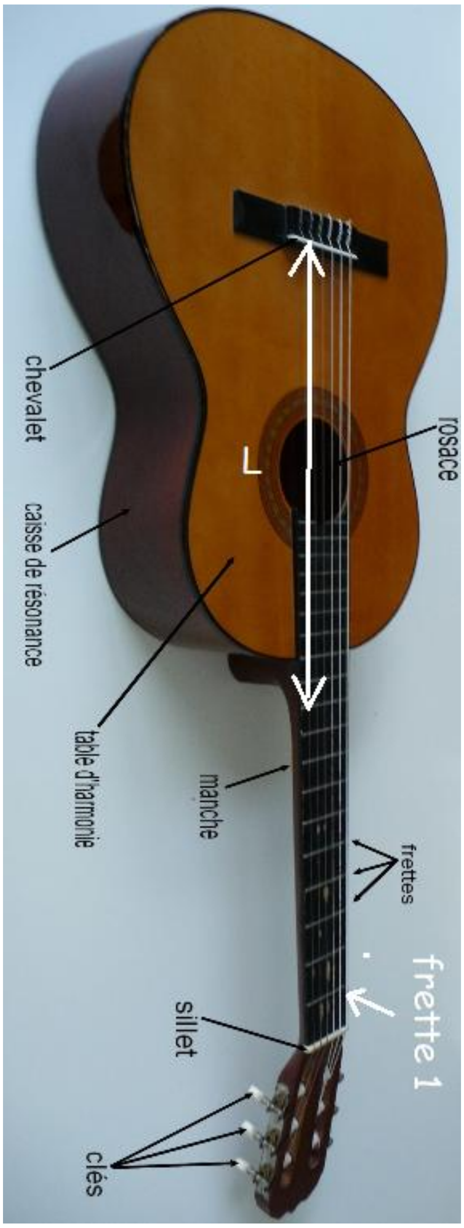
Thème 2:
Son et musique

chapitre 5: instruments de musique

TP 2: étude d'une guitare / fréquence propre de vibration



I) Expériences d'acoustique utilisant une guitare.

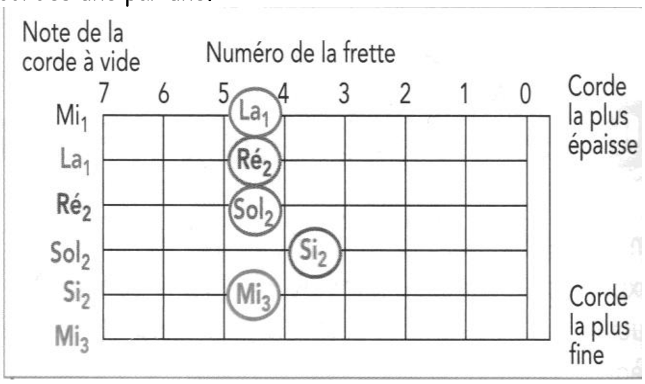
But : mesurer les valeurs de fréquences de notes jouées par la grosse corde d'une guitare en fonction de la longueur de la corde.

1) Informations théoriques générales à connaître sur la guitare

La guitare est un instrument à cordes pincées. Le doigt ou un médiator (plectre) peuvent exciter la corde qui entre en résonance. La caisse de la guitare joue le rôle de caisse de résonance et amplifie le son produit par la corde.
Chaque corde, de longueur L à vide, peut jouer une seule note. Les cordes, pincées à vide, jouent les notes suivantes :

Corde	Note	f(Hz)
1 (la plus épaisse)	Mi_1	82,4
2	La_1	110,0
3	$Ré_2$	146,8
4	Sol_2	196,0
5	Si_2	246,9
6 (la plus fine)	Mi_3	329,6

Pour jouer les différentes notes possibles sur une corde, on pose le doigt sur une case. La corde est alors raccourcie à une longueur L', distance entre la frette située plus bas sur le manche et le chevalet. Le tableau suivant donne les notes que peuvent jouer un piano et les fréquences correspondantes.
Ce tableau est bien sûr également valable pour une guitare. L'accordage est le réglage de la tension de chaque corde pour qu'elle produise, lorsqu'elle vibre sur toute sa longueur, une note de fréquence précise. Quand on appuie sur la cinquième case de la corde mi1 bien accordée, la corde, en vibrant, joue un la1. Si la corde du dessus, jouée à vide, est bien accordée elle doit donc aussi jouer un la1. Sinon, le guitariste tournera la clé de la deuxième corde jusqu'à ce que cette corde joue bien un la1. En pratique, un guitariste commencera en général par accorder la corde la plus fine par comparaison du son joué par la guitare lorsqu'un doigt est positionné sur la cinquième case, et un diapason la_3 de fréquence f=440 Hz. Par comparaison, il accordera ensuite les différentes autres cordes une par une.



Note	Fréquence de notes (Hz)
do$_1$	65,406
ré$_1$	73,416
mi$_1$	82,407
fa$_1$	87,307
sol$_1$	97,999
la$_1$	110
si$_1$	123,47
do$_2$	130,81
ré$_2$	146,83
mi$_2$	164,81
fa$_2$	174,61
sol$_2$	196
la$_2$	220
si$_2$	246,94
do$_3$	261,63
ré$_3$	293,66
mi$_3$	329,63
fa$_3$	349,23
sol$_3$	392
la$_3$	440
si$_3$	493,88
do$_4$	523,25
ré$_4$	587,33
mi$_4$	659,26
fa$_4$	698,46
sol$_4$	783,99
la$_4$	880
si$_4$	987,77
do$_5$	1 046,5
ré$_5$	1 174,7
mi$_5$	1 318,5
fa$_5$	1 396,9
sol$_5$	1 568
la$_5$	1 760
si$_5$	1 975,5

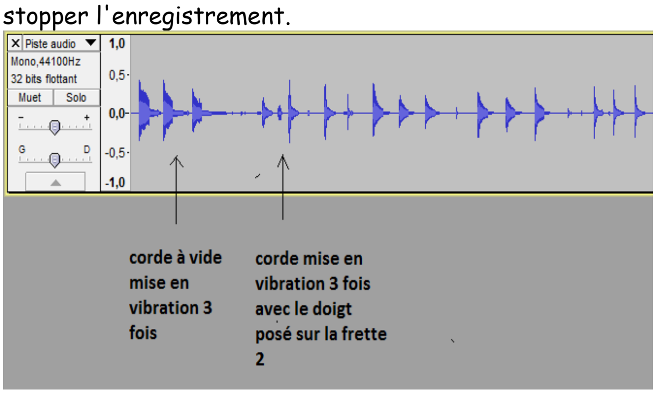
2) relation entre fréquence de la note et longueur de la corde

Q1 Mesurer la distance entre le chevalet et le numéro de la frette indiqué dans le tableau ci-dessous. Ouvrir le logiciel audacity.

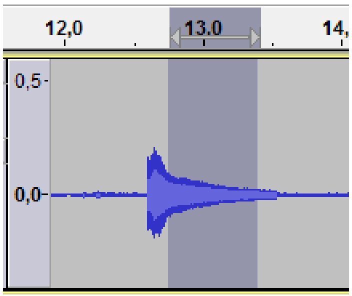
L (cm): distance entre le chevalet et la frette

Numéro de la frette	Corde à vide	2	4	6	8	10
L (cm)						
f_{onte}(Hz)						

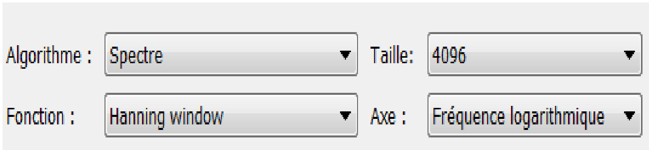
Lancer l'acquisition, pincer 3 fois la plus grosse corde à vide de manière à enregistrer 3 fois la même note (si une note est mal jouée vous pourrez recommencer le calcul avec les 2 autres essais). Poser votre doigt sur la frette 2 et pincer à nouveau 3 fois la corde et ainsi de suite jusqu'à la frette 10. Une fois les notes enregistrées stopper l'enregistrement.



Mesure de la fréquence de la note: sélectionne la première note correspondant à la corde à vide



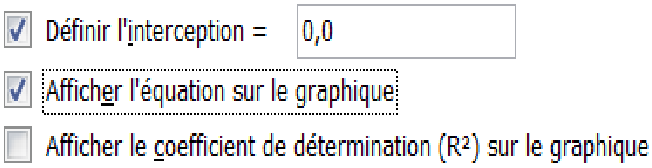
Clique sur **analyse, tracer le spectre,** règle les paramètres de l'analyse spectrale avec les valeurs suivantes:



Repère la fréquence du fondamental et en déduire la fréquence de la note. Remplir le tableau ci dessus. Recommencer éventuellement l'analyse pour le second enregistrement pour vérifier votre résultat. Procéder de la même façon pour les autres notes correspondant aux frettes 2, 4, 6,8 et 10. Comment évolue la fréquence quand la longueur de la corde diminue?

Q2 A l'aide d'Excel, tracer la courbe de la fréquence f(Hz) de la note en fonction de l'inverse de sa longueur 1/L (m^{-1}) (attention convertir les cm en m!). Déterminer son équation (afficher l'équation sur le graphique).

Lorsque vous faites déterminer par Excel l'équation de la droite, cocher l'option définir l'interception = 0,0 si la droite semble passer par l'origine. L'équation de la droite sera plus précise (dans tout le TP cocher cette option à chaque fois que cela vous semble judicieux).



3) autres paramètres influant sur la fréquence de la note

- La masse linéique μ de la corde est égale au rapport de sa masse sur sa longueur :

$$\mu(kg.m^{-1}) = \frac{m(kg)}{L(m)}$$

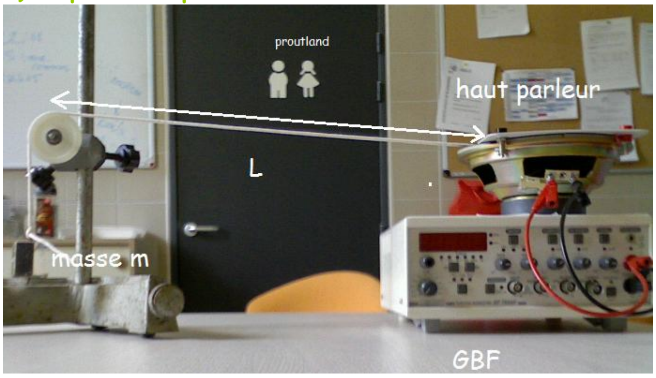
Q3 Faire vibrer à tour de rôle chacune des cordes. Comment varie la fréquence de la note lorsque la masse linéique augmente ?

- Faire tourner d'un tour, dans le sens des aiguilles d'une montre, la clef correspondant à la corde la plus fine, de manière à augmenter la force de tension F exercée sur la corde. Faire vibrer la corde. Remettre ensuite la clef dans sa position initiale. Comment varie la fréquence de la note lorsque la force de tension F augmente ?

Conclusion : quels sont les paramètres influant sur la fréquence d'une note produite par une guitare ?

II) mode propre de vibration d'une corde

1) dispositif expérimental



On assimilera le dispositif ci dessus à une corde de guitare qu'on va faire vibrer à une fréquence réglable. On va déterminer la relation entre la fréquence de vibration d'une corde (donc la fréquence de la note produite) et:

- sa masse linéique μ
- sa tension F(N)

Le dispositif comprend:

- une corde dont l'une des extrémités est reliée à une masse m. La masse m est en équilibre sous l'action de 2 forces, son poids P = m.g et la tension de la corde F. Ces 2 vecteurs forces se compensent donc:

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$$
$$\vec{P} = -\vec{F}$$
$$F = P = m.g$$

La tension F de la corde est égale au produit de la masse par l'intensité du champ de pesanteur terrestre g = 9,8 $N.kg^{-1}$.

- un haut parleur couplé à un générateur basse fréquence (GBF) qui va faire vibrer la corde à la fréquence de la tension délivrée par le GBF.

La distance entre le point d'attache de la corde et la poulie sera fixé à **L =1,20 m**. Lorsque la corde oscille librement, elle produit une onde sonore de fréquence f_1. Cette fréquence est appelée fréquence propre de vibration de la corde. Lorsqu'on la fait vibrer, à l'aide du HP, à une fréquence f(GBF) = f_1, elle entre en **résonnance**. On peut ainsi déterminer sa fréquence propre de vibration.

On utilisera 3 cordes différentes de masse linéique:

$\mu_1 = 1{,}67\text{x}10^{-3} kg.m^{-1}$; $\mu_2 = 5{,}88\text{x}10^{-4} kg.m^{-1}$;
$\mu_3 = 4{,}55\text{x}10^{-4} kg.m^{-1}$

3 binômes utiliseront la corde 1, 3 autres la corde 2 et les 3 derniers la corde 3.

2) fréquence en fonction de la tension de la corde

Q1 Fixer la masse m = 50 g au bout de la corde. Augmenter progressivement la fréquence du GBF (en partant d'une valeur f = 0 Hz). Lorsque la corde entre en résonnance, elle présente alors un fuseau. Noter la fréquence propre de la corde dans le tableau ci dessous.

Q2 Que remarquez vous lorsque la fréquence du GBF vaut f = 2.f1 puis f = 3.f1?

Q3 Changer de masse et recommencer l'expérience. Pour les autres valeurs de m. Lorsque la fréquence propre de vibration n'est pas facilement mise en évidence chercher la fréquence pour laquelle on obtient 2 voir 3 fuseaux et diviser la valeur obtenue par 2 ou 3.

g = 9,8 $N.kg^{-1}$.

Q4 Quelle fonction reliant la tension et la fréquence vous semble linéaire? Tracer la courbe correspondante et déterminer son équation. Chaque binôme remplira le tableau correspondant à leur masse linéique. L'ensemble des mesures sera rempli sur le tableau du professeur.

m(g)	50,0	100	150	200	250
Tension de la corde F (N)					
$\sqrt{F}(N^{1/2})$					
f_1(Hz) $\mu_1 = 1{,}67\text{x}10^{-3} kg.m^{-1}$					
f_1(Hz) $\mu_2 = 5{,}88\text{x}10^{-4} kg.m^{-1}$					
f_1(Hz) $\mu_3 = 4{,}55\text{x}10^{-4} kg.m^{-1}$					

3) fréquence en fonction de l'inverse de la racine carré de la masse linéique

Remplir le tableau suivant pour m = 200 g (T = 1,96 N)

$\frac{1}{\sqrt{\mu}} (kg^{-1/2}.m^{1/2})$	fréquence f_1(Hz)
$\frac{1}{\sqrt{\mu_1}} =$	
$\frac{1}{\sqrt{\mu_2}} =$	
$\frac{1}{\sqrt{\mu_3}} =$	

Q5 Tracer la courbe de la fréquence en fonction de l'inverse de la racine carré de la masse linéique. En déduire une relation entre ces deux grandeurs physiques.

Q6 Proposer une formule liant la fréquence f de vibration d'une corde de guitare avec sa masse linéique, sa longueur et sa tension.