Capacités exigibles :

- *Utiliser un outil numérique pour relever le spectre d'amplitude d'un signal sonore périodique (son pur et son complexe)*
- *Déterminer la fréquence du fondamental et des harmoniques à partir du spectre d'amplitude d'un signal sonore*
- *Définir et distinguer la notion de timbre et de hauteur*
- *Mettre en évidence expérimentalement les phénomènes de transmission ou d'absorption d'un son par différents matériaux*

1 Décomposition spectrale d'un son musical

A. Mesure de la hauteur d'un son pur : l'exemple du diapason

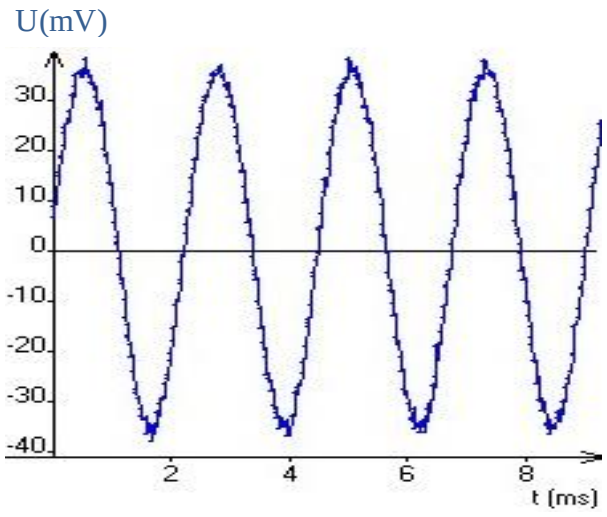
On enregistre le signal sonore émis par un diapason. Une partie de ce signal est représentée sur le doc.1.
Indication : le diapason joue une note unique, la ***hauteur*** *de cette note correspond au La_3.*

✍ **1.** Rappeler comment a pu être obtenu cette représentation temporelle (préciser en particulier le matériel).
✍ **2.** Quelle est l'allure du signal sonore ? ***On dit que le son émis par le diapason est un son pur.*** Déterminer la période T et en déduire la fréquence f du signal sonore enregistré.
✍ **3.** Comparer la fréquence mesurée précédemment avec celle associée à au La_3 qui vaut précisément 440 Hz.

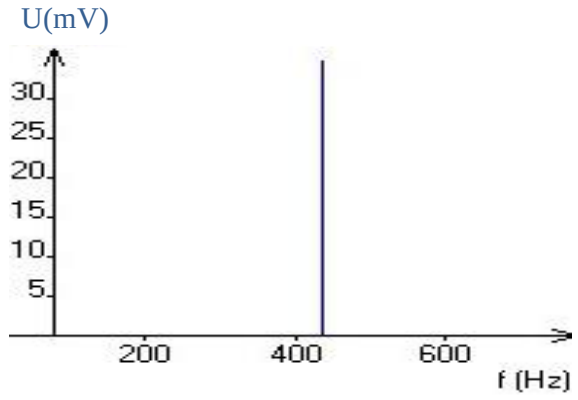
On réalise ensuite, grâce à un logiciel, ***le spectre du signal*** enregistré (on parle de spectre en amplitude d'un son). Le spectre obtenu est alors représenté sur le doc.2.
✍ **4.** Quelle grandeur est représentée en abscisses sur un spectre de ce type ? Quelle est la caractéristique du spectre dans le cas particulier d'un son pur comme celui du diapason ?

Diapason

Doc. 1. Enregistrement sonore produit par un diapason



Doc. 2. Spectre du La_3 produit par un diapason



B. Mesure de la hauteur d'un son complexe : cas d'un La_3 jouée au violon ou la flute

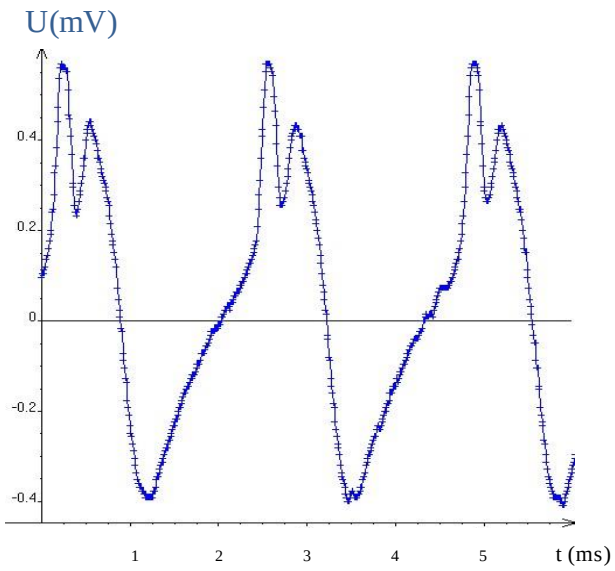
Un La_3 est joué au violon et on enregistre le son produit. Une partie du signal capté est représenté sur le doc.3.
✍ **5.** Le signal sonore est-il périodique ? sinusoïdal ? Est-ce un son pur ? Justifier.
✍ **6.** Déterminer la période T et en déduire la fréquence f du signal sonore enregistré. Vérifier que la note jouée est bien un La_3.

On réalise également ***le spectre du signal*** enregistré. Le spectre obtenu est alors représenté sur le doc.4.

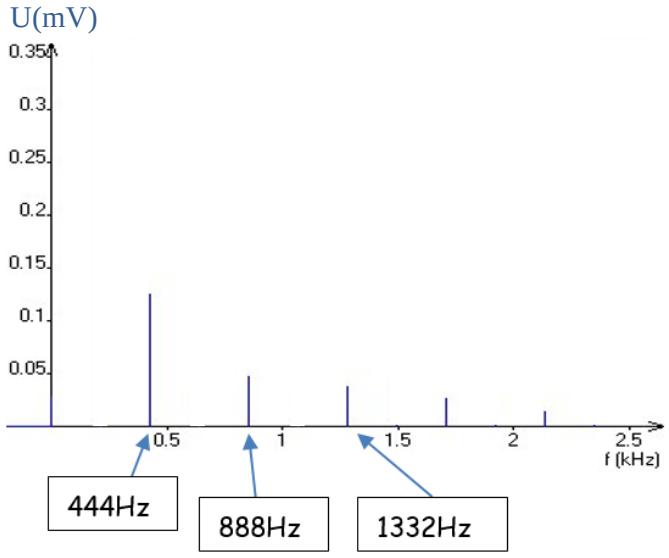
✍ **7.** Sur le spectre du son complexe (document 4), repérer les valeurs de fréquences des trois premières ***harmoniques*** notées respectivement f_1, f_2 et f_3. Que peut-on dire de la fréquence de l'harmonique n° 1 (aussi appelé ***fondamental***) ? Quel lien y a-t-il entre la fréquence du fondamental et des harmoniques ?
✍ **8.** Que peut-on dire de l'amplitude des différents harmoniques ? Quelle seraient les fréquences des harmoniques suivantes ? Est-ce en accord avec le spectre ?
✍ **9.** Expliquer comment distinguer un son complexe d'un son pur grâce au spectre en amplitude.

✍ **10.** Recopier et compléter la phrase avec les termes *hauteur, fondamental* et *fréquence* :
« La …… d'un son est associée à la …… de la vibration sonore. La …… d'un son correspond également à la …… de son …… »

Doc. 3. Enregistrement sonore du La_3 d'un violon



Doc. 4. Spectre du La_3 produit par un violon



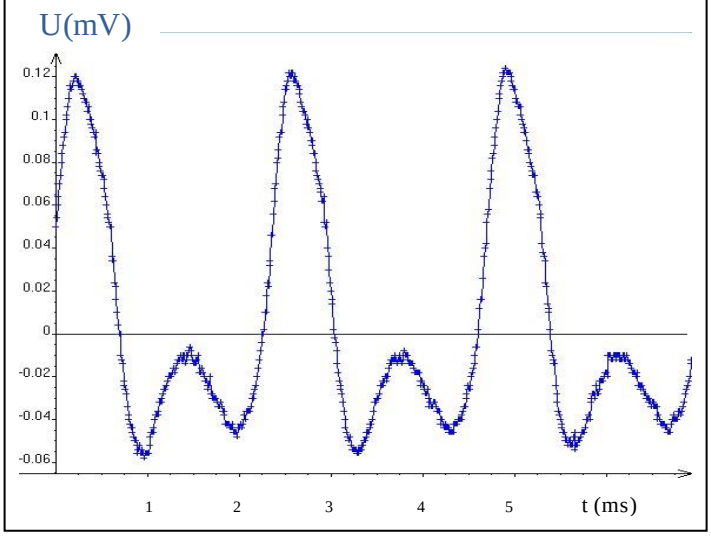
Un La_3 est joué à la flute et on enregistre le son produit. Une partie du signal capté est représenté sur le doc.5. On réalise également ***le spectre du signal*** enregistré. Le spectre obtenu est alors représenté sur le doc.6.

✍ **11.** Quels sont les points communs et les différences avec le signal enregistré du violon (doc.3) ? Comparer également les deux spectres.

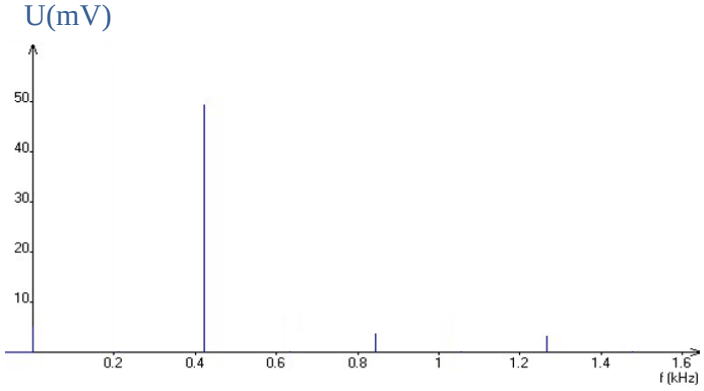
✍ **12.** Les 2 instruments jouent la même note. Comment le voit-on sur le spectre ? A l'oreille, on peut distinguer un La3 joué par un violon d'un La3 joué par une flute. Comment le voit-on sur le spectre ?

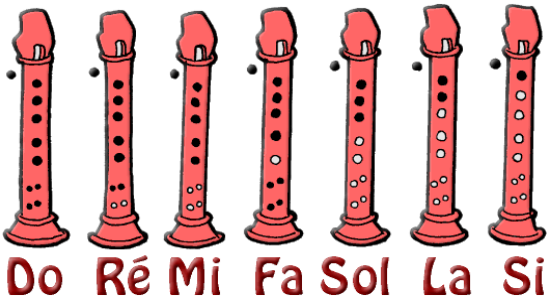
✍ **13.** Recopier et compléter la phrase avec les termes *hauteur, fréquences, harmoniques* et *notes* :
*« Le **timbre d'un son** est la qualité du son qui permet de distinguer des …… de même …… jouée par des instruments différents. Le **timbre d'un son** dépend de l'importance relative des différentes ……. qui le composent. »*

Doc. 5. Enregistrement sonore du La_3 d'une flute



Doc. 6. Spectre du La_3 produit par une flute





C. Analyse d'un La_4 joué à la flute

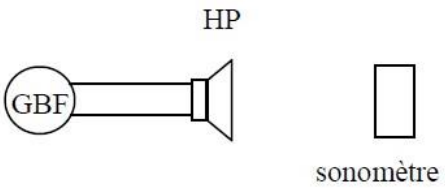
☞ Jouer et enregistrer un la_4 avec la flûte disponible (utiliser la notice fournie et le dessin ci-contre si besoin…).

☞ Imprimer, après accord du professeur, l'allure du signal sur quelques périodes ainsi que le spectre du son obtenu.

✍ **14.** Expliquer pourquoi la note jouée est bien un La mais un La de la 4ème octave (La_4) et non de la 3ème octave (La_3).

2 Intensité acoustique et niveau sonore

A. Intensité acoustique



Un haut-parleur est branché aux bornes d'un GBF réglé à une fréquence fixe d'environ 500 Hz. Un sonomètre est placé à distance fixe du HP. Un sonomètre mesure le niveau acoustique en décibel (dB).

✍ **1.** Si on augmente la tension efficace délivrée par le HP, quelle grandeur caractéristique de la vibration sonore augmente ?

✍ **2.** Pour une tension fixe, si on éloigne le sonomètre, qu'observe-t-on ?

L'intensité acoustique I (en $W.m^{-2}$) est la puissance acoustique reçue par unité de surface : $I = \frac{P_a}{S}$.
Elle varie de $I_O = 10^{-12}$ $W.m^{-2}$ (seuil d'audition) à 25 $W.m^{-2}$ (seuil de douleur).

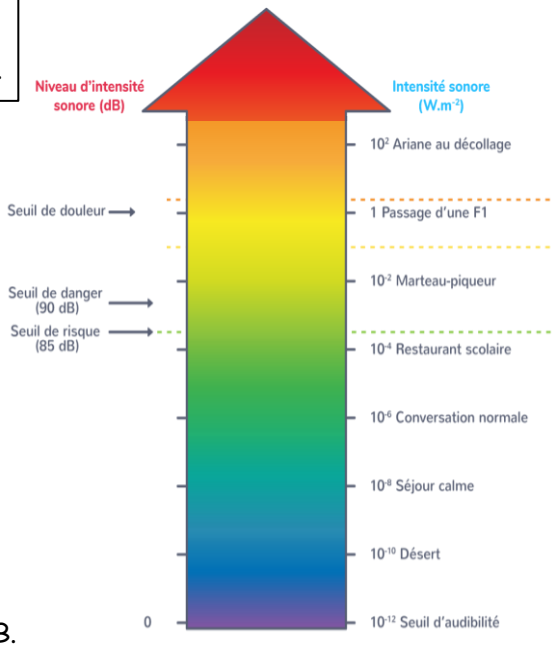
B. Niveau sonore

L'intensité Io = 10^{-12} $W.m^{-2}$ semble négligeable devant 25 $W.m^{-2}$, pourtant nous entendons des sons ayant ces intensités acoustiques. Pour comparer les intensités acoustiques entre elles on préfère définir le niveau sonore.

Le niveau sonore L associé à l'intensité acoustique d'un son est défini par :

$$L = 10 \times log \frac{I}{Io}$$

L s'exprime en **décibel acoustique (dB)** et se mesure à l'aide d'un sonomètre.



✍ **3.** Compléter le schéma situé à droite en calculant le niveau sonore en dB des différentes intensités acoustiques.

✍ **4.** De combien augmente le niveau sonore lorsque l'intensité acoustique est multipliée par 10 ? par 100 ? par 2 ?

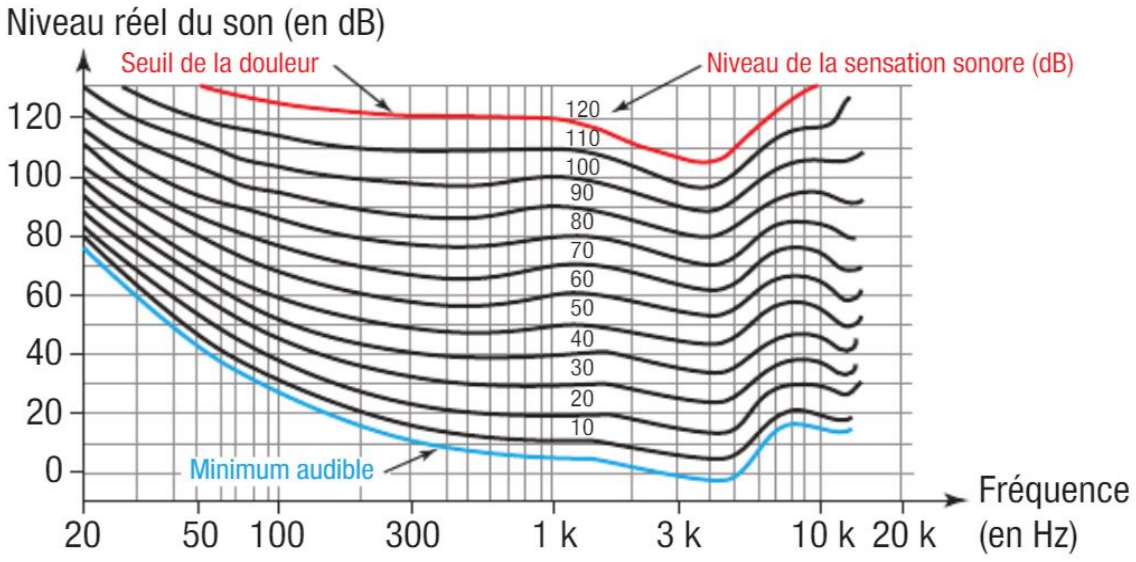
Remarque : lorsque l'oreille est exposée à des sons trop intenses, il se produit une destruction des cellules ciliées qui transmettent les signaux sonores au cerveau. Cette destruction est irréversible.

C. Sensibilité de l'oreille humaine

Dans le domaine des fréquences audibles, la sensibilité de l'oreille dépend de l'intensité et de la fréquence du son perçu, ce qui est traduit par le diagramme de Fletcher (voir ci-dessous).

✍ **5.** On considère un son de fréquence 1 kHz et de niveau sonore L_1 = 40 dB.
Quel est le niveau sonore L_2 d'un son de fréquence 50 Hz donnant la même sensibilité auditive ?

✍ **6.** Est-ce que l'oreille humaine peut entendre un son de niveau sonore L = 20 dB à une fréquence de 100 Hz ?



☞ Écouter les différents sons joués par le professeur au bureau. Noter la fréquence émise, mesurer le niveau sonore L avec le sonomètre au niveau de votre paillasse et préciser si vous entendez bien ce son.

Bilan dans le cas d'un instrument de musique :

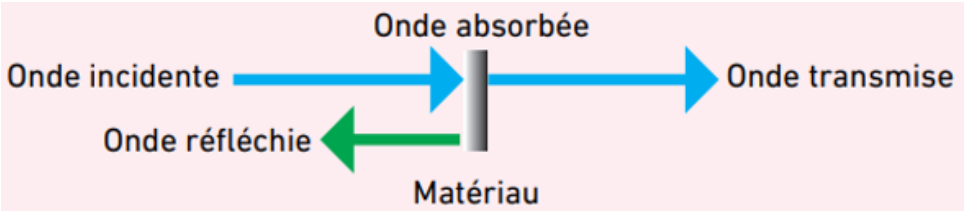
La note émise par un instrument de musique est caractérisée par son intensité, sa hauteur et son timbre.

☞ Relier ces termes musicaux aux termes d'analyse spectrale :

Intensité	•	• **Fréquence fondamentale**
Hauteur (son aigu/grave)	•	• **Harmoniques**
Timbre (dépend de l'instrument)	•	• **Amplitude**

3 Transmission et absorption d'un signal sonore

Lorsqu'une onde rencontre un matériau, elle est transmise (traversée), réfléchie et absorbée par ce matériau.



Lors du phénomène de transmission, quel paramètre (hauteur, timbre ou intensité) varie ?

Matériel disponible :
Partie émetteur : haut-parleur + GBF (500 Hz)
Partie récepteur : micro + oscilloscope numérique
Différentes parois (bois, polystyrène, carton…)

☞ Proposer une expérience pour répondre à la problématique ci-dessus en utilisant le matériel disponible.
- Noter vos observations
- Répondre à la question posée.