

Résolution de problème 1 : Mode de vibration d'une corde de guitare

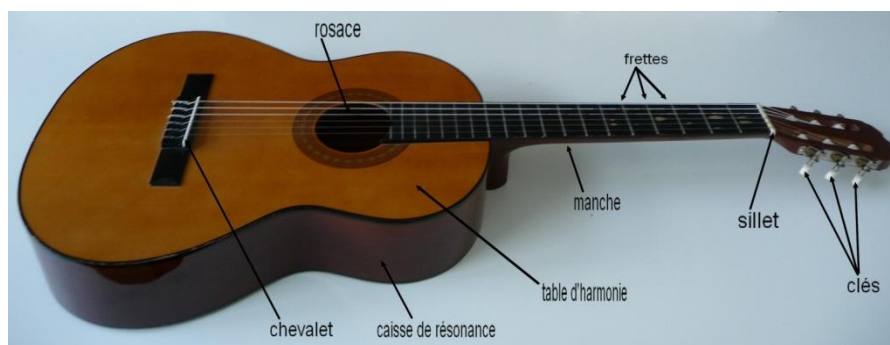
Du piano à la guitare, en passant par le violon, les instruments à cordes émettent des sons de différentes façons : les cordes peuvent être pincées (guitare), frappées (piano) ou frottées (violon). Cela influe sur la manière de vibrer de la corde, contribuant ainsi à créer une grande variété de sons.

Problème 1. Quels sont les modes propres de vibration d'une corde de guitare ?

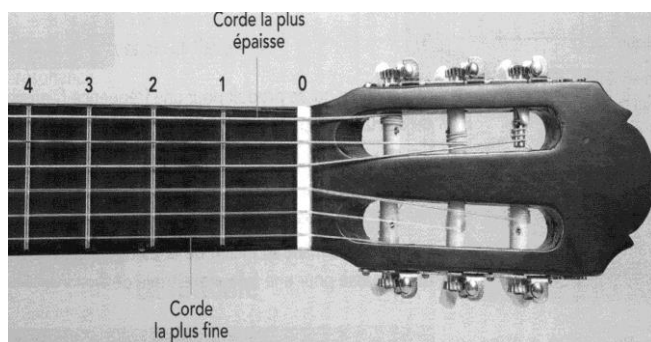
Document 1 : La guitare

Comme tous les instruments de musique, la guitare est constituée de deux parties essentielles à la production d'un son :

- Un **excitateur** qui est à l'origine des vibrations (les cordes !)
- Un **résonateur** qui permet l'amplification et l'émission du son dans le milieu environnant (la caisse de résonance.)



Une guitare classique est constituée de six cordes de diamètres différents qui vibrent lorsqu'elles sont pincées.



corde	note	Fréquence du son émis (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	Mi ₃	329,6

Chaque corde, de longueur $L=64,4$ cm à vide (entre le sillet et le chevalet), peut jouer une seule note. Les cordes, pincées à vide, jouent les notes dont les fréquences sont données dans le tableau.

Des clefs situées sur la tête de la guitare permettent de faire varier la tension mécanique de chaque corde. Afin de produire différentes notes de musique, le guitariste a la possibilité de réduire la longueur de la corde en appuyant entre deux frettes du manche de la guitare.

Document 2 : Oscillations libres d'une corde de guitare

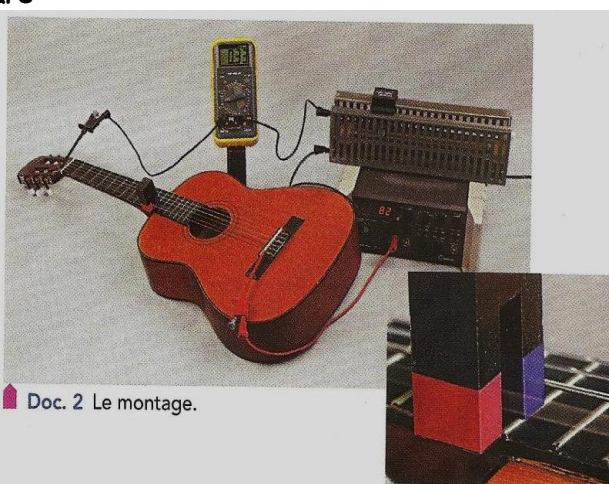
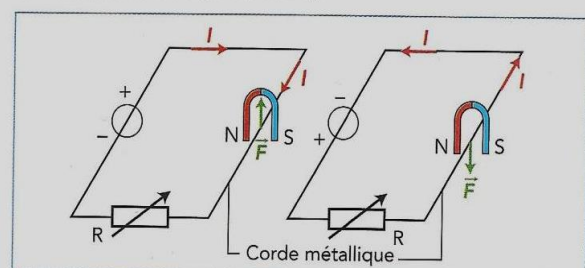
Lorsque le musicien fait vibrer la corde de guitare, elle est le siège d'oscillations libres qui s'amortissent au cours du temps.

On dit que la corde vibre selon plusieurs modes propres et un son complexe est émis.

Document 3 : Oscillations forcées d'une corde de guitare

On peut faire vibrer une corde métallique en plaçant un aimant à proximité de cette corde parcourue par un courant d'intensité alternative sinusoïdale.

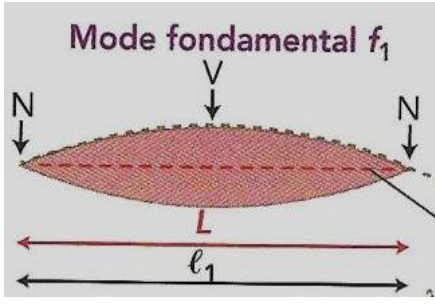
La corde est alors soumise à une force qui provoque des oscillations transversales de même fréquence que celle du courant électrique (doc. 1).



Doc. 2 Le montage.

Document 4 :

Pour certaines valeurs particulières de la fréquence de vibration, l'onde mécanique incidente, de longueur d'onde λ et l'onde réfléchie à l'extrémité de la corde se superposent pour former une onde stationnaire : il n'y a plus de



propagation de l'onde. Une onde stationnaire correspond à un déplacement périodique des points du milieu sans propagation. On voit alors sur la corde des fuseaux dont la longueur est égale à $\lambda/2$. Les extrémités d'une corde en vibration sont immobiles on parle de nœuds de vibration.

Au milieu d'un fuseau, l'amplitude de vibration de la corde est maximale, on parle de ventre d'amplitude.

Position de la corde au repos

Travail demandé.

1/ Placer l'aimant près du milieu de la plus grosse corde (corde du Mi₁). Augmenter la fréquence du courant alternatif traversant la corde en partant de 40 Hz.

- a- Qu'observe-t-on pour une fréquence particulière ?
- b- Comparer cette fréquence aux données du tableau du doc 1.
- c- Pourquoi peut-on appeler cette fréquence « la fréquence fondamentale » ? On note f_1 cette fréquence.

2/ Placer l'aimant au quart de la corde et augmenter de nouveau la fréquence du courant. Observer ce qu'il se passe pour une fréquence double de f_1 .

3/ Replacer l'aimant au centre de la corde et observer ce qu'il se passe pour une fréquence triple de f_1 .

4/ La corde peut-elle vibrer pour n'importe quelles valeurs de fréquence ?

5/ Répondre au problème posé.

Problème 2. Quel est l'influence de chacune des parties de la guitare dans la production d'une note de fréquence f_1 ?

Relire le document 1 précédent.

6/ Quelles sont les grandeurs qui peuvent influencer la fréquence du son émis ?

On veut identifier, parmi les propositions suivantes, l'expression de la fréquence fondamentale f_1 .

$$f_1 = 2L \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

$$f_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

$$f_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{\mu}{F}}$$

μ correspond à la masse linéique (masse de la corde par unité de longueur)

F correspond à l'intensité de la force F qui modélise l'action mécanique exercée sur la corde par la masse marquée m . F a même dimension que le produit de m par l'accélération (2^{ème} loi de Newton).

L correspond à la longueur de la corde

7/ On propose ci-dessous le schéma d'un montage. Mettre en œuvre le protocole proposé pour choisir la bonne proposition.

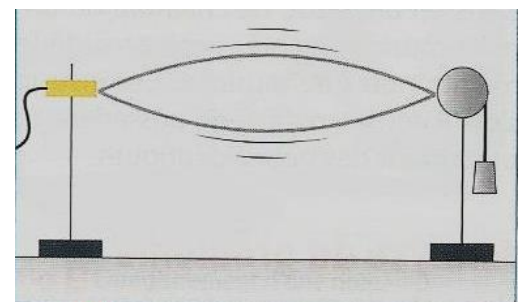
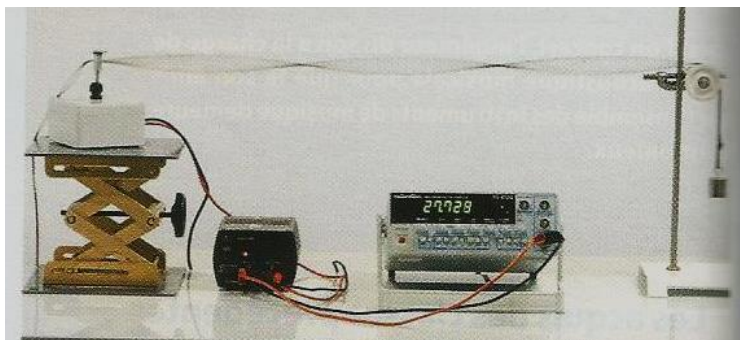


Fig. 4 La corde vibre en décrivant un seul fuseau.

8/ Répondre au problème posé.