

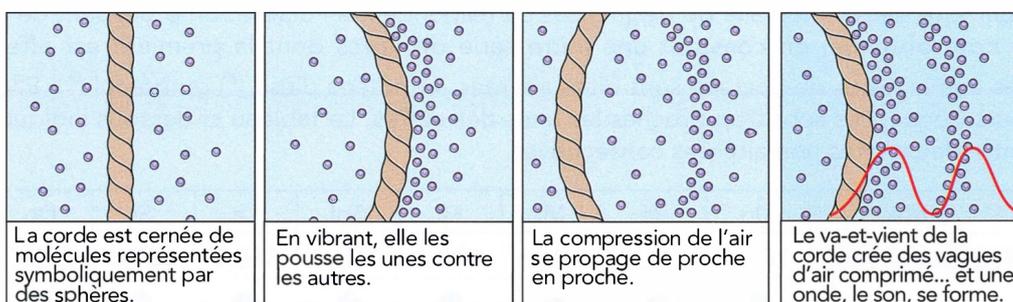
## 1 Activité documentaire : la guitare (45 minutes)

### Document 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 voisins comme des boules de billard et, de proche en

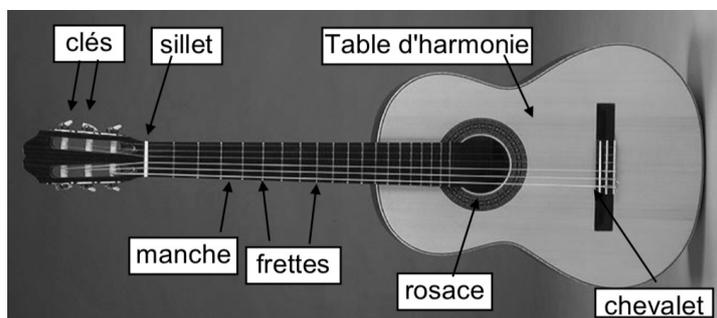
proche, la zone de surpression se déplace. Le va-et-vient de la corde vibrante crée ainsi une succession de zones de surpression qui vont se déplacer comme des vagues dans la pièce : le son naît. Et le nouveau-né prend la forme d'une onde, dont les pics correspondent à chaque battement de la corde. Il 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). »

Science et Vie Junior n°9, nov. 1989.



### Document 2 – Guitare acoustique

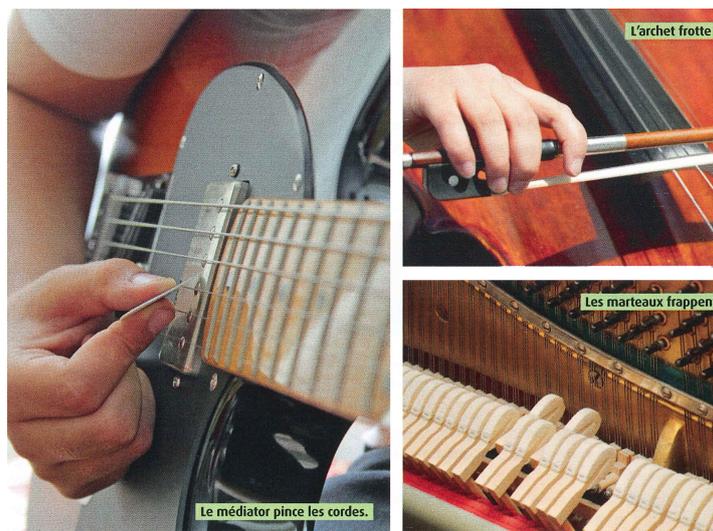
- Une guitare acoustique est un instrument de musique qui comporte six cordes tendues entre le chevalet et le sillet. À chaque corde est associée une note. L'accord de la guitare se fait en modifiant la tension des cordes en agissant sur les clés.
- La table d'harmonie est percée d'une ouverture appelée rosace. Le manche est coupé de frettes entre lesquelles le guitariste appuie les cordes. En modifiant ainsi la longueur de la corde il peut produire des notes différentes sur une même corde.
- Une corde seule est beaucoup trop fine pour mettre l'air en vibration et produire un son. Le son doit être amplifié pour qu'il puisse être audible. Cette fonction est assurée par la table d'harmonie qui joue le rôle de caisse de résonance.
- Les cordes de la guitare sont en acier ou en nylon. Les notes associées aux six cordes sont : mi grave, la, ré, sol, si et enfin mi aigu. La corde du mi grave est la plus grosse, celle du mi aigu est la plus fine.



### Document 3 – Ça pince, ça frotte ou ça frappe

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

- les cordes d'une guitare sont pincées avec les doigts, un médiator (dispositif permettant de pincer ou gratter les cordes d'un instrument, aussi appelé plectre) ou avec un ongle ;
- 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 – Modes de vibration d'une corde de 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.

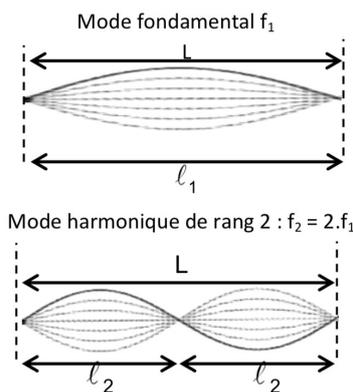
À la plus basse de ces fréquences, appelée fréquence fondamentale et notée  $f_1$ , on observe un seul fuseau. On obtient plusieurs fuseaux lorsque la fréquence excitatrice est un multiple de la fréquence fondamentale.

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 de vibration.

Pour une corde de longueur  $L$  fixe, la longueur  $\ell_n$  d'un fuseau d'un harmonique de rang  $n$  vaut :

$$\ell_n = \frac{L}{n}$$



## Document 5 – Ondes stationnaires

Une corde de guitare est fixée entre deux extrémités fixes. Lorsqu'une onde sinusoïdale de longueur d'onde  $\lambda$  se propage sur la corde, elle est réfléchiée de nombreuses fois sur les extrémités. Dans certaines conditions, une onde stationnaire, présentant un ou plusieurs fuseaux, apparaît. Si

$L$  est la longueur de la corde et si  $n$  est le nombre de fuseaux entre les deux extrémités fixes de la corde, alors la condition de stabilité des ondes stationnaires s'écrit :

$$L = n \cdot \frac{\lambda}{2}$$

## Document 6 – Hauteur du son émis par une corde vibrante fixée entre deux extrémités

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 linéique  $\mu$  (masse par unité de longueur) 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 :

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

a. Les trois expressions écrites en *italique* dans le document 1 sont incorrectes d'un point de vue scientifique. Les reformuler.

Comment les vibrations de la corde donnent-elles naissance à une onde sonore ?

b. Représenter l'aspect d'une corde de longueur  $L$  vibrant à une fréquence  $f_3$  correspondant à l'harmonique de rang 3. Indiquer les nœuds (notés N) et les ventres (notés V) de vibration.

Exprimer la longueur  $\ell_3$  d'un fuseau en fonction de la longueur  $L$  de la corde.

Exprimer la longueur d'onde  $\lambda_3$  en fonction de la longueur  $L$  de la corde.

Exprimer la fréquence  $f_3$  de l'harmonique de rang 3 en fonction de la fréquence  $f_1$  du fondamental de cette corde.

c. Montrer que le terme  $\sqrt{\frac{T}{\mu}}$  est homogène à une vitesse.

## 2 Activité expérimentale : Production d'un son par une corde vibrante

### 2.1 Le diapason

- Frapper un diapason avec ou sans sa caisse de résonance. Comparer.
- Enregistrer le signal reçu par un microphone à l'aide d'un oscilloscope à mémoire. Mesurer la période du signal.
- Recommencer avec deux diapasons identiques dont l'un des deux est *désaccordé* par la présence d'une masselotte sur l'une de ses branches.

d. Sur un instrument, on distingue deux parties : l'**excitateur** à l'origine des vibrations et le **résonateur** assurant l'émission du son dans le milieu qui l'entoure. Indiquer ces deux parties dans le cas du diapason.

e. Faire de même dans le cas d'autres instruments, à vent, à corde ou à percussion.

## 2.2 La guitare

### 2.2.1 Vibrations libres

- Pincer en son milieu une corde de guitare, et enregistrer à l'aide de l'oscilloscope à mémoire le signal reçu par un microphone. Mesurer la période du signal.
- Tracer le **spectre** du signal enregistré, c'est-à-dire la représentation de la contribution de chaque vibration sinusoïdale dans la vibration de la corde en fonction de la fréquence.
- Mesurer la fréquence  $f_1$  de vibration au stroboscope.

**f .** Lorsqu'un spectre comporte une seule fréquence, le signal obtenu est dit pur et son allure est sinusoïdale. Si le spectre comporte plusieurs fréquences  $f_1, f_2, \dots$ , le signal est équivalent à la superposition des fonctions sinusoïdales de fréquences  $f_1, f_2, \dots$   
Comment qualifier le signal obtenu pour le diapason ? Pour la corde de guitare ?

**g .** Noter dans ce dernier cas toutes les valeurs des fréquences lisibles sur le spectre, et comparer leurs valeurs à la fréquence  $f_1$  mesurée au stroboscope.

### 2.2.2 Vibrations forcées

- Placer plusieurs aimants en U sur la guitare, et brancher une corde en série avec un rhéostat et un générateur (sortie amplifiée  $8 \Omega$ ).
- Rechercher différentes fréquences pour lesquelles un son est audible au niveau de la guitare. Vérifier une fréquence au stroboscope et noter toutes les fréquences.

**h .** Comparer les valeurs des fréquences obtenues avec celles lues sur le spectre.

**i .** Quel lien existe-t-il entre ces fréquences et  $f_1$  ?

## 2.3 Excitation sinusoïdale d'une corde tendue

- Vous disposez d'un fil conducteur de 1,00 mètre de longueur, disposé entre deux potences, tendu par une masse de  $m = 100$  g. Complétez le circuit électrique en branchant le GBF, sortie amplifiée  $8 \Omega$ , en série avec un rhéostat, réglé de façon à avoir *adaptation d'impédance* (résistance fil + rhéostat  $8 \Omega$ ).
- Rechercher la valeur  $f_1$  de la fréquence du GBF pour laquelle le fil entre en vibration avec un maximum d'amplitude en ne formant qu'un ventre de vibration.
- Augmenter progressivement la fréquence du GBF et noter les valeurs  $f_i$  pour lesquelles le fil vibre en formant  $i$  ventres de vibration. Mesurer à chaque fois la distance entre deux nœuds consécutifs.
- Recommencer les mesures en modifiant :
  1. la masse  $m$  et donc la tension  $\overline{T}$  du fil ;
  2. la longueur  $L$  du fil (en utilisant la pince).

**j .** Vérifier la relation existant entre les valeurs  $f_i$  et  $f_1$ , fréquence du fondamental.

**k .** Quelle relation existe-t-il entre le nombre de ventres de vibration et la longueur de la corde ?

## 3 Exercices (pour la séance n°4)

*Pas d'exercices. Il vous faut travailler le polycopié (très nombreuses notions nouvelles) afin d'aborder correctement la séance n°4 et le devoir surveillé qui sera donné en séance n°5.*