THÈME 2 : SON & MUSIQUE

INSTRUMENTS DE MUSIQUE

A1 - LES FRETTES DE LA GUITARE

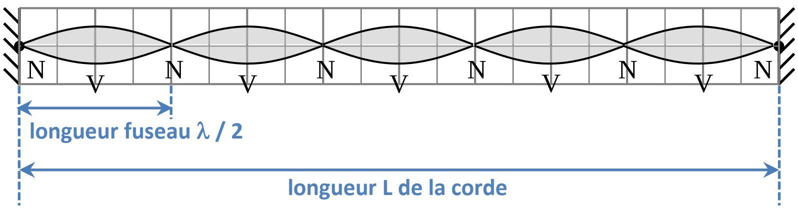
A. ANALYSE ET SYNTHÈSE DE DOCUMENTS SCIENTIFIQUES

"les molécules d'air" : l'air est un mélange gazeux ⇒ l'expression correcte aurait été ***"les molécules des gaz constituant l'air"***.
"… et les molécules cherchent aussitôt à retrouver leur espace vital en s'écartant les unes des autres" : une molécule n'est pas vivante ⇒ une expression correcte aurait été ***"les molécules reprennent leur position initiale en s'écartant les unes des autres"***.
"la vitesse de vibration" ⇒ l'expression correcte est ***"la fréquence de vibration"***.

1. En vibrant, une corde crée des zones de surpression dans l'air proche d'elle. Ces zones de surpression se déplacent comme des vagues dans toutes les directions de l'espace. Notre oreille est sensible à ces zones de surpression.
La surface d'une corde en contact avec l'air étant trop faible pour obtenir un son exploitable, les vibrations des cordes sont transmises à la table d'harmonie qui joue le rôle de caisse de résonance en amplifiant le son.

2. Aspect d'une corde de longueur L vibrant selon l'harmonique de rang 5 :

n = 5



Longueur d'un fuseau : L / 5

Un fuseau correspond à λ / 2 donc : $\dfrac{L}{5} = \dfrac{\lambda_5}{2}$ soit $\lambda_5 = \dfrac{2.L}{5}$

Fréquence de l'harmonique de rang 5 : $f_5 = 5.f_1$

3. $$\left[\sqrt{\frac{T}{\mu}}\right] = \left[\sqrt{\frac{m.a}{\mu}}\right] = \left(\frac{\cancel{kg}.m.s^{-2}}{\cancel{kg}.m^{-1}}\right)^{1/2} = \left(m^2.s^{-2}\right)^{1/2} = m.s^{-1} = [v]$$

4. La fréquence du son émis par la corde est donnée par la relation : $f_1 = \dfrac{1}{2.L}\sqrt{\dfrac{T}{\mu}}$

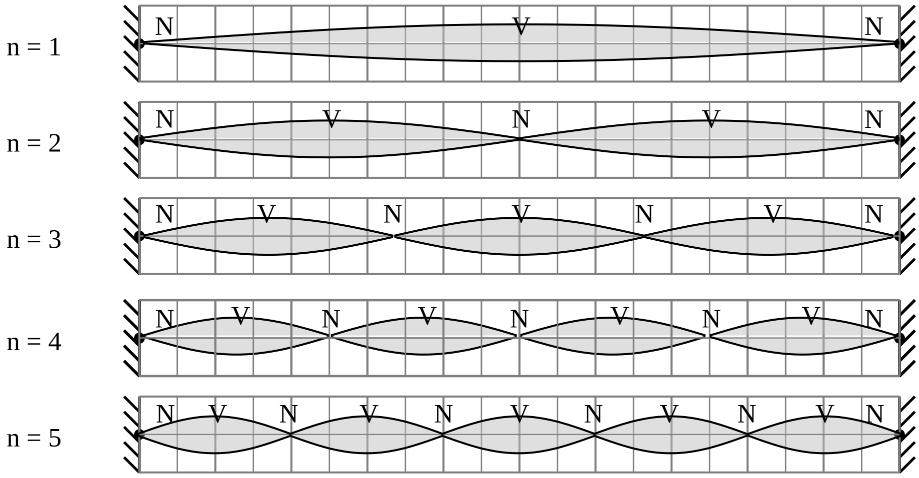
Elle dépend de 3 paramètres :
⇒ la longueur L de la corde : si L ↗ alors f_1 ↘ (son plus grave).
⇒ la tension T de la corde : si T ↗ alors f_1 ↗ (son plus aigu).
⇒ la masse linéique de la corde : si μ ↗ alors f_1 ↘ (son plus grave).

B. ÉTUDE DES OSCILLATIONS FORCÉES D'UNE CORDE RELIÉE À UN VIBREUR

1. Visualisation des modes propres de vibration de la corde

nombre n de fuseaux	1	2	3	4	5
f_n (Hz)	26,0	52,3	78,3	104,4	129,8
f_n / n (Hz)	26,0	26,2	26,1	26,1	26,0

a. Dessiner les fuseaux observés pour les différentes valeurs de n. Indiquer les nœuds (notés N) et les ventres (notés V).



b. Le rapport f_n / n est bien constant aux incertitudes de mesure près.

2. Influence de la tension T de la corde

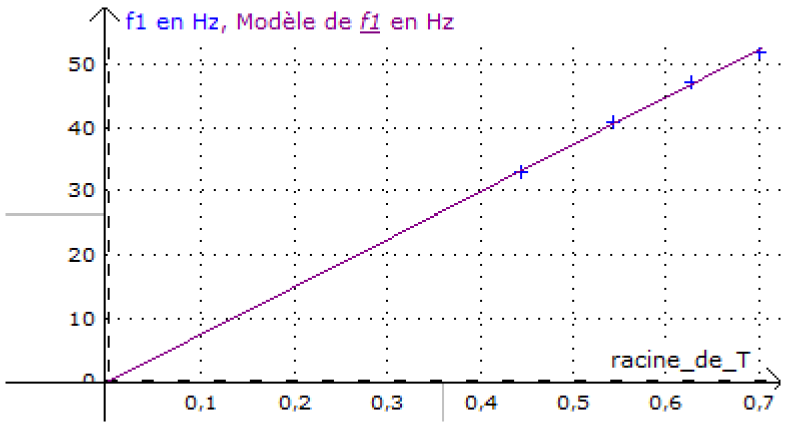
a. Relation entre la tension T du fil et la masse m : T = m.g (la poulie transmet les forces).

b. Placer une masse de m = 20,0g à l'extrémité du fil de pêche. Régler le dispositif de sorte que la longueur du fil soit égale à L = 50,0cm. Régler la fréquence du GBF afin d'observer un seul fuseau.
Compléter le tableau.

m (g)	20,0	30,0	40,0	50,0
f_1 (Hz)	32,8	40,9	47,1	51,7

c. Résultat de la modélisation : $f_1 = k \times \sqrt{T}$ avec k = 74,581S.I.

Coefficient de corrélation : $r = 0{,}998 \geq 0{,}99 \Rightarrow$ le modèle retenu est bien valide.



d. Expression théorique : $f_1 = \dfrac{1}{2.L}\sqrt{\dfrac{T}{\mu}} = \dfrac{1}{2.L.\sqrt{\mu}}\sqrt{T}$

En identifiant ces 2 relations, le coefficient k a donc pour expression : $k = \dfrac{1}{2.L.\sqrt{\mu}}$

En élevant au carré : $k^2 = \dfrac{1}{4.L^2.\mu}$ d'où $\mu = \dfrac{1}{4.L^2.k^2} = \dfrac{1}{4 \times 0{,}50^2 \times 74{,}581^2} = \underline{1{,}8.10^{-4}\,kg.m^{-1}} = \underline{0{,}18 g.m^{-1}}$

C. RPS : POSITIONS DES FRETTES DE LA GUITARE

1. Ces deux notes sont séparées de deux demi-tons : Sol $\rightarrow$ Sol# puis Sol# $\rightarrow$ La
Le guitariste déplace son doigt de 2 cases afin de raccourcir la corde et obtenir cette note plus aigüe.

2. $f\left(La_3\right) = \underline{440Hz}$

Notons : $q = 2^{1/12} \approx 1{,}059$

• **$\boxed{\text{Do3}}$, Do3#, Ré3, Ré3#, Mi3, Fa3, Fa3#, Sol3, Sol3#, $\boxed{\text{La3(440Hz)}}$, La3#, Si3, Do4**

Le La_3 se situe 9 demi-tons au-dessus du Do_3 : $f\left(La_3\right) = q^9 \times f\left(Do_3\right)$

$$f\left(Do_3\right) = \frac{f\left(La_3\right)}{q^9} = \frac{440}{2^{9/12}} = \frac{440}{1{,}682} = \underline{262Hz}$$

ou bien :

• **Do2, Do2#, Ré2, Ré2#, Mi2, Fa2, Fa2#, Sol2, Sol2#, $\boxed{\text{La2(220Hz)}}$, La2#, Si2, $\boxed{\text{Do3}}$**

Le Do_3 se situe 3 demi-tons au-dessus du La_2 : $f\left(Do_3\right) = q^3 \times f\left(La_2\right) = 2^{3/12} \times 220 = 1{,}189 \times 220 = \underline{262Hz}$

$f(Do_4) = 2.f(Do_3) = 524Hz$

3. Raisonnons avec la 1ère corde de la guitare : corde à vide donnant un Mi_1 de fréquence $f_0 = 82{,}4Hz$ (document 2).

① **<u>Calculons les fréquences des notes obtenues en appuyant sur les cases suivantes</u>**.
La note obtenue est à chaque fois un demi-ton au-dessus de la précédente.
<u>1ère frette</u> : $f_1 = q.f_0 = 87{,}3Hz$
<u>2ème frette</u> : $f_2 = q^2.f_0 = 92{,}5Hz$
<u>3ème frette</u> : $f_3 = q^3.f_0 = 98{,}0Hz$

② **<u>Calculons la longueur de la corde nécessaire pour obtenir ces notes</u>**.

<u>1ère frette</u> : $f_1 = \frac{1}{2.L_1}\sqrt{\frac{T}{\mu}} \Leftrightarrow L_1 = \frac{1}{2.f_1}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$

$\Rightarrow$ <u>Comment obtenir le terme</u> $\sqrt{\frac{T}{\mu}}$?

En utilisant cette même relation pour la corde à vide : $f_0 = \frac{1}{2.L_0}\sqrt{\frac{T}{\mu}} \Leftrightarrow \sqrt{\frac{T}{\mu}} = 2.f_0.L_0 = 2 \times 82{,}4 \times 0{,}652 = \underline{107 m.s^{-1}}$

D'où : $L_1 = \frac{1}{2.f_1}\sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{1}{2 \times 87{,}3} \times 107 = 0{,}615m = \underline{61{,}5cm}$

La corde a une longueur de 61,5cm entre le sillet activé et le chevalet.

<u>2ème frette</u> : $L_2 = \frac{1}{2.f_2}\sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{1}{2 \times 92{,}5} \times 107 = 0{,}581m = \underline{58{,}1cm}$

<u>3ème frette</u> : $L_3 = \frac{1}{2.f_3}\sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{1}{2 \times 98{,}0} \times 107 = 0{,}548m = \underline{54{,}8cm}$

③ **<u>Vérifications à partir du document</u>** :

<u>Échelle du document</u> : 9,5cm photo $\leftrightarrow$ 65,2cm soit : 1cm photo $\leftrightarrow$ 6,86cm
1ère frette située à 8,95 × 6,86 = <u>61,4cm</u>
2ème frette située à 8,45 × 6,86 = <u>58,0cm</u>
3ème frette située à 8,00 × 6,86 = <u>54,9cm</u>

Il y a bon accord avec les valeurs calculées aux erreurs de mesure près.