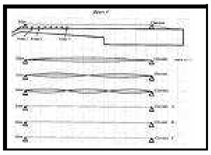
TP Son n°1

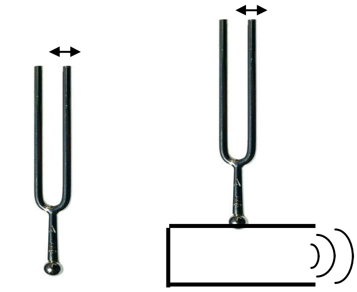
# Production d'un son
# Modes propres de vibration Correction



## I. LES INSTRUMENTS DE MUSIQUE

### 1) Présentation

### 2) Production d'un son par un diapason




a) En tenant le diapason à la main, le son émis par la diapason est quasi inaudible. On peut cependant entendre un son en l'approchant de l'oreille.
En posant le diapason sur la caisse de résonance, l'émission sonore est plus intense et devient audible.

• Les instruments de musique comportent un **système mécanique vibrant** appelé **excitateur**.
• La vibration seule de l'excitateur ne suffit pas pour émettre un son audible. L'excitateur doit être **couplé** à un **résonateur** pour que le son produit puisse être audible.

b) Dans le cas du diapason, **les excitateurs** sont les **branches** du diapason et le **résonateur** est la **caisse de résonance**.

### 3) Guitare

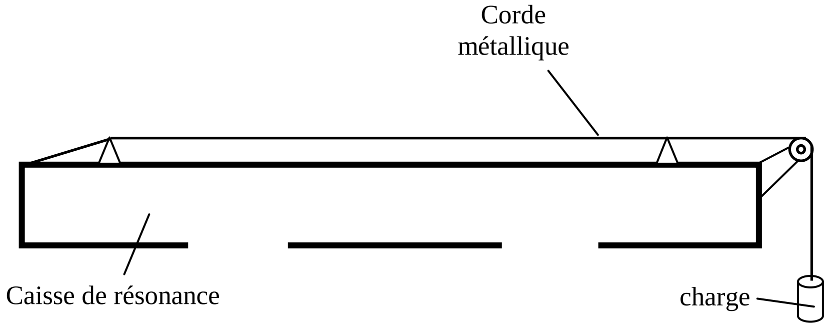
L'excitateur est la corde de guitare, le résonateur est la table d'harmonie.

### 4) Clarinette

L'excitateur est l'anche et le résonateur est le corps de la clarinette.

## II. MODES PROPRES DE VIBRATION D'UNE CORDE TENDUE ENTRE DEUX POINTS FIXES

### 1) Oscillations libres




a) Le stroboscope indique **8048 éclairs / min**. La fréquence $\mathbf{f_C}$ de vibration de la corde est alors :

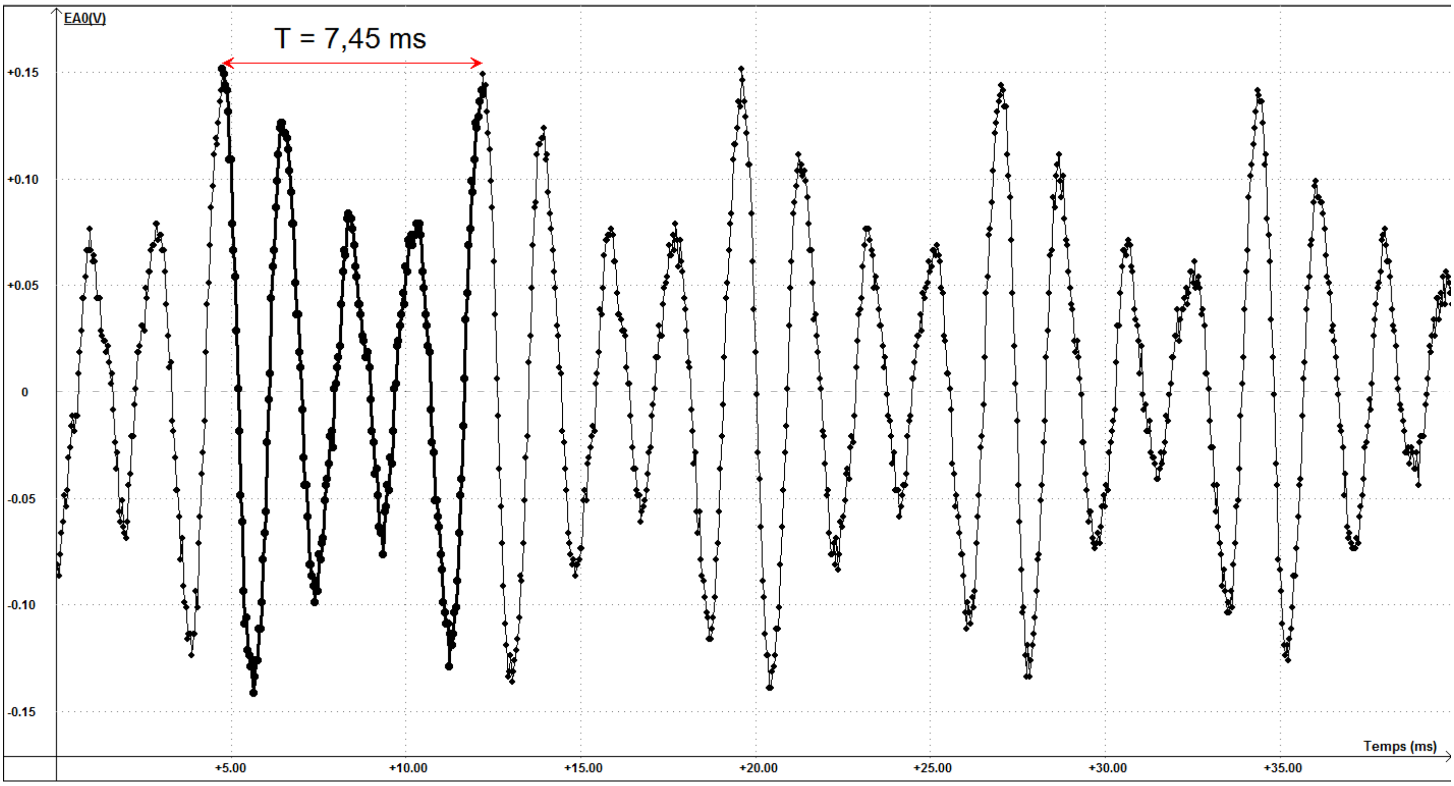
$\mathbf{f_C}$ = 8048 / 60 = **134 Hz**.

b) Voir acquisition ci-après: la vibration sonore n'est pas sinusoïdale mais elle est périodique (un même motif se répète à intervalle de temps régulier).

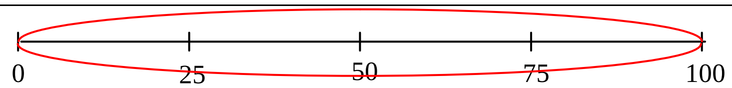
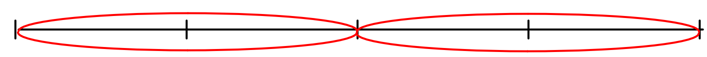
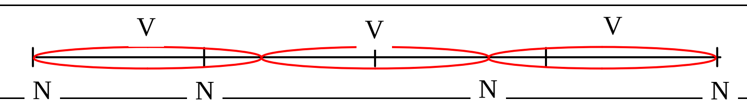
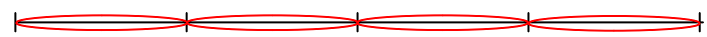
c) On mesure : T = 7,45 ms = $7{,}45.10^{-3}$ s
donc la fréquence f du son produit est :

**f** = 1 / $7{,}45.10^{-3}$ =**134 Hz** = $\mathbf{f_C}$.

**Conclusion** : la fréquence du son émis par la corde est égale à la fréquence de vibration de la corde.




## 2) Oscillations forcées


| Fréquence | Mode de vibration | Nombre de fuseaux | Forme de la corde (distances en cm) |
|---|---|---|---|
| $f_1$ = 134 Hz | Fondamental (Harmonique 1) | 1 |  |
| $f_2$ = 270 Hz | Harmonique 2 | 2 |  |
| $f_3$ = 401 Hz | Harmonique 3 | 3 |  |
| $f_4$ = 540 Hz | Harmonique 4 | 4 |  |

*<u>Remarque</u>: on pourra placer des petits papiers pliés sur les nœuds de vibration et vérifier que sur les nœuds de vibration les papiers restent immobiles. Sur un ventre de vibration le morceau de papier est tout de suite éjecté. On pourra ainsi facilement visualiser la longueur d'un fuseau et voir que tous les fuseaux ont des longueurs identiques.*

**Mode propre de vibration fondamental : harmonique de rang 1**

a) **Le mode de vibration fondamental** est le mode pour lequel la corde présente **un seul fuseau**.
La fréquence $\mathbf{f_1}$ du mode fondamental correspond est **la plus petite fréquence** pour laquelle on observe un mode de vibration de la corde.

b) La fréquence $\mathbf{f_1}$ de vibration du mode fondamental est égal à la fréquence $\mathbf{f_C}$ de vibration de la corde lors des oscillations libres.

**Modes propres de vibration de rang supérieur à 1: harmonique de rang n**

c) Calcul des rapports: $\mathbf{f_2 / 2 = 135\ Hz}$ $\mathbf{f_3 / 3 = 134\ Hz}$ $\mathbf{f_4 / 4 = 135\ Hz}$
On a donc : $\mathbf{f_1 \approx f_2 / 2 = f_3 / 3 = f_4 / 4}$

d) La fréquence de vibration de l'harmonique de rang n est un multiple entier de la fréquence $f_1$ du mode fondamental On a donc la relation simple: $\boxed{\mathbf{f_n = n \times f_1}}$.

e) La corde entre en vibration pour **certaines fréquences particulières**. Les fréquences de vibration de la corde métallique sont discontinues ou **quantifiées**.

**Nœuds et Ventres de vibration**

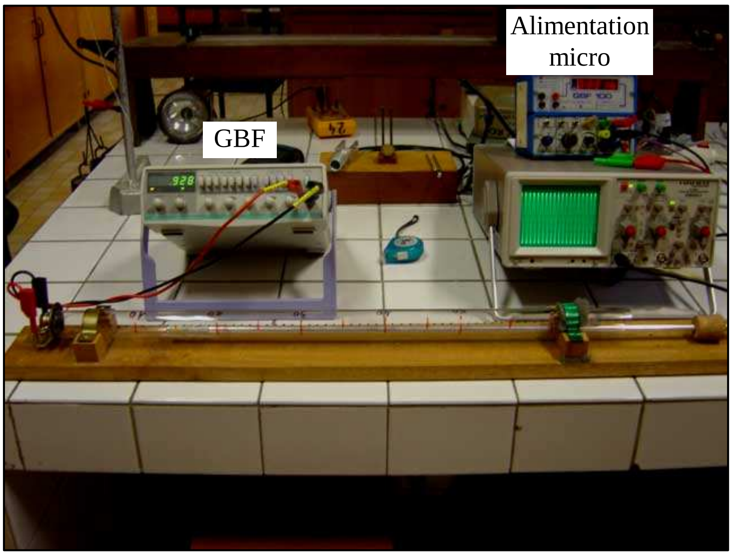
f) Les deux morceaux de papier sont disposés aux distances 33 cm et 66 cm . Entre les deux papiers ou un papier et un point d'attache de la corde, on observe un fuseau.

g) Un **noeud** de vibration est un point de la corde **immobile**.
Un **ventre de vibration** est un point de la corde qui vibre avec **une amplitude maximale**.
Voir les noeuds (N) et ventres (V) de vibration de l'harmonique de rang 3 sur le schéma correspondant.

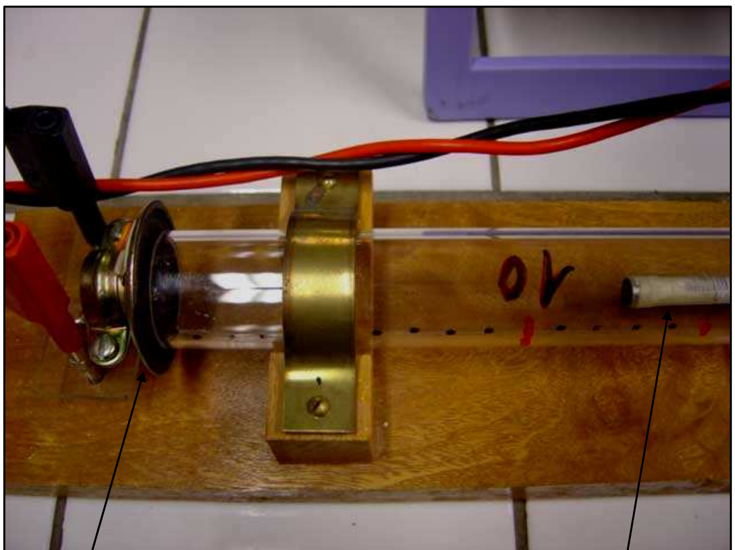
h) Pour l'harmonique de rang 3, on observe 3 fuseaux de longueur L / 3.
Lorsque la corde vibre avec **l'harmonique de rang n**, elle présente **n fuseaux** de longueur L / n.

i) L'aimant en U est placé au centre de la corde pour les **harmoniques 1 et 3** car un **ventre de vibration** est présent au centre de la corde. Par contre pour **les harmoniques de rang 2 et 4**, **un nœud** est présent au centre de la corde : pour exciter correctement la corde uil faut donc déplacer l'aimant en U sur un ventre de vibration.

## III. MODES DE VIBRATION D'UN TUBE D'AIR




Montage



Haut-parleur

Micro à électret

## 1) Oscillations forcées

| | $f_1$ | $f_2$ | $f_3$ | $f_4$ | $f_5$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fréquence (Hz)** | **232** | **459** | **697** | **928** | **1176** |
| **Mode de vibration** | **Fondamental Harmonique 1** | **Harmonique 2** | **Harmonique 3** | **Harmonique 4** | **Harmonique 5** |

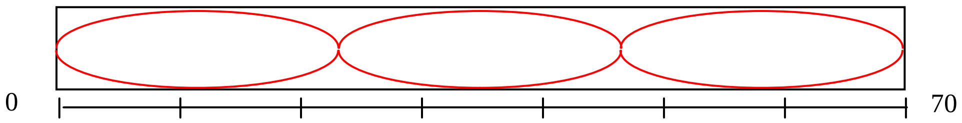
a) Calculons les rapports:

$f_2$ / 2 = 230 Hz ≈ $f_1$
$f_3$ / 3 = 232 Hz = $f_1$
$f_4$ / 4 = 232 Hz = $f_1$
$f_5$ / 5 = 235 Hz ≈ $f_1$

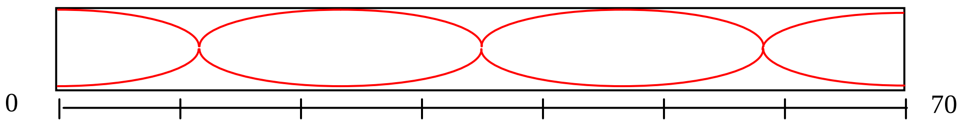
b) La fréquence de vibration de l'harmonique de rang *n* est un multiple entier de la fréquence $f_1$ du mode fondamental.
On a donc de nouveau la relation simple: $\boxed{f_n = n \times f_1}$.

## 2) Recherche des modes propres de vibration de la colonne d'air

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Position des maximums de pression (cm)** | **10** | **34** | **58** | |
| **Position des minimums de pression (cm)** | **0** | **22** | **46** | **70** |




**Ventres et nœuds de pression**




**Ventres et nœuds de vibration de l'air**

a) Schématisation des positions des nœuds et des ventres **de pression** dans le tube d'air puis des ventres et nœuds de **vibration de l'air** sur les schémas ci-dessus.

b) La distance moyenne entre deux nœuds ou deux ventres successifs est: 24 cm.
Or L/3 = 70 / 3 = 23 cm ≈ 24 cm.
Pour l'harmonique de rang 3, la distance entre deux nœuds ou deux ventres est égale au tiers de la longueur du tube.

Pour l'harmoniques de rang n la distance entre deux nœuds ou deux ventres est L / n.