

Le son phénomène vibratoire – Fiche de cours

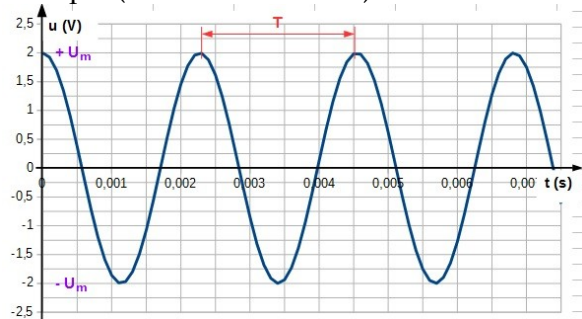
1. Les sons

a. Définition

Un son est créé par la vibration d'un objet

L'objet produisant le son ne se déplace pas dans l'espace ; le son peut être entendu à distance.

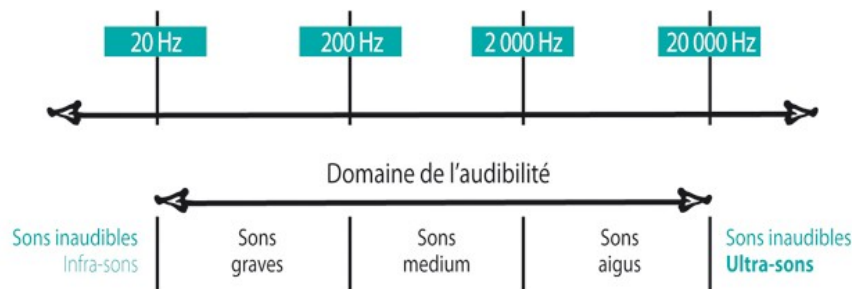
- période : plus petite durée pour que l'onde sonore se reproduise à l'identique (unité en seconde s).



- fréquence : nombre de motifs de l'onde sonore durant 1s (Hz).

$$f = \frac{1}{T}$$

b. Echelle des fréquences

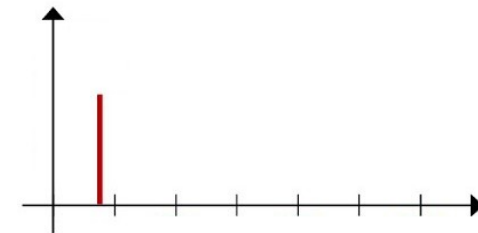


c. Sons purs

Un son est pur s'il est constitué d'une fréquence (fondamental f_1)



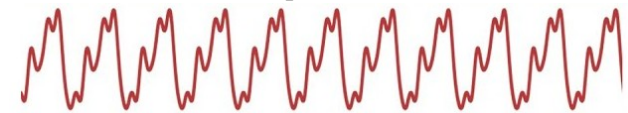
courbe temporelle d'un son pur



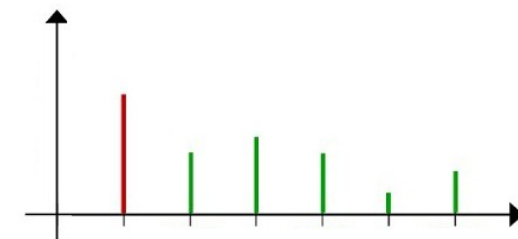
spectre fréquentiel d'un son pur

d. Sons composés

Un son est composé s'il est constitué d'une plusieurs fréquences (fondamental f_1 + harmoniques $f_n = n f_1$)



courbe temporelle d'un son composé



spectre fréquentiel d'un son composé

2. Caractéristiques d'un son

a. La hauteur

La hauteur d'un son est la plus petite fréquence composant un son
On l'appelle fréquence fondamentale

b. Le timbre

Le timbre d'un son est lié au nombre et à la proportion des fréquences harmoniques le composant.

Une fréquence harmonique est définie par $f_n = n \cdot f_1$

c. Intensité sonore

L'intensité sonore est définie par: $I = \frac{P}{S}$ (unité en W/m^2)

d. Niveau d'intensité sonore

Pour tenir compte des sons perçus par l'oreille humaine, on définit le niveau sonore :

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ avec } I = I_0 10^{\frac{L}{10}}$$

unité L en dB ; I en W/m^2 ; $I_0 = 10^{-12} W/m^2$

3. Instruments de musique

a. Instruments à corde

Les notes de musiques produites dépendent de la longueur, de la tension et de la masse linéique de la corde utilisée

La fréquence fondamentale est inversement proportionnelle à la longueur de la corde

La fréquence fondamentale est définie par $f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$

- F tension en N
- μ la masse linéique en $kg \cdot m^{-1}$
- L la longueur en m
- f la fréquence en Hz

b. Instruments à vent

Les notes de musiques produites dépendent de la hauteur des colonnes d'air

La fréquence fondamentale est inversement proportionnelle à la hauteur de la colonne d'air

La fréquence fondamentale est définie par $f = \frac{v}{2L}$

- $v = 340 m \cdot s^{-1}$
- L hauteur de la colonne en m
- f la fréquence en Hz

Le son phénomène vibratoire – Exercices – Devoirs

Exercice 1 corrigé disponible

On a enregistré trois sons. Chacun a été produit par l'un des trois instruments suivants : un diapason, une flûte traversière, une guitare.

1- Le son (La 3) produit par le diapason est un son pur. Les autres sons sont des sons composés. Identifier parmi les trois enregistrements représentés dans l'annexe celui qui correspond au son produit par le diapason.

2- On suppose que, dans les enregistrements étudiés, le son produit par la guitare est plus aigu que celui produit par la flûte traversière.

2-a- Un son plus aigu correspond-il à une fréquence plus élevée ou plus basse ?

2-b- Identifier, parmi les trois enregistrements représentés celui qui correspond au son produit par la flûte traversière et celui qui correspond à celui de la guitare.

2-c- Le tableau suivant donne les fréquences des notes de l'octave 3.

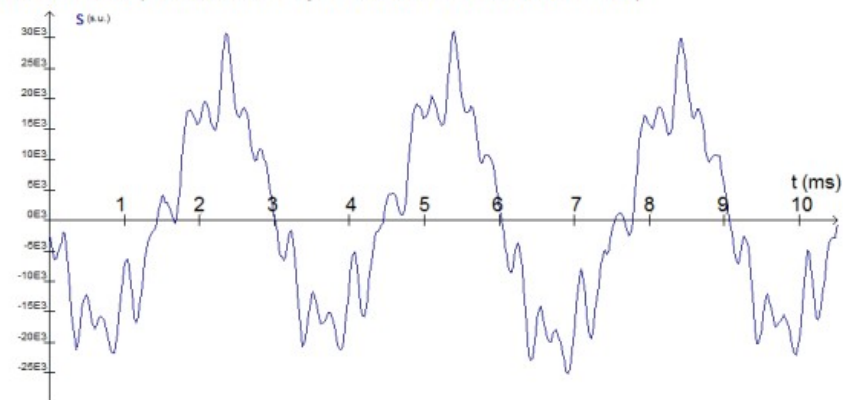
Note	Octave 3
Do	262
Ré	294
Mi	330
Fa	349
Sol	392
La	440
Si	494

Identifier la note produite par la guitare et la note produite par la flûte traversière.

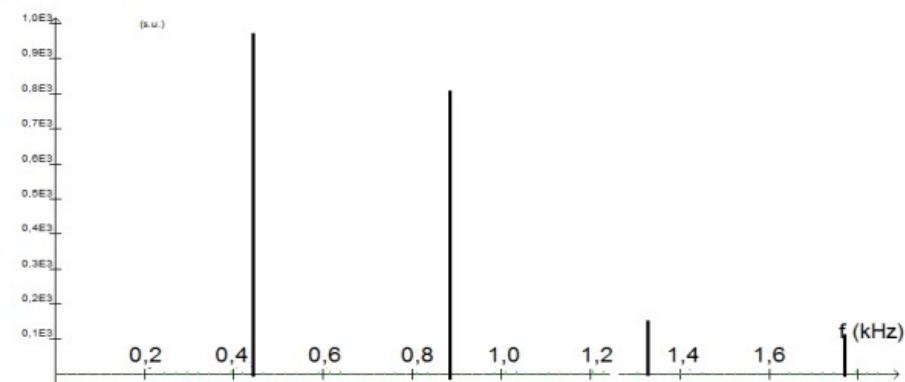
3- Pour jouer une note plus aiguë avec la guitare, le musicien devra-t-il raccourcir ou allonger la portion de corde qu'il fait vibrer ?

Questions 1 et 2b

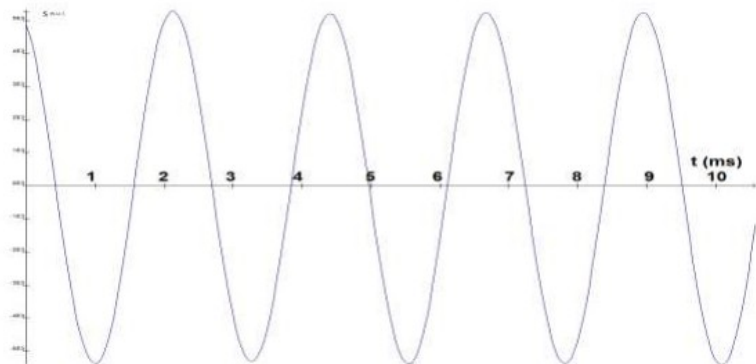
Graphique A (Variation d'un signal sonore en fonction du temps)



Graphique B (Spectre d'un son)



Graphique C (Variation d'un signal sonore en fonction du temps)

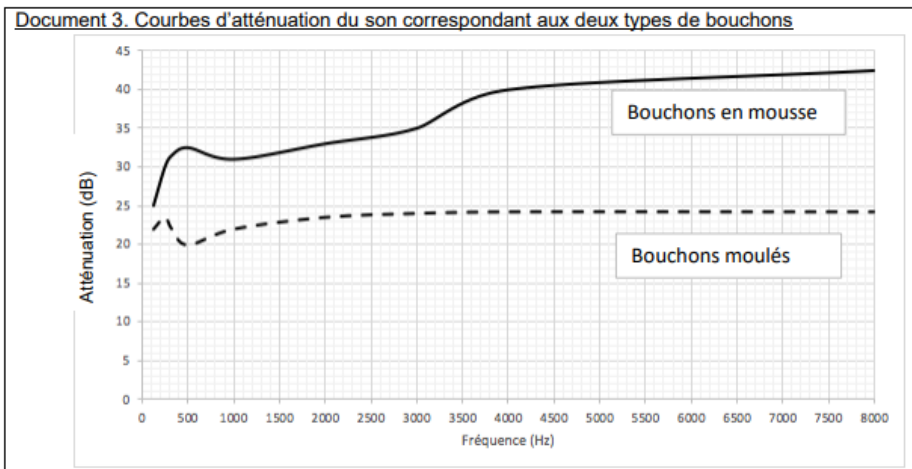


Exercice 2 corrigé disponible

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 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.

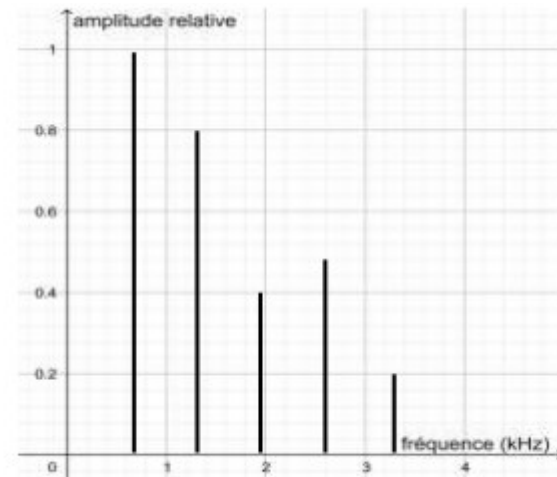


Figure 1. Spectre correspondant au mi_4 joué par la guitare

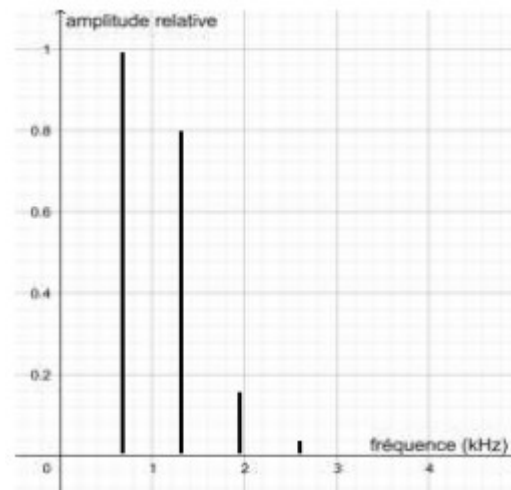


Figure 2. Spectre correspond au mi_4 restitué après passage par un bouchon en mousse

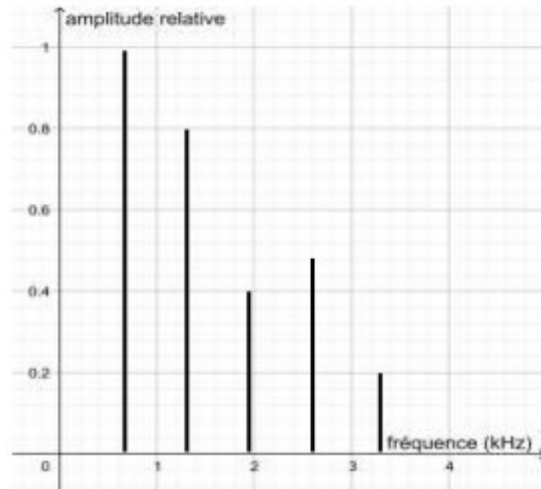


Figure 3. Spectre correspond au mi4 restitué après passage par un bouchon moulé en silicone

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.

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

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

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

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

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

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

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 perçue par le guitariste.

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

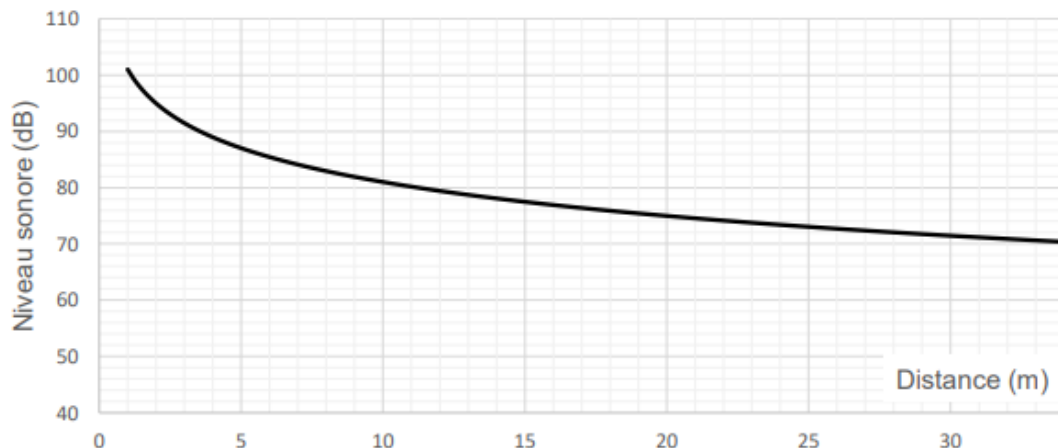
Exercice 3 corrigé disponible

Document 1. Durées admissibles d'exposition quotidienne au bruit

Niveau sonore en dB	Durée d'exposition maximale
80	8h
83	4h
86	2h
89	1h
92	30min.
95	15min.
98	7min. et 30sec.
101	3min. et 45sec.
104	1min. et 20sec.
107	40sec.
111	20sec.

Document 2

Evolution du niveau sonore en fonction de la distance à la scène du concert
Au dessous de 80dB, il n'y a pas de risque de dégradation brutale de l'audition



Louise écoute son groupe de rock préféré et ne veut rien rater du concert dont elle ne connaît pas la durée exacte. Pour cela, elle se met au plus près de la scène à une distance d'environ 1,0 m.

Les mesures effectuées par les techniciens de la salle montrent que le niveau sonore à l'endroit où est Louise est de 101 dB. Au bout de quelques minutes, Louise ressent une gêne et décide de s'éloigner un peu de la scène.

1. Quelle est la durée d'exposition recommandée pour un niveau sonore de 101 dB
2. À partir des documents 1 et 2, déterminer graphiquement à quelle distance de la scène Louise doit se placer pour être sûre de ne subir aucun risque de dégradation brutale de son audition.
3. En détaillant les étapes du raisonnement, retrouver la puissance de la source sonore.

Exercice 4 corrigé disponible

Le montage de la **figure n°1 (annexe 1)** permet de faire varier la tension mécanique **F** appliquée à la corde.

Le changement de corde permet d'étudier l'influence de la masse linéique.

Une étude complète permet d'établir que les différents modes de vibration d'une corde vérifient la relation :

$$f = \frac{k}{2.L} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

k est un nombre entier

L : longueur de la corde en m

F : tension mécanique de la corde en N

μ : masse linéique de la corde en kg.m^{-1}

f : fréquence en Hz

Une guitare représentée **figure n°2 annexe 2**, comporte 6 cordes de masses linéiques différentes. Chaque corde est montée entre le chevalet et le sillet, elle est reliée à une clé permettant de régler sa tension (**figure n°3 annexe 2**). La distance **L** entre le chevalet et le sillet est **L = 65 cm**.

L'une des cordes, dite « corde n°2 », est la corde du **La₁** de fréquence 110 Hz.

- II.1. Quel est l'intérêt de pouvoir régler la tension des cordes ?
- II.2. Pourquoi les cordes ont-elles des masses linéiques différentes ?
- II.3. Un musicien veut accorder la corde n°2. Avant l'accord, il pince cette corde n°2. On enregistre à l'aide d'un micro le son émis. On obtient l'enregistrement de la **courbe 1 (annexe 3)**
 - II.3.1. Quelle est la fréquence de la note émise ?
 - II.3.2. Un logiciel permet de faire l'analyse spectrale de l'enregistrement précédent. **Les courbes 2 et 3 de l'annexe 3** présentent deux diagrammes de fréquences. Lequel correspond à l'enregistrement précédent ? Justifier la réponse.
 - II.3.3. Comment le musicien doit-il agir sur la corde pour obtenir le **La₁** ?

Figure n° 2 : guitare

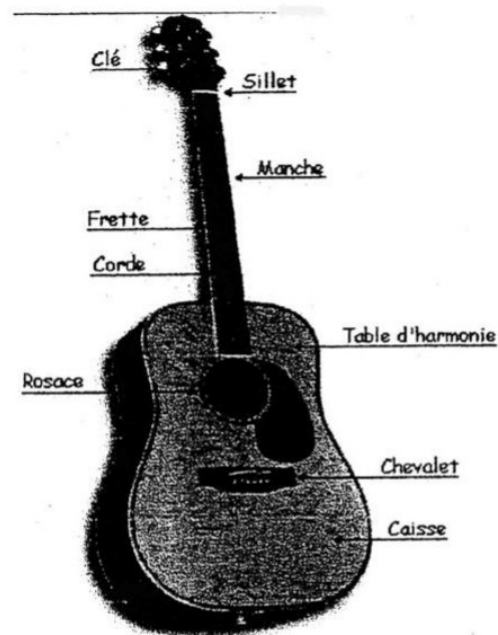
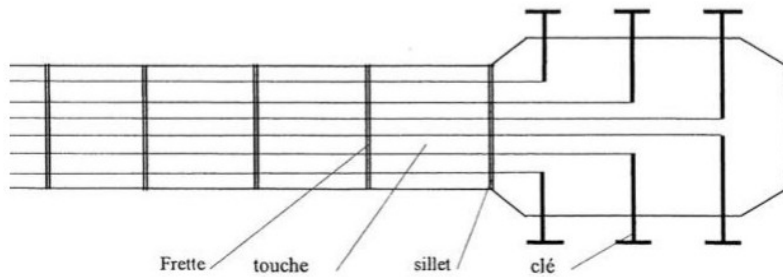
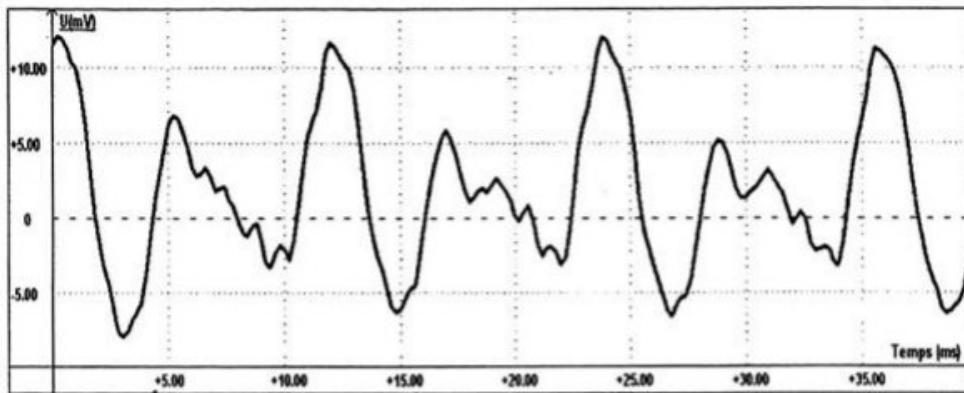


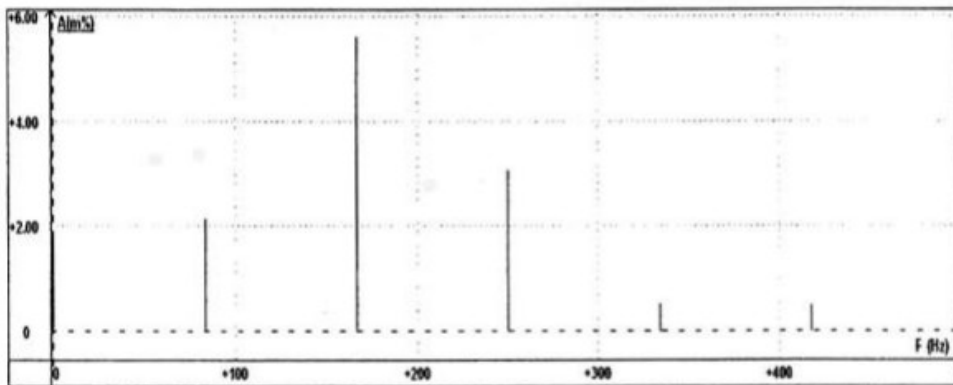
Figure n° 3 : Manche d'une guitare



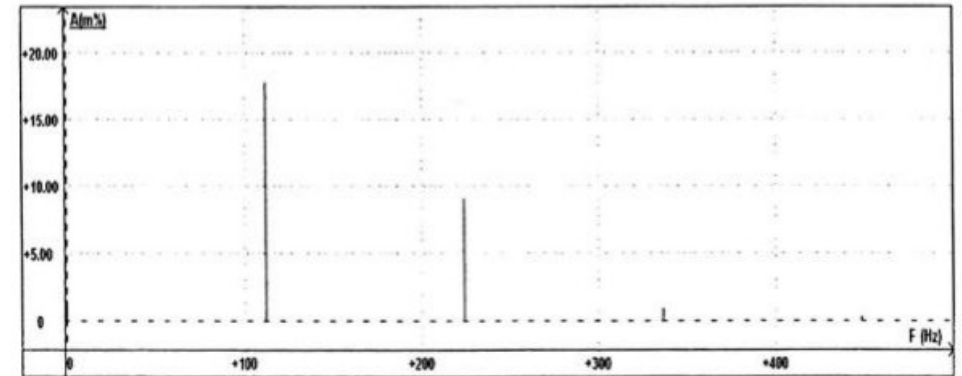
ANNEXE 3



Courbe 1 : enregistrement du signal sonore émis par la corde n° 2



Courbe 2 : Diagramme de fréquences n° 1



Courbe 3 : Diagramme de fréquences n° 2

Exercice 5 corrigé disponible

Données : quelques notes et leur fréquence.

Note	do	ré	mi	fa	sol	la	si
Fréquence (Hz)	262	294	330	349	392	440	494

Dans une trompette, un piston actionné bouche le tuyau principal et ouvre une dérivation vers une coulisse. L'onde sonore doit ainsi parcourir une longueur de tube supplémentaire, ce qui abaisse la hauteur de la note jouée. La trompette a trois pistons, qui libèrent des coulisses de longueurs égales respectivement à environ 6, 12 et 18 pour cent de la longueur du corps principal.



Pour un instrument à vent, on $f = \frac{v}{2L}$ avec f fréquence fondamentale L

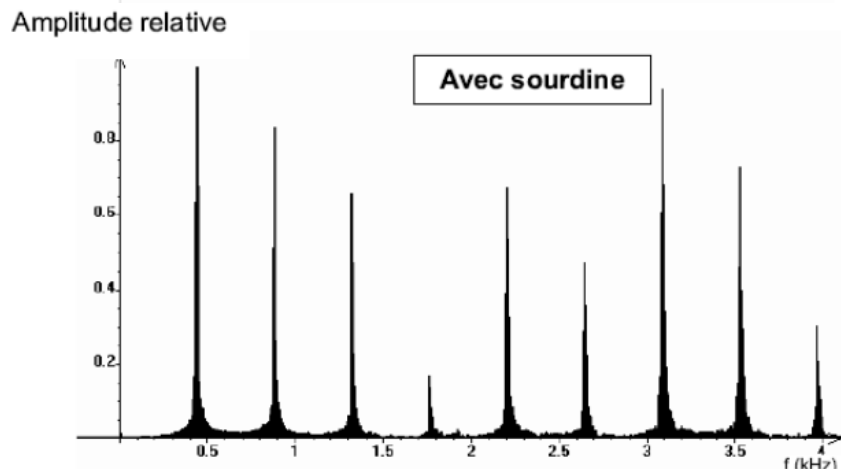
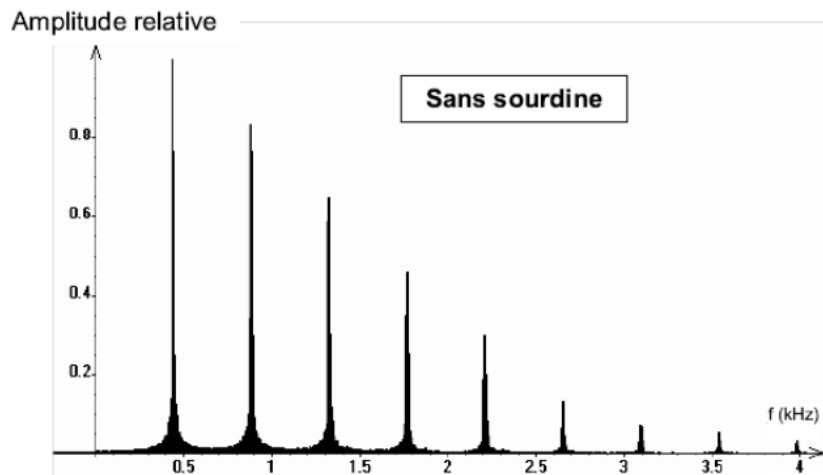
longueur de la colonne d'air et $v = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

- 1.1. Nommer la grandeur physique qui mesure la hauteur d'un son.
- 1.2. Sans agir sur aucun piston, on joue un sol. En enfonçant l'un des pistons, la nouvelle longueur L' de la colonne d'air est liée à sa longueur initiale L par la relation $L' = 1,12 \cdot L$.

Quelle est alors la fréquence f' du son émis? À quelle note correspond-elle ?

2. Une trompette peut être munie d'une sourdine. Cette dernière réduit la transmission d'énergie à l'air ambiant.

- .2.1. Quelle grandeur caractéristique du son émis par la trompette voit sa valeur alors diminuée ?
- .2.2. On propose ci-dessous les spectres de deux sons émis par une trompette avec et sans sourdine.



En comparant les deux spectres, préciser en justifiant :

- si la trompette émet la même note dans les deux cas ;
- quelle autre grandeur caractéristique d'un son est également modifiée par la sourdine.

Exercice 6 corrigé disponible

D'après l'institut national de recherche et de sécurité (INRS), un niveau sonore de 80dB correspondant au seuil de « nocivité » : cela signifie qu'être exposé à un son de ce niveau 8 heures par jour au moins entraîne des problèmes de santé. Un son de 130dB provoque immédiatement une sensation douloureuse.

Donnée : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

- a- Lors d'un contrôle dans un concert de rock, une intensité sonore de $0,10 \text{ W.m}^{-2}$ a été mesurée dans la zone réservée au public. Le seuil de nocivité a-t-il été dépassé ?
- b- Une tondeuse à gazon émet un bruit à 80dB. Combien de tondeuse doivent fonctionner simultanément pour atteindre le niveau sonore du concert de rock ?