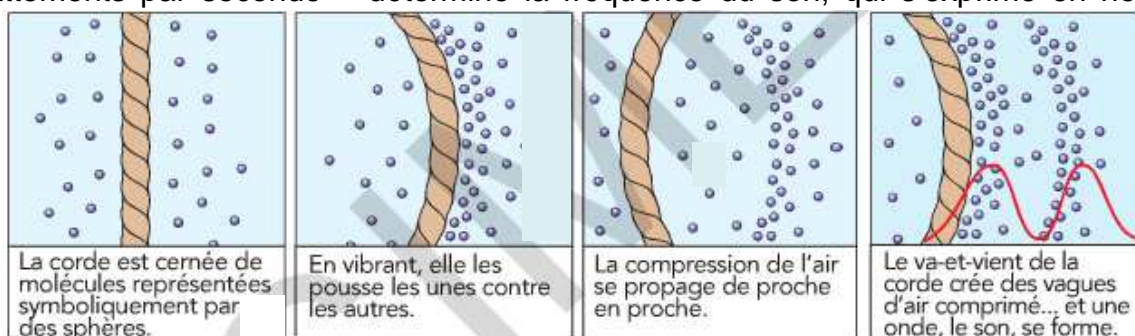


Analyse et synthèse de documents scientifiques : environ 45 min

Document n°1 : Une note est née

Du bout du doigt, le guitariste a déplacé la corde pour la faire vibrer. Celle-ci se déforme alors d'avant en arrière et bouscule **les molécules d'air** autour d'elle. Ainsi, quand la corde avance, elle repousse les molécules devant elle, qui se retrouvent ratatinées les unes contre les autres. L'air est donc comprimé à l'endroit où vient de passer la corde, et **les molécules cherchent aussitôt à retrouver leur espace vital en s'écartant les unes des autres**. Elles repoussent alors leurs voisines comme des boules de billard et, de proche en proche, la zone de surpression se déplace. Le va-et-vient de la corde vibrante crée ainsi une succession de zones de surpression qui vont se déplacer comme des vagues dans la pièce : le son naît. Et le nouveau prend la forme d'une onde, dont les pics correspondent à chaque battement de la corde. Il vibre donc au même rythme. Aussi, **la vitesse de vibration** de la corde – autrement dit, le nombre de battements par seconde – détermine la fréquence du son, qui s'exprime en hertz (Hz).



Document n°2 : La guitare acoustique

La guitare acoustique comporte six cordes tendues entre le chevalet, collé sur la table d'harmonie, et le sillet situé à l'extrémité du manche (→figure 1). La table d'harmonie en sapin est percée d'un ouïe appelée rosace.

Sans caisse de résonance, une corde seule est incapable d'émettre un son. Elle est beaucoup trop fine pour mettre l'air en vibration. Cette fonction est assurée, pour toutes les notes jouées, par la caisse de résonance. Aussi, la forme de cette caisse et la qualité de son bois ont-elles un rôle déterminant sur les sons émis par l'instrument.

Chacune des six cordes est associée à une note : mi grave, la, ré, sol, si et enfin mi aigu. Les cordes sont en acier ou en nylon. La corde du mi grave est la plus grosse, celle du mi aigu, la plus fine. L'accord de la guitare se fait en agissant sur les clés qui modifient la tension des cordes.

Le manche est divisé en touches par des frettes. Pour obtenir une note, le guitariste choisit une touche et appuie, à cet endroit, la corde contre le manche. La corde ne vibre alors que sur la partie comprise entre le chevalet et la frette.

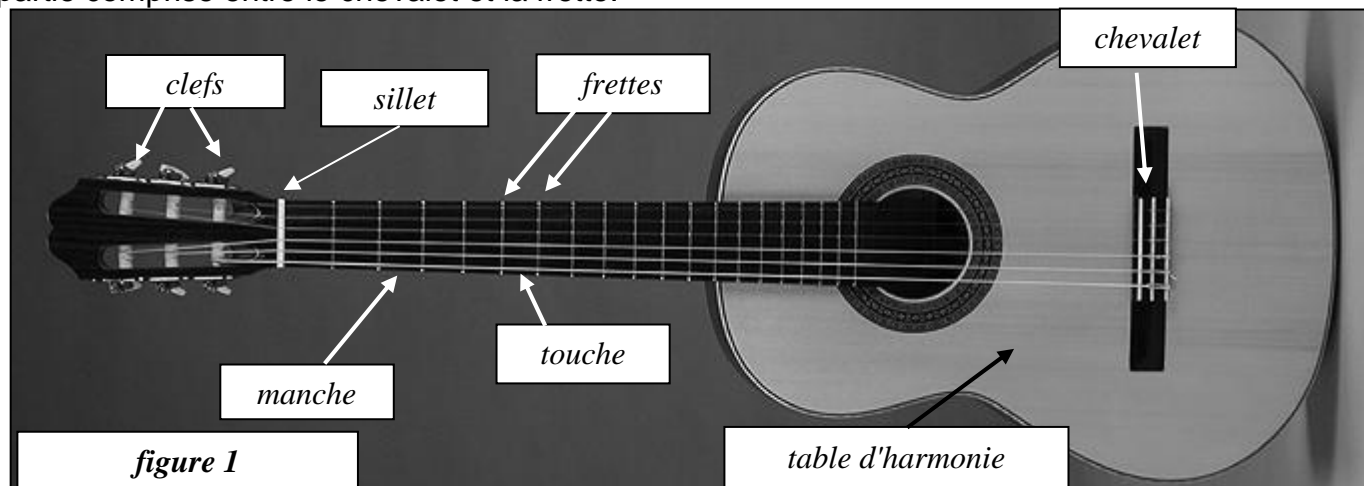


figure 1

Document 3 : ça pince, ça frappe ou ça frotte

Il existe différentes manières de faire vibrer les cordes d'un instrument :

- les cordes d'une guitare sont pincées avec les doigts, avec un médiator (dispositif permettant de pincer ou gratter les cordes d'un instrument, aussi appelé plectre) ou avec un ongles ;
- les cordes du piano sont frappées par des petits marteaux ;
- les cordes du violon ou d'un violoncelle sont frottées avec un archet.

Document 4 : Comment vibre la corde d'une guitare ?

Une corde vibre lorsqu'elle est excitée. Pour certaines fréquences d'excitation, elle prend l'aspect d'un ou plusieurs fuseaux de longueurs égales. À la plus basse de ces fréquences, appelée fréquence fondamentale et notée f_1 , on observe un seul fuseau. On obtient plusieurs fuseaux lorsque la fréquence excitatrice est multiple de la fréquence fondamentale. Ces fréquences f_n , telles que $f_n = n \cdot f_1$, sont appelées fréquences harmoniques de rang n . Le rang n est également le nombre de fuseaux.

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.

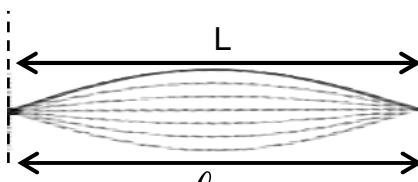
Pour une corde de longueur L fixe, la longueur l_n d'un fuseau d'un

harmonique de rang n vaut : $l_n = \frac{L}{n}$.

Mode fondamental de vibration

f_1

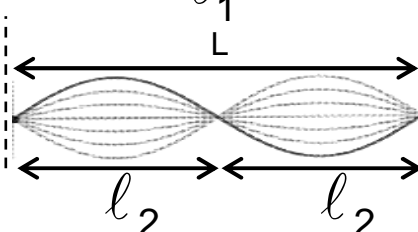
Figure 3



Mode harmonique de rang 2

$f_2 = 2 \cdot f_1$

Figure 4



Voir l'animation « Corde vibrante » sur <http://labotp.org/TPTSSPELPOLA.html> : augmenter la vitesse de l'animation, déplacer les curseurs afin d'ajouter des harmoniques, observer l'allure de la corde de guitare.

Si l'on considère une corde vibrante maintenue entre ses deux extrémités, la hauteur du son émis dépend de la longueur L de la corde, de sa masse par unité de longueur μ et de la tension T de la corde.

La composition spectrale du son émis est complexe et la fréquence f_1 du fondamental est

donnée par la relation : $f_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$.

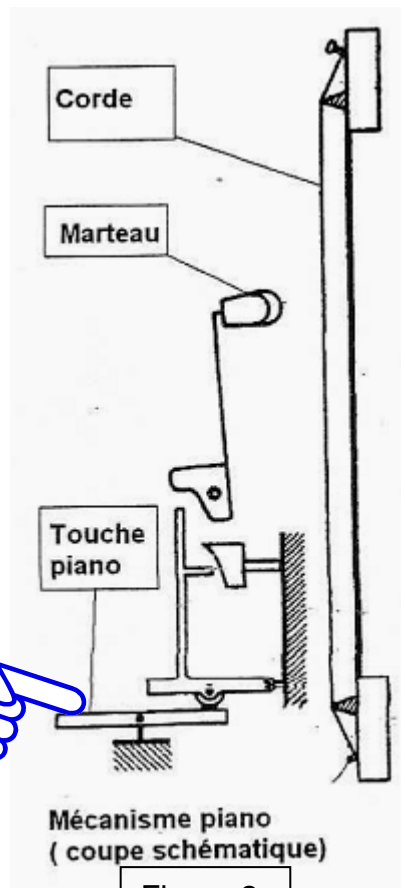
Questions

Q1. Les trois expressions écrites en gras dans le document n°1 sont incorrectes d'un point de vue scientifique. Les reformuler.

Q2. Quelles sont les différentes techniques pour exciter une corde ?

Q3. Citer des instruments afin d'illustrer les différentes manières dont on fait vibrer leurs cordes.

Q4.1. Reproduire la figure 4, la compléter en indiquant des nœuds (notés N) et des ventres (notés V).



Questions (suite)

Q4.2. Représenter l'aspect d'une corde de longueur L vibrant à une fréquence f_3 correspondant à son troisième harmonique.

Q4.3. Exprimer f_3 en fonction de la fréquence du fondamental de cette corde. Exprimer la longueur ℓ_3 d'un fuseau en fonction de la longueur L de la corde.

Pratique expérimentale

Environ 1h

Rôle de la caisse de résonance

Q5. Réaliser et décrire une expérience mettant en évidence le rôle d'une caisse de résonance.

Rôle des touches d'une guitare

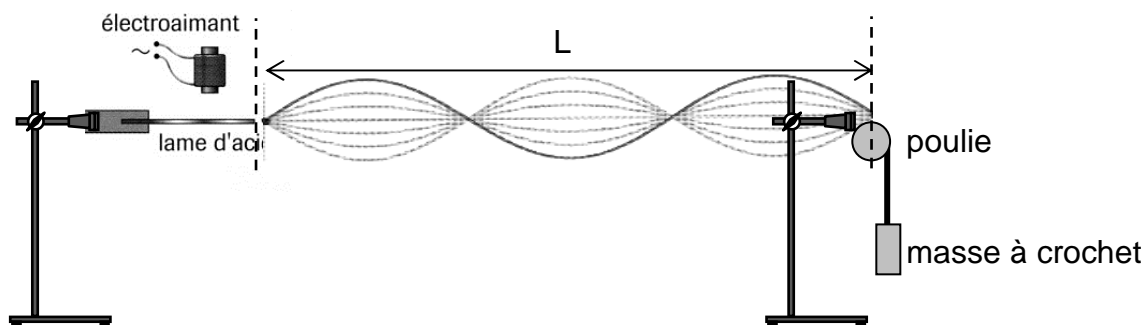
Q6. Réaliser et décrire une expérience mettant en évidence le rôle des touches. Quel paramètre de la corde est ainsi modifié ?

Rôle des clés

Q7. Réaliser et décrire une expérience mettant en évidence le rôle des clés. Quel paramètre de la corde est ainsi modifié ?

Modes de vibration d'une corde de guitare

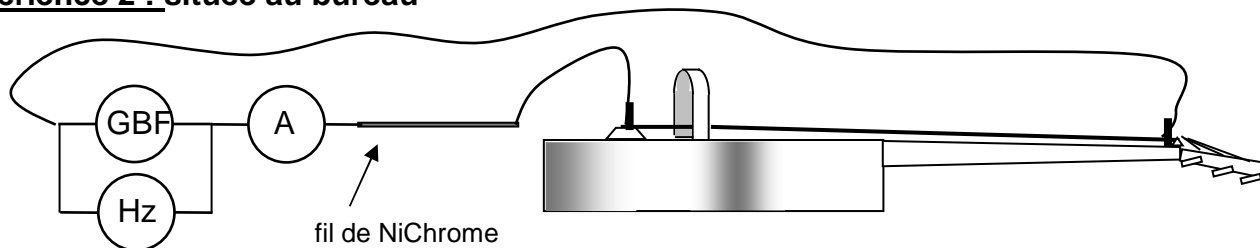
Expérience 1 : On dispose d'une corde élastique qui va modéliser la corde d'une guitare. Le vibreur de Melde s'alimente à l'aide d'une tension alternative sinusoïdale.



Réaliser une expérience permettant de visualiser plusieurs fuseaux le long de la corde.

Q8. Quels sont les paramètres sur lesquels vous pouvez agir pour arriver à vos fins ?

Expérience 2 : située au bureau



Le professeur va vous montrer les modes de vibrations d'une corde de guitare.

Q9. Quel est le rôle de l'aimant ?

Q10. Présenter les résultats expérimentaux. Les confronter à la théorie évoquée dans le document 4.

Expérience 3 :

Afin de vérifier que la fréquence de l'harmonique de rang n est multiple de la fréquence fondamentale f_1 , reproduire l'expérience 2 à l'aide du matériel suivant :

- aimants,
- panneau métallique blanc,
- 2 poulies,
- fil de cuivre,
- GBF,
- boîte de masses.

Q11. Indiquer les résultats expérimentaux. Conclure.

Q12. La fréquence du mode fondamental obtenue est très inférieure à celle obtenue avec la corde de guitare lors de l'expérience 2. Quel(s) paramètre(s) sont à l'origine de cette différence ?