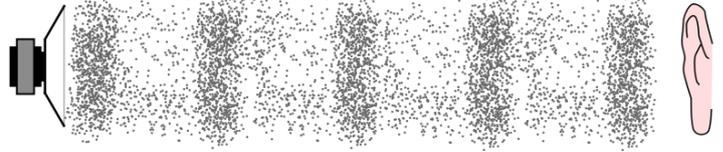
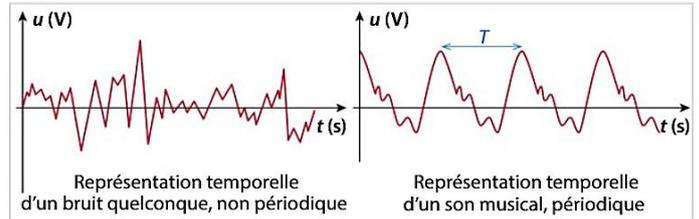


I Rappel : les signaux sonores

Une onde sonore dans l'air est constituée d'une succession de et de des molécules de l'air.



On peut constater que, pour un, un morceau de la courbe se répète régulièrement. On le qualifie de « **signal** ». Le morceau de la courbe qui se répète est le

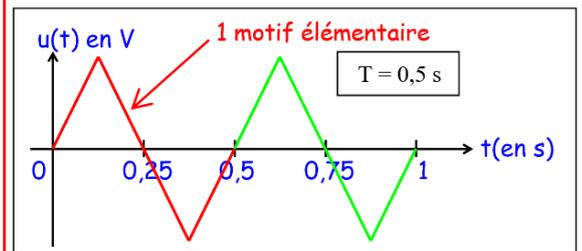


La d'un signal périodique correspond à

La période se note et se mesure en (symbole :) .

La correspond au

Elle se note et se mesure en (symbole :) .



Pour la période, on utilise souvent des sous-multiples de la seconde :

- la (symbole :) .
- la (symbole :) .

Rappel : 1 ms = 10⁻³ s et 1 μs = 10⁻⁶ s.

s			ms			μs

Pour la fréquence, on utilise souvent des multiples du hertz : le (symbole : kHz), le (symbole : MHz) et le (symbole : GHz).

Rappel : 1 kHz = 10³ Hz , 1 MHz = 10⁶ Hz et 1 GHz = 10⁹ Hz.

GHz			MHz			kHz			Hz

La période est l'inverse de la fréquence :



Avec : f : fréquence en hertz (symbole : Hz)
T : période en seconde (symbole : s)

Attention : avant de calculer une fréquence, il faut donc convertir la **période T** en **seconde** !!

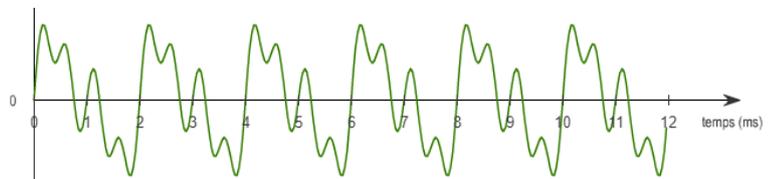
Exercice :

a) Quelle est la période T de ce signal ?

.....

b) Calculer la fréquence f de ce signal.

.....



II Les sons purs et les sons complexes

Expérience : Utilisation du logiciel Audacity pour analyser différentes notes de musique.

Note de musique	Do	Ré	Mi	Fa	Sol	La	Si
Fréquence (en Hz)	262	294	330	350	392	440	494



- Lancer le logiciel Audacity.
 - Ouvrir le fichier : **fichier1-diapason**, **fichier2-guitare** et **fichier3-piano**.
- 1) Déterminer la fréquence émise par le diapason, puis la note correspondante.

.....

.....

- 2) Déterminer la fréquence émise par ces deux instruments, puis la note correspondante.

.....

.....

- 3) Quelle différence y a-t-il sur la forme du signal entre celui du diapason et ceux de la guitare et du piano ?

.....

.....

.....

- Ouvrir le fichier : **fichier4-guitare**.

- 4) Déterminer la fréquence émise par la guitare, puis la note correspondante.

.....

.....

.....

On peut représenter le **spectre en fréquence du son** en portant en ordonnées les amplitudes des sons purs qui sont présents et en abscisse leur fréquence.

- Visualiser le spectre en fréquence de chaque son avec l'onglet « Analyse » puis « Tracer le spectre ».
- 5) Relever la (ou les) fréquence(s) présente(s) dans le spectre en fréquence de chaque son (5 maxi).

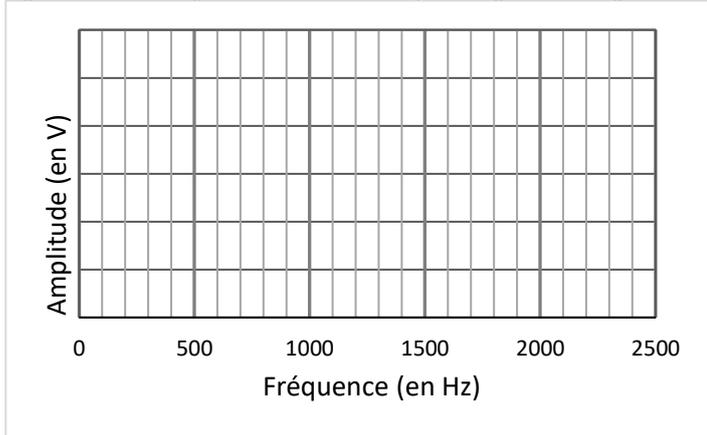
.....

.....

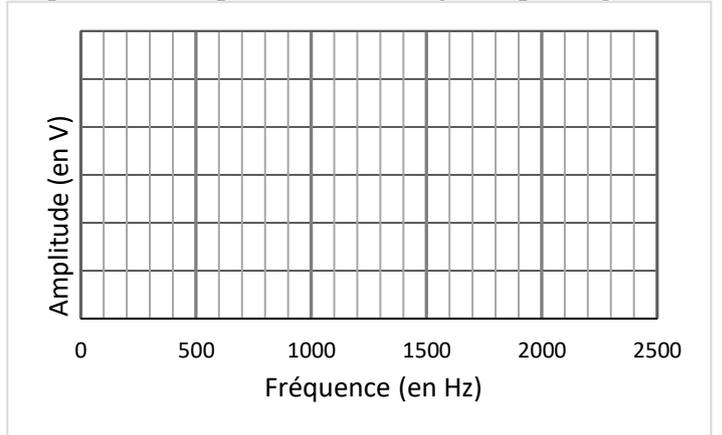
.....

- 6) Dans les spectres en fréquence suivants, tracer un trait vertical pour chaque fréquence présente.

Spectre en fréquence de la note jouée par le diapason :

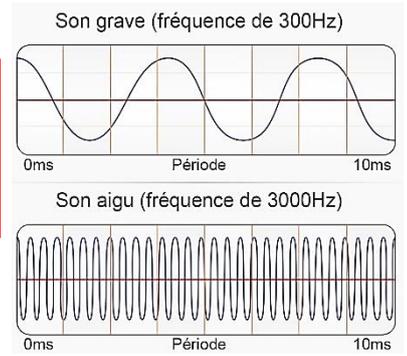


Spectre en fréquence de la note jouée par la guitare :

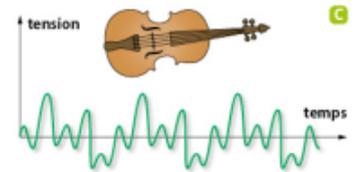
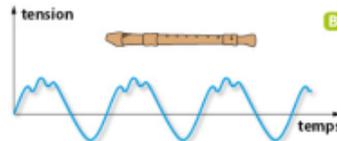
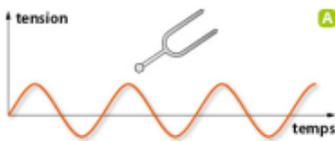


7) Trouver un rapport (une relation) entre les différentes fréquences relevées pour la guitare.

La d'un son correspond à une
 , repérée par une
 Un a une
 qu'un son grave.



Deux instruments de musique différents jouant la
 peuvent être différenciés par l'oreille car les deux sons émis n'ont



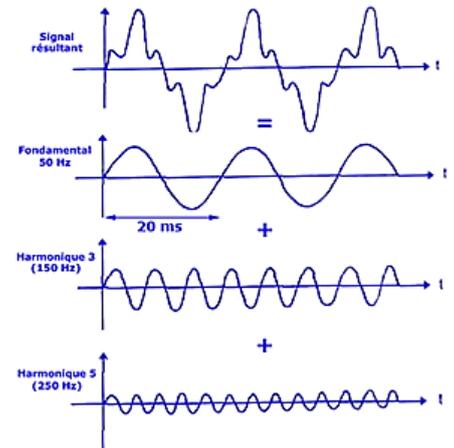
Le est lié à
 Il correspond à l'identité sonore d'un instrument ou d'une voix.

Si on enregistre au cours du temps le son produit par un diapason, on observe sur l'écran une série de « vagues » parfaites appelées (de la fonction mathématique « sinus »). Le son est alors dit
 Une note jouée par un instrument de musique n'est en général pas un son pur. Sa représentation en fonction du temps n'est , mais elle reste quand même
 Le son est alors dit (ou composé).

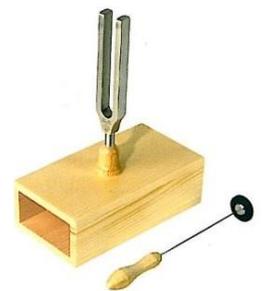
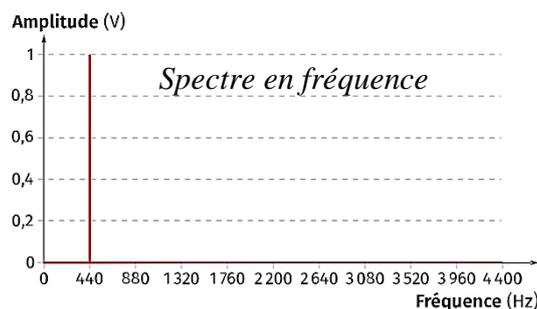
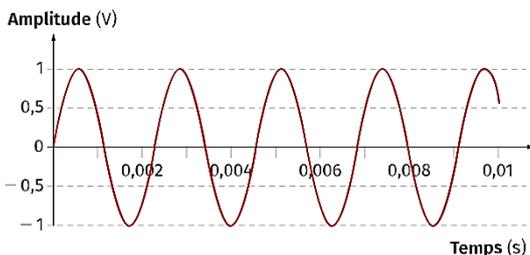


Au début du XIX^e siècle, un mathématicien et physicien français Joseph Fourier (1768-1830) élabore une méthode qui ouvrira des perspectives considérables aux scientifiques. Il affirme que **toute fonction périodique de fréquence f, peut s'écrire comme une somme de fonctions sinusoïdales de fréquence multiple de f.**

Sa méthode appelée « Transformée de Fourier », donne naissance à une nouvelle branche de la physique :
 Ses applications sont incontournables dans de nombreux domaines : les télécommunications, les courants électriques, le traitement d'image, l'analyse des sons.



Un est représenté par un signal périodique
 Le spectre montre la présence d' (un seul pic).

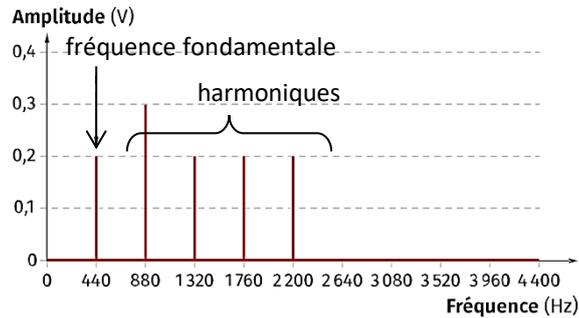
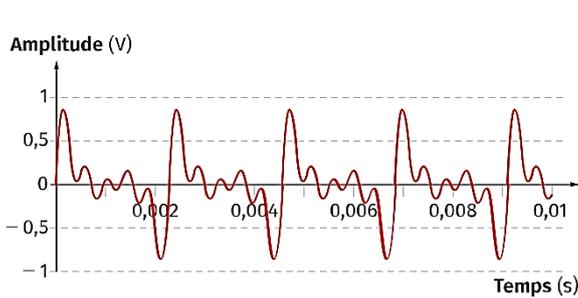


Un est représenté par un signal périodique mais
 Le spectre montre la présence de (plusieurs pics).

Le signal peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux (de sons purs) dont les fréquences sont toutes de la fréquence la plus basse : la

Les fréquences multiples sont les (notée f_2, f_3, \dots).

On a donc :



Selon les instruments qui jouent une même note, les **harmoniques** ont des importances différentes : elles sont plus ou moins présentes, donnant ainsi un à la note, qui va nous permettre de reconnaître cet instrument même si, pourtant, tous jouent la même note.

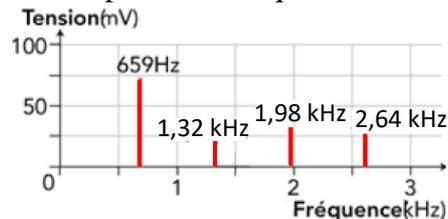
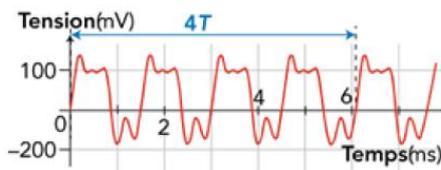
C'est cependant la **fréquence fondamentale** qui « fixe » la fréquence perçue par l'oreille, c'est-à-dire la du son (la note).

La d'une note de musique (grave ou aigüe) est liée à la

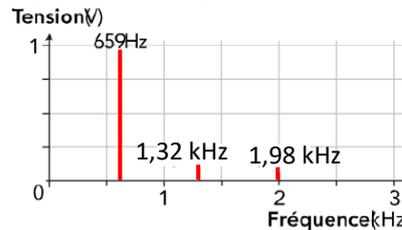
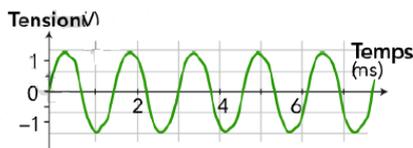
Le d'une note est lié à la présence des et à leur amplitude.

Exercice : On reproduit ici deux oscillogrammes :

- Oscillogramme de la note Mi émise par une guitare et spectre en fréquence associé :



- Oscillogramme de la note Mi émise par une flûte et spectre en fréquence associé :



1) À partir des courbes en fonction du temps, déterminer la période et la fréquence de la note émise par ces instruments. Vérifier que l'on retrouve bien la fréquence fondamentale indiquée sur le spectre.

.....

2) Relever les fréquences des différentes harmoniques de chaque instrument. Vérifier qu'elles sont des multiples de la fréquence fondamentale f .

.....

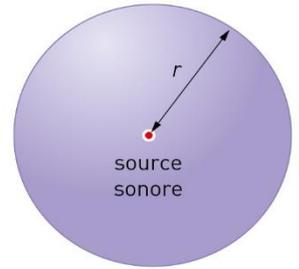
III La puissance et le niveau d'intensité sonore

1) Intensité sonore

La d'une onde sonore produite par une source se note et se mesure en (symbole : W). Elle représente l'énergie fournie au phénomène par unité de temps.

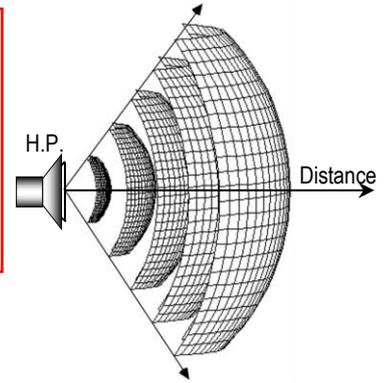
Le son se propage dans toutes les directions de l'espace. La puissance donnée à l'onde au départ se répartit donc sur une surface de plus en plus grande.

Dans un milieu homogène (une pièce sans obstacle), la puissance du son produit par une source sonore se répartit sur une sphère, ayant pour centre la source sonore.



..... se note et représente la puissance de l'onde sonore reçue par unité de surface S . Elle se mesure en (.....).

I : Intensité sonore en $W.m^{-2}$
 P : Puissance de l'onde sonore en W
 S : surface en m^2



Plus on s'éloigne de la source, plus l'intensité sonore diminue car la puissance de l'onde sonore produite par la source se répartit sur une surface de plus en plus grande.

Exercices :

- Déterminer l'intensité perçue pour un son de puissance $1,5 W$ réparti sur une surface de $30 m^2$.
- Un chanteur émet un chant d'intensité sonore valant $8 W.m^{-2}$. Ce son se répartit sur $5 m^2$. Calculer la puissance sonore délivrée par le chanteur.
- Le son d'un instrument se propage de manière sphérique dans l'air et a une puissance d'environ $0,10 W$. Calculer l'intensité sonore I perçue à une distance de $3 m$ de l'instrument.
 Donnée : surface d'une sphère de rayon R : $S = 4 \times \pi \times R^2$

2) Niveau d'intensité sonore

La perception d'un son de fréquence $1000 Hz$ pour l'oreille humaine est telle que :

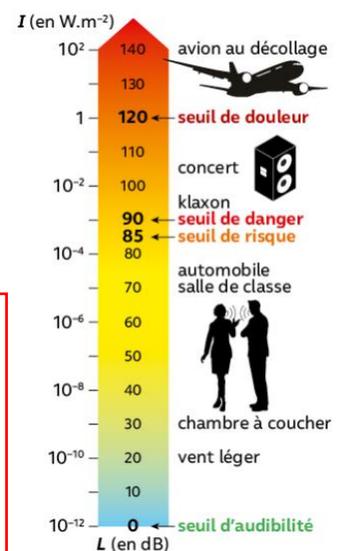
- Le seuil d'audibilité est :
- Le seuil de douleur est :

Les valeurs des intensités sonores s'étalent donc sur une grande échelle d'ordre de grandeur. Elles sont généralement exprimées avec les puissances de 10 et sont peu pratiques à manipuler.

On définit alors une échelle permettant d'exprimer la sensation auditive : c'est le Il permet d'utiliser une échelle plus petite et plus proche des sensations auditives.

Le se note (comme level) et se mesure en (symbole :). Il se mesure avec un Il se calcule par la formule :

L : niveau d'intensité sonore en décibel (dB)
 I : Intensité sonore en $W.m^{-2}$
 $I_0 = 10^{-12} W.m^{-2}$ (seuil d'audibilité)



Remarque : « log » est la fonction « logarithme décimal ». Les calculatrices ont une touche qui permet de le calculer.

Exercices :

1) Calculer le niveau d'intensité sonore L pour une intensité $I = 4 \times 10^{-4} \text{ W.m}^{-2}$.

.....

2) Calculer le niveau d'intensité sonore L pour une intensité double de la précédente.

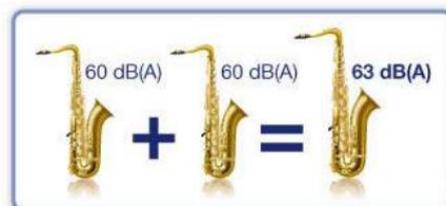
.....

.....

Le niveau d'intensité sonore L et l'intensité sonore I ne sont

.....

Si une source sonore est deux fois plus intense (deux instruments au lieu d'un seul), l'intensité sonore est mais le niveau d'intensité sonore L perçu augmente seulement de L'oreille ne perçoit pas un son « deux fois plus fort » mais « un petit peu plus fort ».



Exercices :

3) Calculer le niveau d'intensité sonore L pour une intensité $I = I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$.

.....

4) Calculer le niveau d'intensité sonore pour une intensité I égale au seuil de douleur I_{max} .

.....

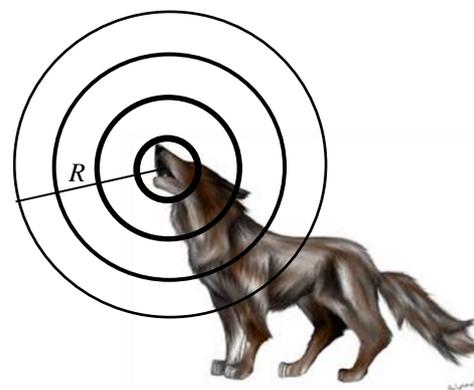
5) Un loup hurle avec une puissance sonore d'environ $5,0 \times 10^{-2} \text{ W}$.
Le son du hurlement se propage de manière sphérique dans l'air.

a. Calculer l'intensité sonore I du cri du loup à 1 km puis à 10 km.

.....

.....

.....



b. Calculer le niveau d'intensité sonore L du cri du loup à 1 km puis à 10 km.

.....

.....

Surface d'une sphère
de rayon R :
 $S = 4 \times \pi \times R^2$

IV La production d'un son en musique

1) Les instruments à cordes

De nombreux instruments de musique utilisent des cordes tendues pour produire des sons (guitare, violon, piano, harpe, ...), ils font partie de la famille des

Lorsque l'on pince la corde d'une guitare ou que l'on frappe la corde d'un piano, elle se met à vibrer. Cette vibration engendre un

Lorsqu'une telle corde vibre dans toute sa longueur, la déformation initiale se propage de l'une à l'autre des extrémités fixes de la corde en donnant naissance à une onde appelée

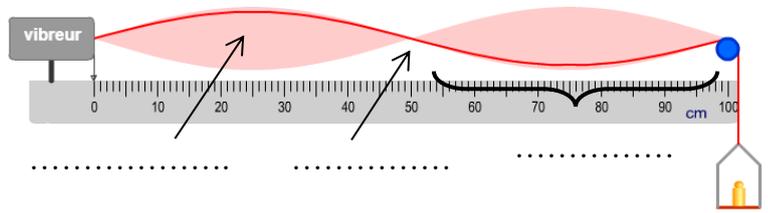


La corde prend la forme d'un ou plusieurs

.....

Les points fixes sont les

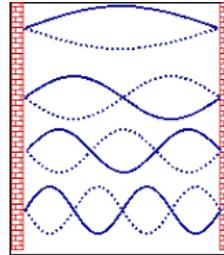
Le centre, qui oscille avec une amplitude maximale, est le



La vibration de la corde peut se décomposer en une somme de vibrations plus simples appelées

.....

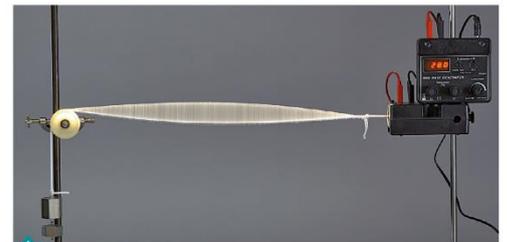
- Le premier mode vibre à la
..... Il correspond à une corde ne présentant qu'.....
- Les fréquences des autres modes correspondent aux du signal sonore. Ils correspondent à une corde présentant



Mode fondamental : 1 fuseau
Harmonique de rang 2 : 2 fuseaux
Harmonique de rang 3 : 3 fuseaux
Harmonique de rang 4 : 4 fuseaux

Pour étudier les différents paramètres de la corde pouvant influencer la fréquence fondamentale, on utilise un dispositif expérimental appelé « **corde de Melde** ».

Une corde est attachée à un vibreur. À l'autre extrémité de la corde est accrochée un objet pesant qui permet de tendre la corde.



doc. Dispositif montrant une corde vibrante

Animation : http://physique.ostralo.net/corde_guitare/

✚ Influence de la tension de la corde

Le changement de la masse de l'objet suspendu permet de tendre plus ou moins la corde, en changeant sa tension.

1) On change la masse de l'objet et on relève la fréquence fondamentale.

Tension de la corde	Fréquence fondamentale
200 N	
1 200 N	
2 200 N	



En augmentant la tension des cordes, le guitariste joue une note plus aigue.

2) Comment évolue la fréquence fondamentale en fonction de la tension de la corde ? Le son est-il plus aigue ou plus grave ?

.....
.....

✚ Influence de la longueur de la corde

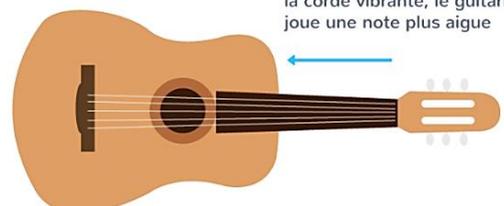
Il est possible de diminuer la longueur de la corde qui vibre en appuyant sur des cases situées entre deux frettes du manche de la guitare.

3) On change la longueur de la corde et on relève la fréquence fondamentale.

Longueur de la corde	Fréquence fondamentale
20 cm	
120 cm	
220 cm	



En diminuant la longueur de la corde vibrante, le guitariste joue une note plus aigue



4) Comment évolue la fréquence fondamentale en fonction de la longueur de la corde ? Le son est-il plus aigu ou plus grave ?

.....

✚ Influence de l'épaisseur de la corde

Il est possible d'augmenter l'épaisseur de la corde qui vibre sur une guitare en changeant de corde. Cela augmente la « masse linéique » de la corde.

5) On change l'épaisseur de la corde et on relève la fréquence fondamentale.

Masse linéique de la corde	Fréquence fondamentale
0,5 g/m	
5,0 g/m	
9,5 g/m	



6) Comment évolue la fréquence fondamentale en fonction de l'épaisseur de la corde ? Le son est-il plus aigu ou plus grave ?

.....

Une corde tendue et mise en vibration émet un, dont la fréquence fondamentale dépend des caractéristiques de la corde :

-
-
-

La formule (non exigible) de la fréquence fondamentale en fonction de ces différents paramètres est :

$$f = \frac{1}{2 \times L} \times \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

L : longueur de la corde en mètre (m)

T : tension de la corde en newton (N)

μ : masse linéique en kilogramme par mètre (kg.m⁻¹)

2) Les instruments à vent

De nombreux instruments de musique utilisent des tuyaux remplis d'air pour produire des sons (flute, saxophone, clarinette, trompette, orgue, etc ...), ils font partie de la famille des

Pour les instruments à vent, le son est produit

La hauteur de la note jouée dépend de la longueur L du tuyau et de la masse volumique de l'air qui vibre dans l'instrument.

