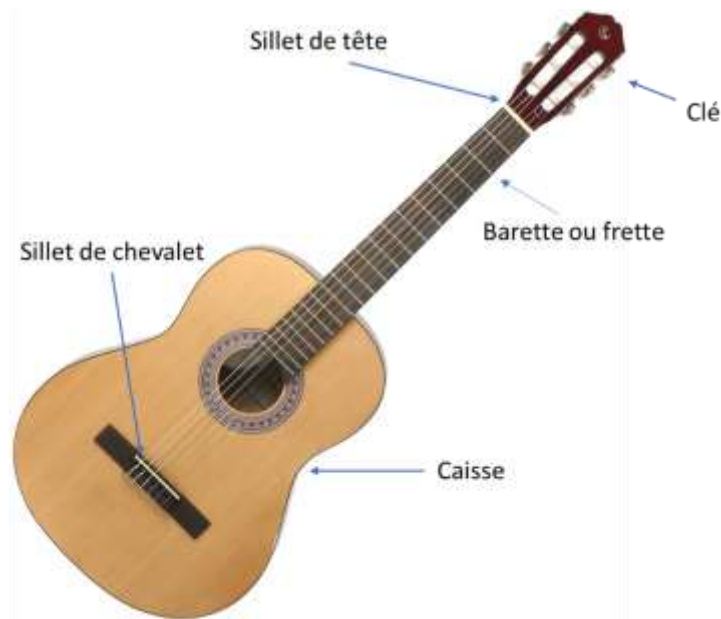
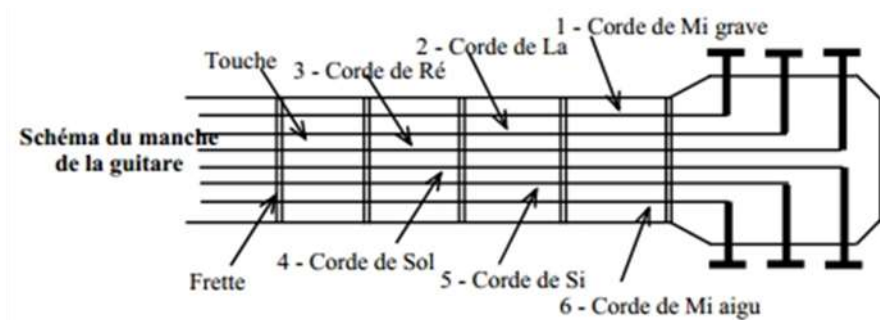


Spectres sonores des six cordes à vide d'une guitare – Modes de vibration

1) Présentation de l'instrument



Une guitare se compose de six cordes, trois graves et trois aiguës, qui, lorsqu'elles sont pincées par un doigt de la main droite (pour un droitier) à vide, c'est-à-dire sans être raccourcies par un doigt de la main gauche, produisent un son dont la hauteur est qualifiée par sa fréquence fondamentale.



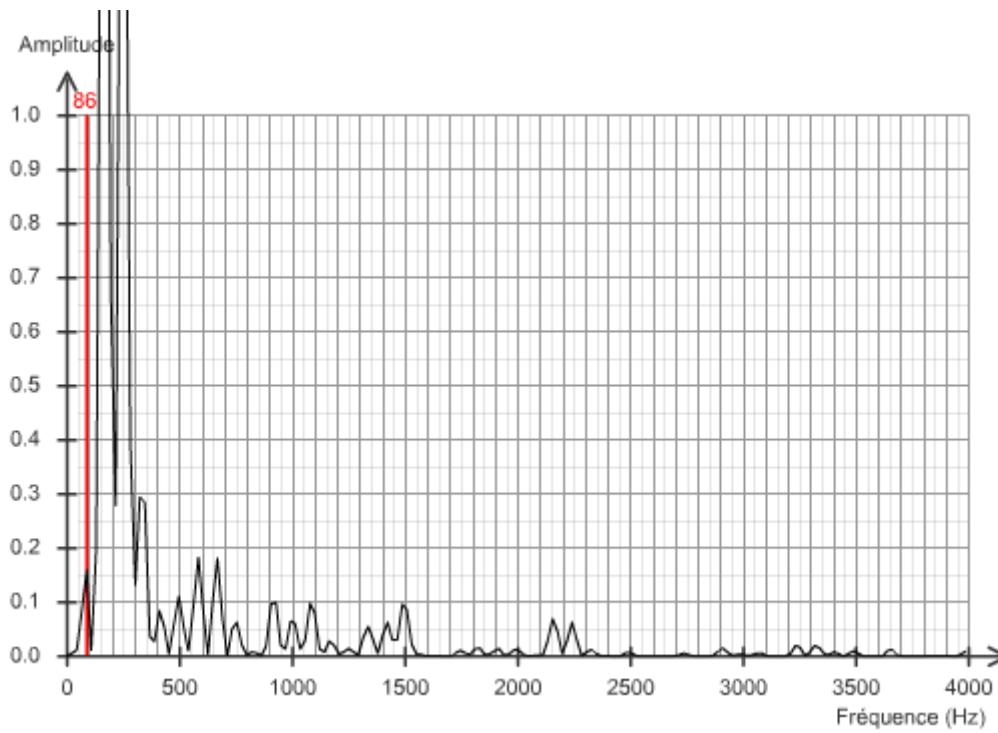
Fréquences fondamentales des six cordes à vide d'une guitare accordée au diapason

Corde	1	2	3	4	5	6
f (Hz)	82,4	110,0	146,8	196	246,9	329,5
Note	Mi	La	Ré	Sol	Si	Mi

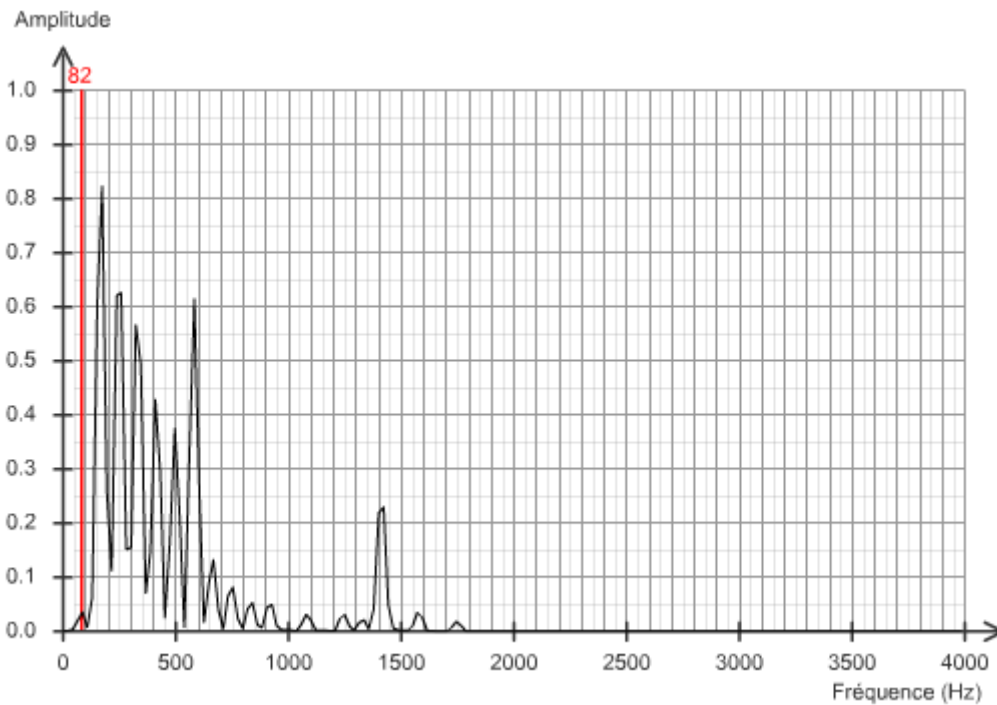
2) Spectres des cordes à vide

Examinons les spectres sonores de chacune de ces cordes pincées « à vide » c'est-à-dire vibrant sur toute leur longueur entre sillet de tête et sillet de chevalet.

1^{ère} Corde grave (Mi) : pincée aux deux tiers

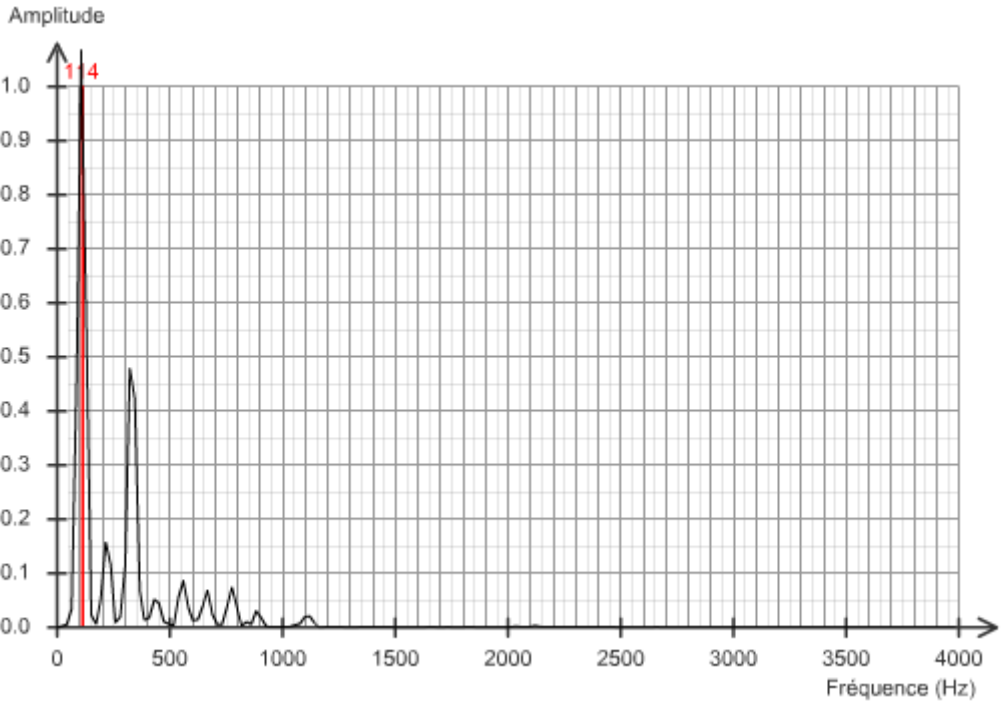


La même pincée près du chevalet

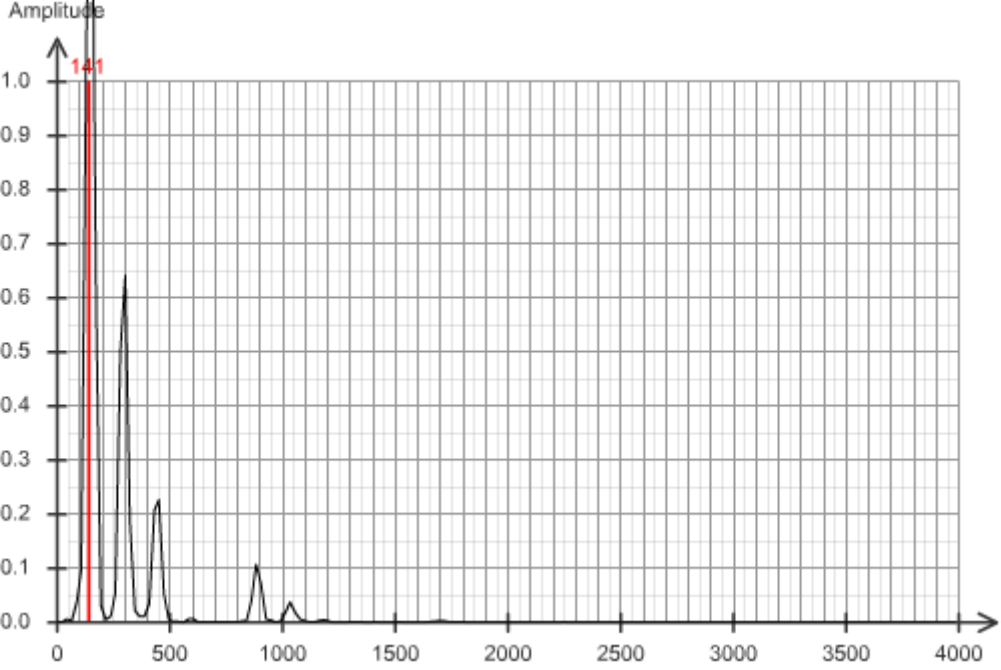


A noter que le fondamental a une amplitude si faible, ce qui est normal, il est très peu excité car la corde est frappée près d'un de ses nœuds.

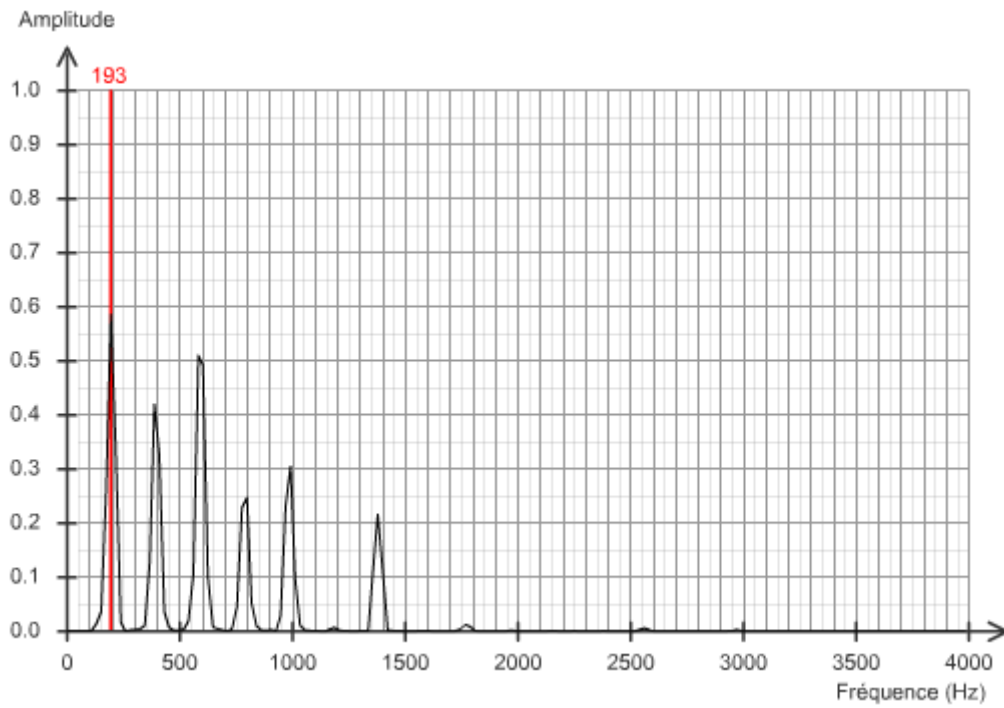
Deuxième corde (La)



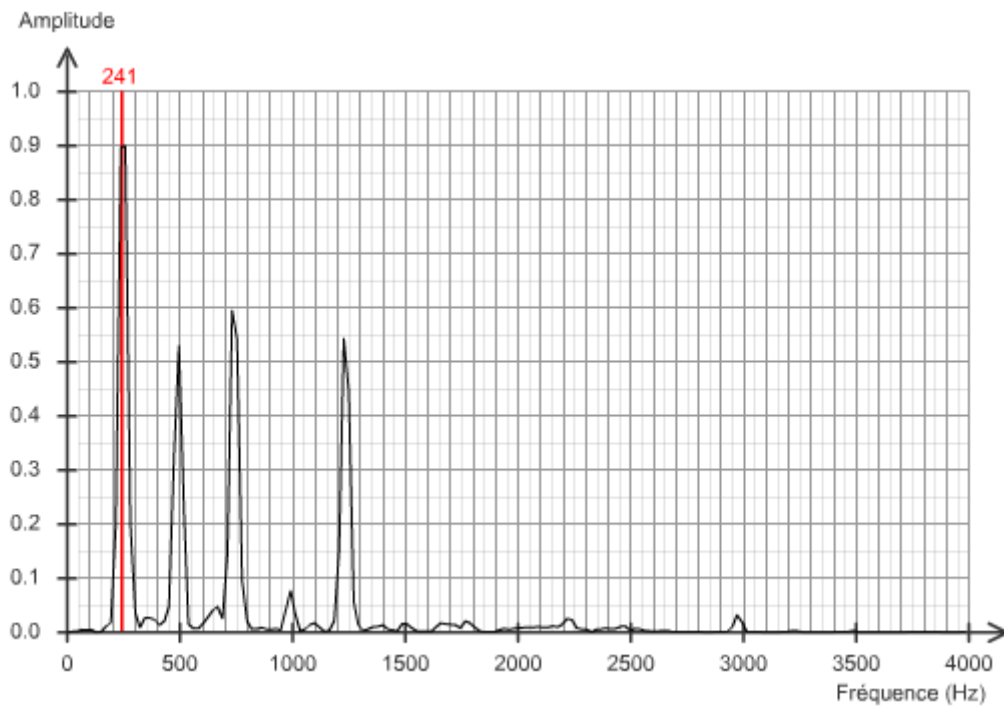
Troisième corde (Ré)



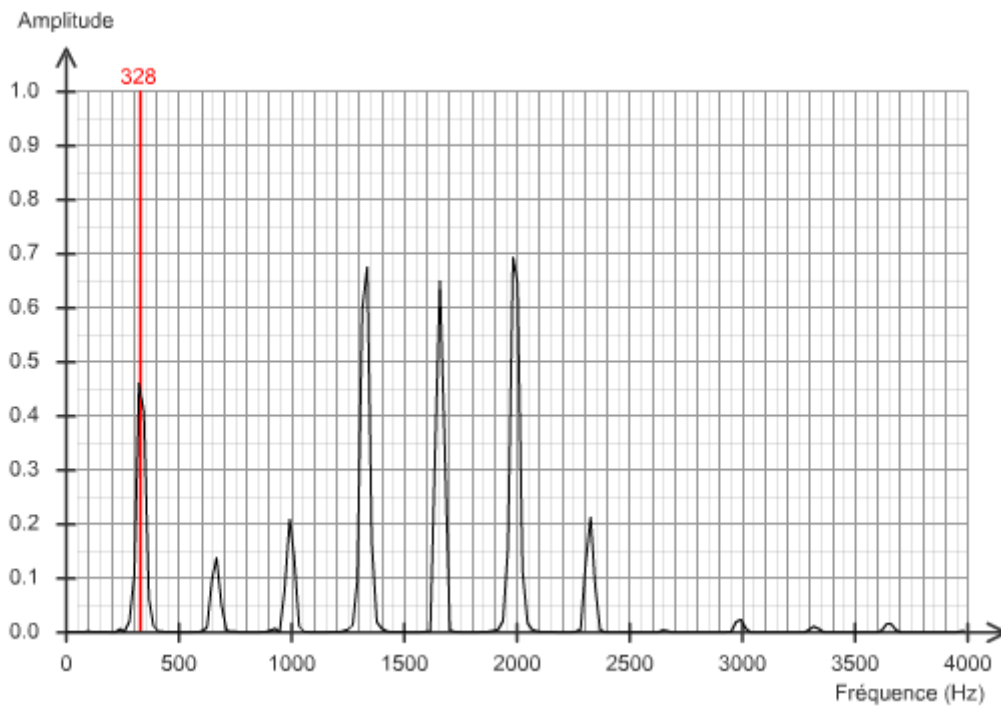
Quatrième corde (Sol)



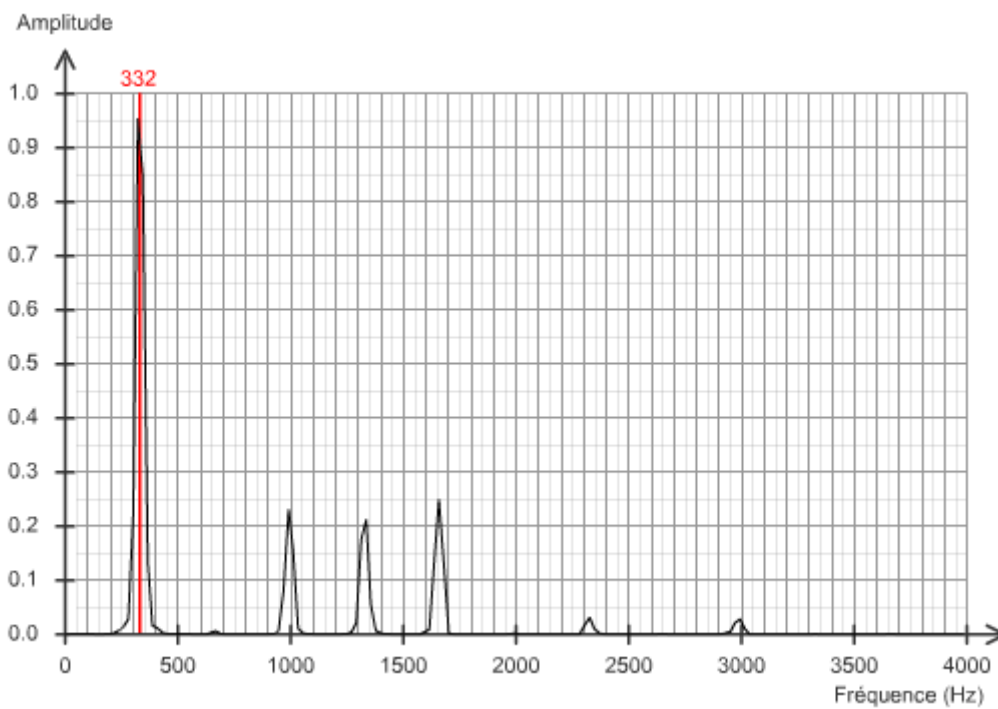
Cinquième corde (Si)



Sixième corde (Mi aigu)

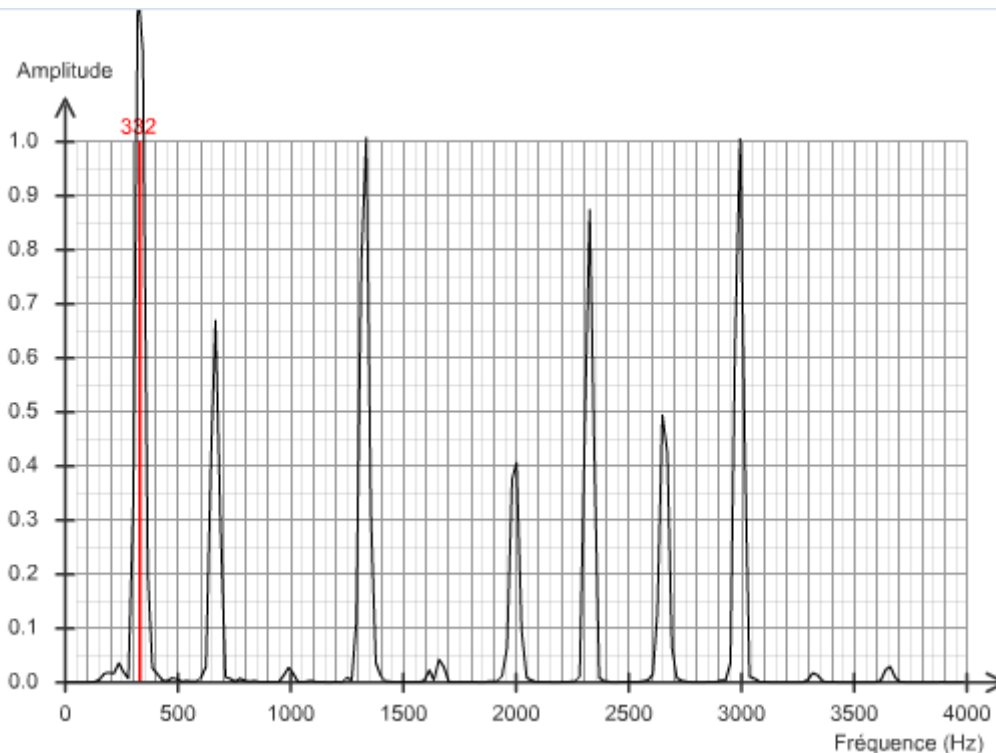


La même corde frappée au milieu (à un nœud du premier harmonique qui est l'octave)



Noter que le premier harmonique a une amplitude au niveau du bruit ambiant

La même corde, pincée aux deux tiers (nœud du second harmonique)



3) Observations

On observe sur les spectres les choses caractéristiques suivantes :

- la présence de pics à intervalles régulier
- La fréquence de chaque pic pour un spectre donné est un multiple de la fréquence du premier pic appelée **fréquence fondamentale**, les autres fréquences étant qualifiées d'**harmoniques**.
- L'amplitude des pics dépend de l'endroit où on pince la corde et on peut faire disparaître certains pics. Ainsi, le second harmonique n'apparaît pas si on pince la corde au tiers de sa longueur en partant du chevalet.

On retiendra :

Si on tend une corde entre deux points, on obtient, pour une tension de corde fixée, un spectre formé d'une succession de pics espacés d'un même intervalle et dont la fréquence est multiple de celle du premier pic, appelée fréquence fondamentale, les fréquences des autres pics étant appelées harmoniques (premier harmonique de fréquence double de la fondamentale, second harmonique de fréquence triple, etc...)

Plus on tend la corde, plus la fréquence fondamentale augmente, ce qui donne à la corde une tonalité plus aigue

Pour une tension de corde donnée, plus on diminue la longueur de la partie vibrante de la corde, plus la fréquence fondamentale augmente et de ce fait, plus les intervalles constants entre pics voisins augmentent.

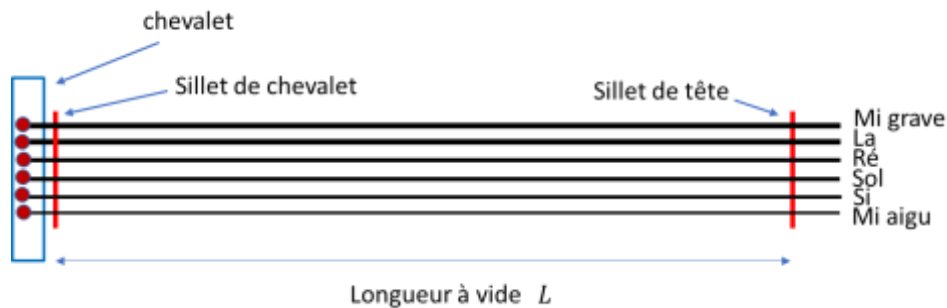
4) Modes de vibration d'une corde de guitare

L'analyse mathématique des vibrations d'une corde dépasse le cadre de l'enseignement de première. Toutefois, le lecteur curieux pourra se rendre au lien suivant pour en savoir plus : <http://laurentgry-sciences.fr/ondes.html>. Ce qu'il en ressort en utilisant le principe de **l'analyse de Fourier** pour mettre en évidence ce qu'on appelle des **ondes stationnaires**, est que la vibration d'une corde pincée est la superposition (somme mathématique) de formes de vibration qu'on appelle modes, la technique s'appelant **analyse modale** et faisant l'objet d'un enseignement dans le supérieur.

Les modes sont des états vibratoires de la corde se faisant aux fréquences mises en évidence dans le spectre de la corde vibrante, à savoir, la fréquence fondamentale et ses multiples. On qualifie également d'harmoniques les modes correspondant à ces derniers.

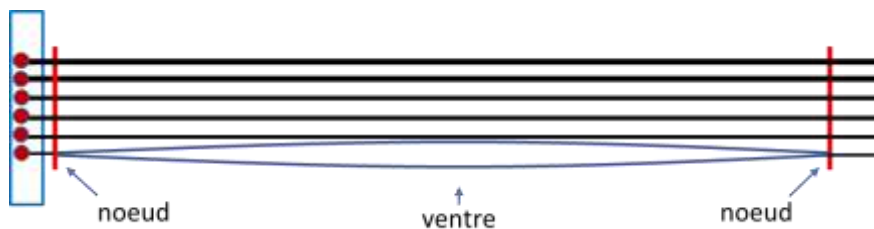
Un mode est caractérisé par un ou plusieurs **nœuds** de vibration qui sont des points de la corde qui restent immobiles et par un ou plusieurs **ventres** de vibration, qui sont des points où la vibration est localement maximale.

Nous allons représenter sur la corde de Mi aigu d'une guitare (corde du bas la plus fine), les différents modes en utilisant cette représentation du manche de l'instrument :



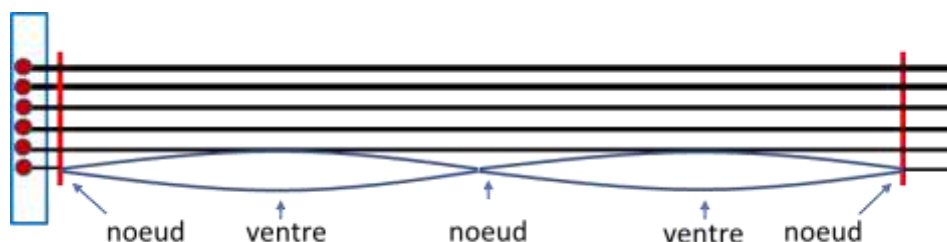
Voici les différents modes par ordre de fréquence croissante, ceux-ci étant représentés par l'état de la corde aux deux instants consécutifs où la vibration atteint son maximum en un ventre.

- Mode fondamental : fréquence fondamentale $f_0 = 329,5 \text{ Hz}$



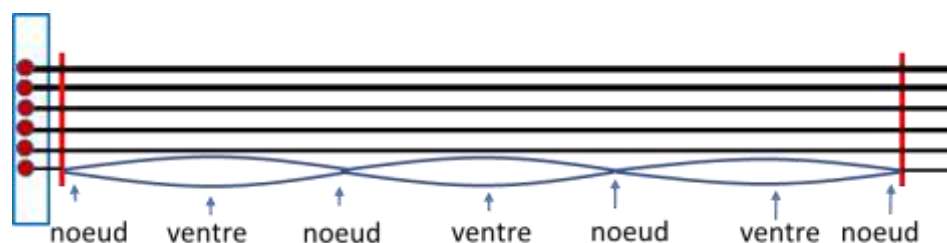
Ce mode présente un nœud à chaque extrémité de la corde et un ventre au centre et donc un seul fuseau.

- Premier mode harmonique : fréquence $f_1 = 2 f_0 = 659 \text{ Hz}$



Ce mode présente un nœud à chaque extrémité et au centre de la corde ainsi que deux ventres et donc deux fuseaux.

- Second mode harmonique : fréquence $f_2 = 3 f_0 = 988,5 \text{ Hz}$



Ce mode présente 4 nœuds et 3 ventres et donc 3 fuseaux.

Et ainsi de suite pour les autres modes harmoniques. Le mode harmonique de rang n aura une fréquence $f_n = (n + 1) f_0$ et présentera $n + 2$ nœuds et $n + 1$ ventres, soit $n + 1$ fuseaux.

Ainsi, pour changer le timbre de vibration d'une corde, il suffit de changer l'endroit où on la pince. Si par exemple, on veut éliminer le mode harmonique de rang 2 qui présente 3 fuseaux, il suffit de pincer la corde à un de ses nœuds et le plus pratique c'est au second nœud soit au tiers de la longueur de la corde en partant du chevalet. Si, en revanche, on pince la corde au sixième de sa longueur, on se trouve en un ventre de vibration et le second harmonique va se retrouver excité et apparaîtra dans le spectre sonore à un niveau appréciable.

Jouer de la guitare ne se limite donc pas à une technique mais fait intervenir un rapport très intime entre le joueur et l'instrument, le fameux « feeling », car selon l'endroit et la manière dont le premier pincera une corde, cette dernière produira un son différent.