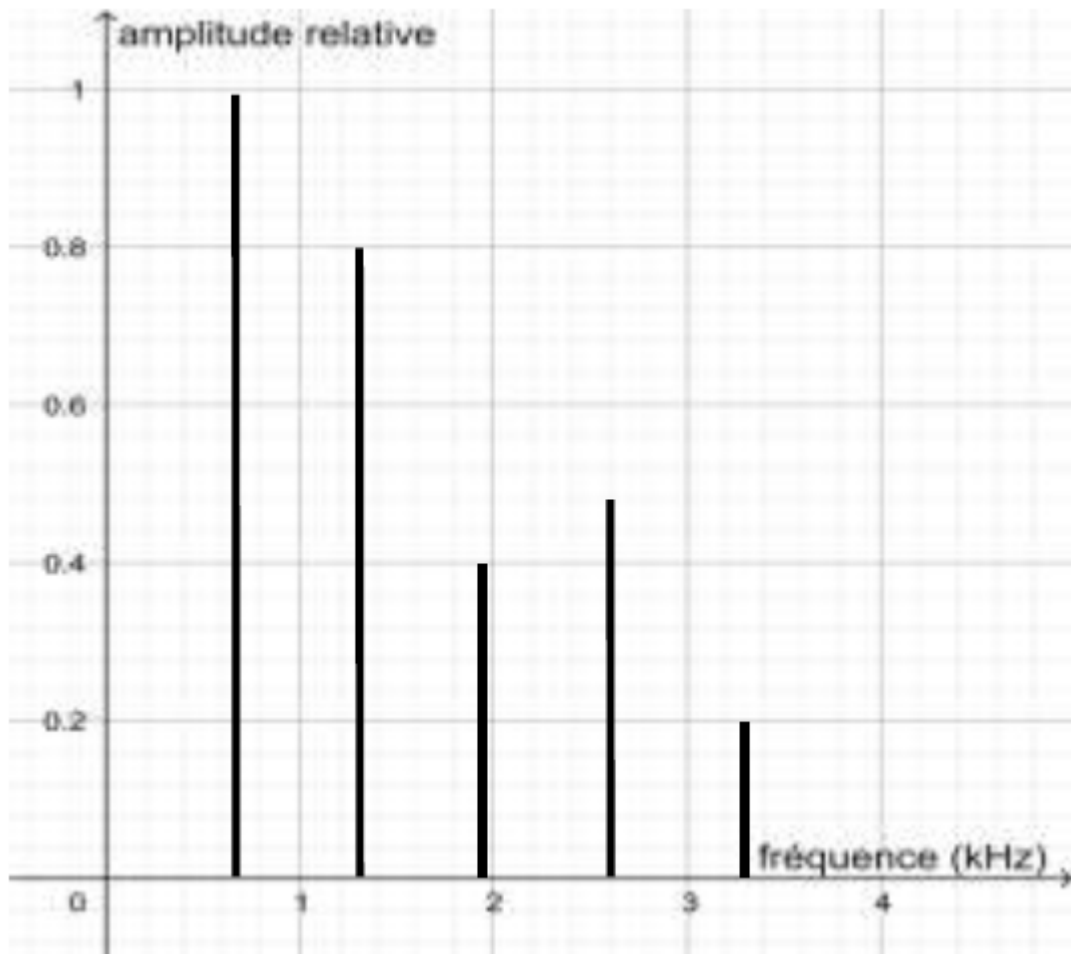


Figure 1. Spectre correspondant au mi₄ joué par la guitare

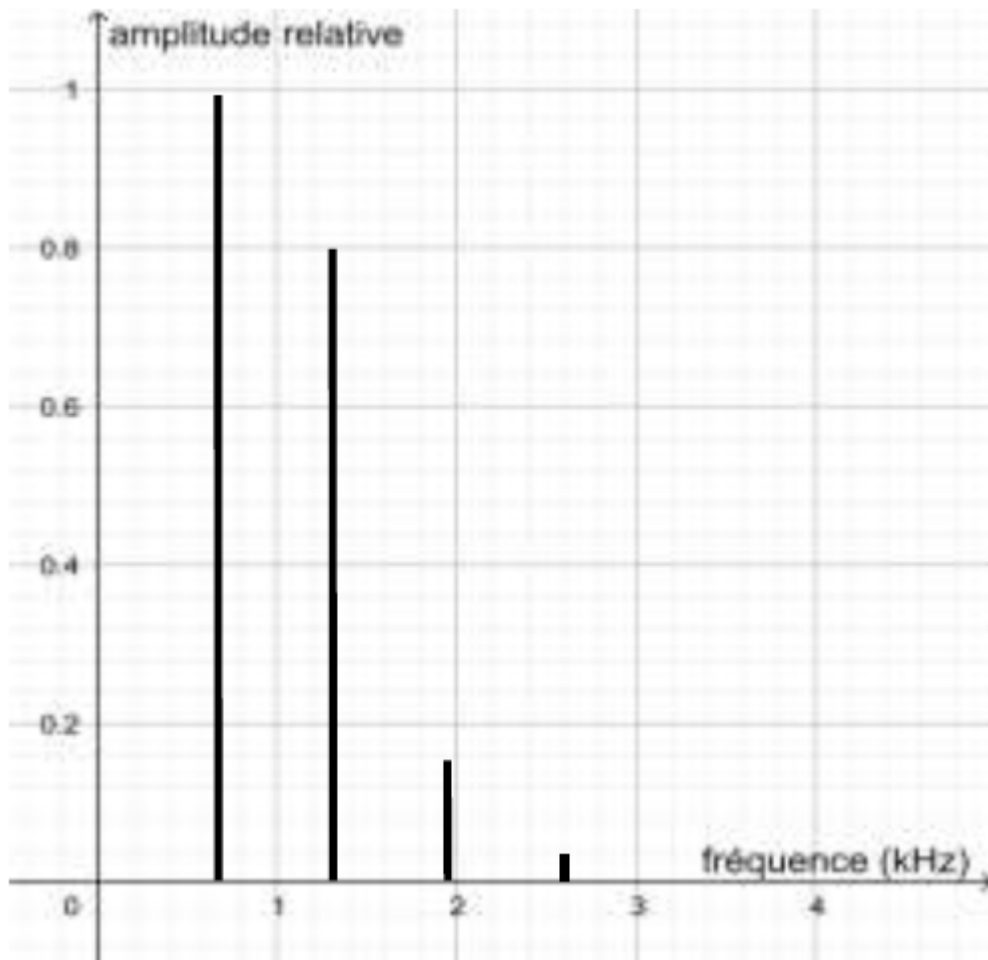


Figure 2. Spectre du mi_4 restitué après passage par un bouchon en mousse

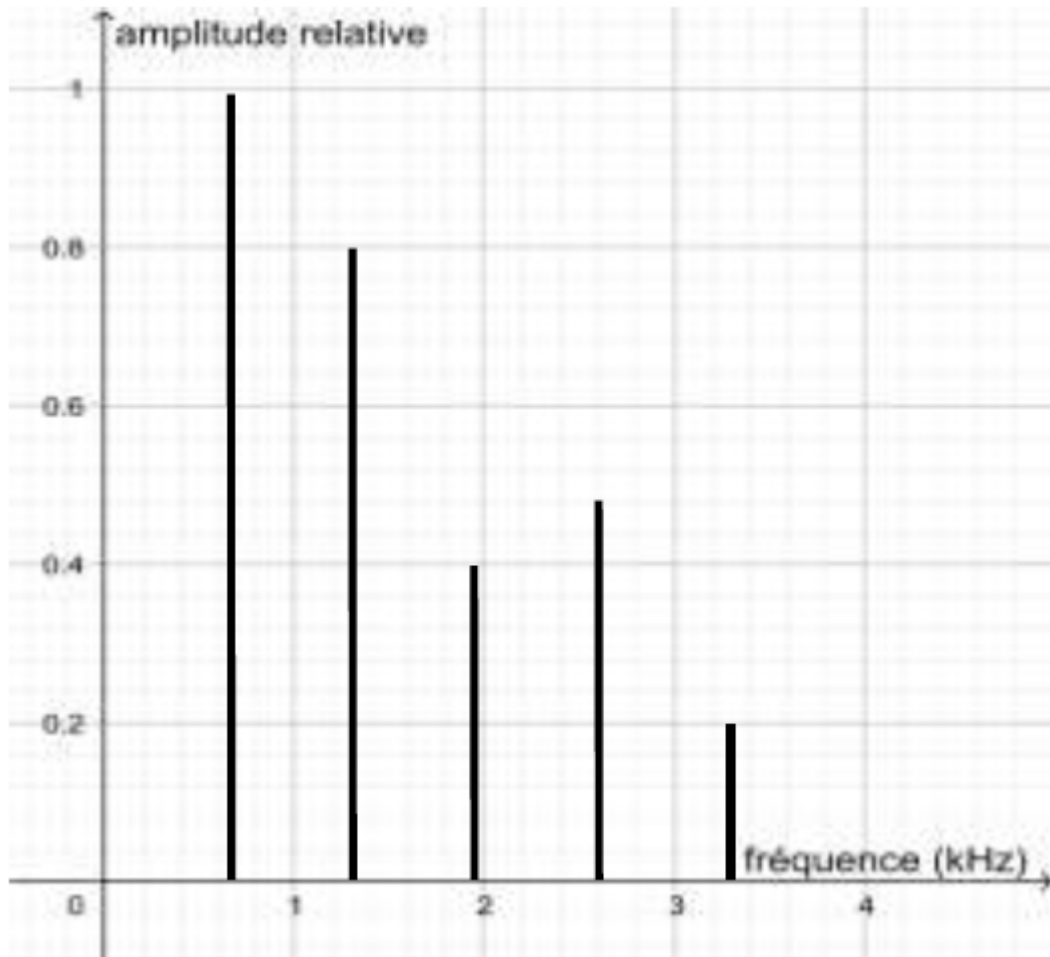


Figure 3. Spectre du mi₄ restitué après passage par un bouchon moulé en silicone

Une exposition prolongée à un niveau d'intensité sonore de 85 dB est nocive pour l'oreille humaine.

4 – Lors d'une répétition, le son produit par une guitare est tel que l'intensité sonore I perçue par le guitariste est égale à $1,0 \times 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

On donne ci-dessous la formule permettant de calculer le niveau d'intensité sonore L (en dB) correspondant à un son d'intensité sonore I (en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) :

$$L = 10 \times \log (I/I_0)$$

où :

- I_0 est l'intensité sonore de référence : $I_0 = 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- \log désigne la fonction logarithme disponible sur la calculatrice.

4-a- Calculer le niveau d'intensité sonore L perçu par le guitariste.

4-b- En déduire, en justifiant, s'il est nécessaire que le guitariste porte des bouchons pendant la répétition.