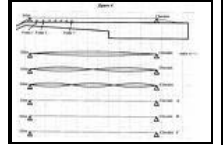


TP Son
n° 1

Production d'un son

Modes propres de vibration



- Objectifs:**
- Savoir que pour produire un son un instrument de musique doit vibrer et émettre.
 - Savoir que les modes propres de vibration d'une corde tendue et d'une colonne d'air sont quantifiés.

I. LES INSTRUMENTS DE MUSIQUE

1) Présentation

• Les **instruments de musique** d'un orchestre sont classés en trois catégories:

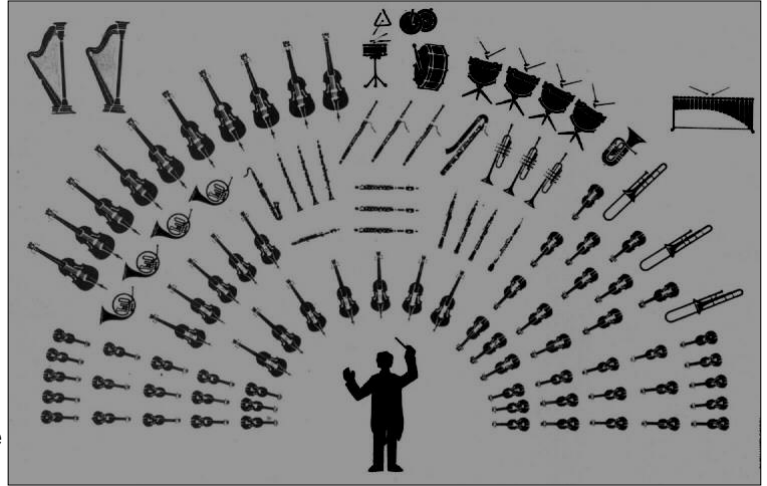
- les **cordes**: violon, violoncelle, alto, contrebasse, harpe, clavecin, piano, guitare ...
- les **vents**: clarinette, hautbois, basson, trompette, saxophone, flute traversière, cor, trombone, tuba ...
- les **percussions**: tambour, caisse, triangle, cymbales, xylophone ...

• Parmi **les cordes** on distingue:

- les cordes **frottées**: violon, alto, violoncelle, contrebasse
- les cordes **pincées**: harpe, clavecin, guitare
- les cordes **frappées**: piano

• Parmi **les vents** on distingue les **bois** et les **cuivres**.

- les **bois** sont classés en deux catégories :
 - les bois avec **anche** : le son est produit par la **vibration d'une anche simple** (saxophone, clarinette voir plus loin) ou **double** (hautbois, basson).
 - les bois **sans anche** : flute traversière et la flute de Pan
- les **cuivres**, le son est produit par les **vibrations des lèvres** du musicien posées sur l'embouchure (trompette, trombone, cor).

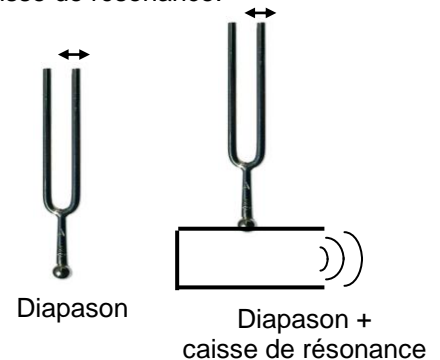


2) Production d'un son avec un diapason

Le diapason: faire vibrer un diapason en le tenant à la main et en le posant sur la caisse de résonance.

a) Noter vos observations.

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



b) Quels sont l'excitateur et le résonateur du diapason ?

3) La guitare

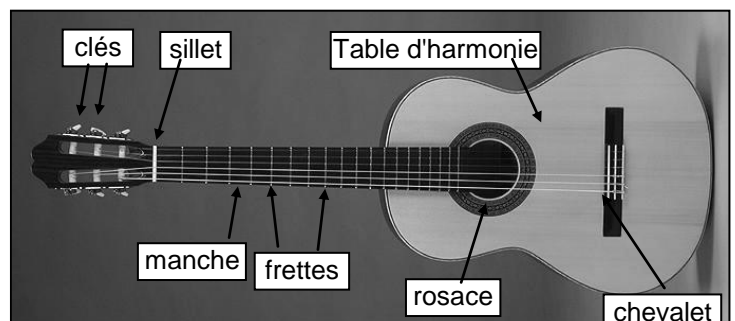
• Une guitare classique comporte **six cordes** tendues parallèlement le long du manche entre le **chevalet** et le **sillet**.

• Les **clés** permettent de tendre les **cordes en acier** et donc **d'accorder** la guitare.

• Une corde pincée et qui vibre n'est pas capable de mettre l'air en vibration. La **table d'harmonie** percée d'une **rosace** joue le rôle de **caisse de résonance**: elle **amplifie le son** et permet de le rendre audible.

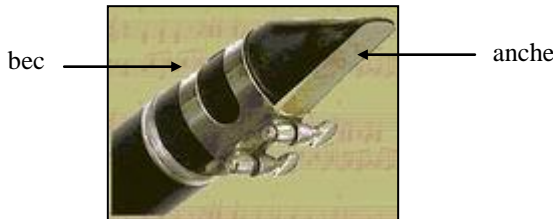
• En appuyant sur les **frettes** du manche de la guitare, le musicien modifie la **longueur des cordes** et peut ainsi jouer différentes notes sur une même corde.

Quels sont l'excitateur et le résonateur de la guitare ?



4) La clarinette

- La clarinette est un instrument à vent. Le souffle du musicien dans **le bec et le corps** de l'instrument met en vibration une lame mince de roseau appelée **anche**.
- Les **vibrations de l'anche** sont transmises à la **colonne d'air** dans **le corps** de l'instrument. C'est **le corps** de la clarinette qui joue le rôle de **caisse de résonance**.
- En changeant la longueur de la colonne d'air à l'aide de **clefs métalliques**, le musicien peut modifier la fréquence des vibrations.



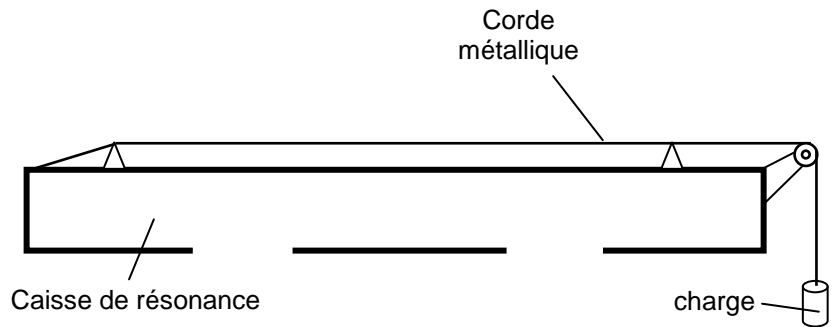
Quels sont l'excitateur et le résonateur de la clarinette ?

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

1) Oscillations libres

• Une corde métallique de guitare est tendue entre deux points fixes distants de **1,00 m**. La masse de la charge suspendue à la corde est **4,0 kg**.

- Pincer la corde en son milieu et l'observer.
- Observer de nouveau les vibrations de la corde de guitare mais avec un stroboscope.



a) Déterminer la fréquence f_c de vibration de la corde (correspondant à la plus grande fréquence pour laquelle la corde semble immobile).

• Placer un micro près d'une sortie de la caisse de résonance et le brancher à un système d'acquisition. Enregistrer la tension correspondant à la vibration sonore émise.

b) La vibration sonore émise est-elle sinusoïdale ? Est-elle périodique ? Reproduire son allure.

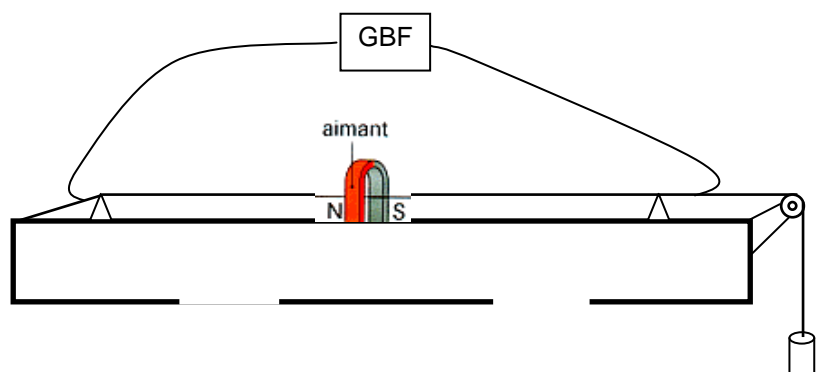
c) Mesurer la période T (en s) et en déduire la fréquence f du son émis. Comparer f et f_c . Conclure.

2) Oscillations forcées

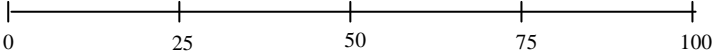
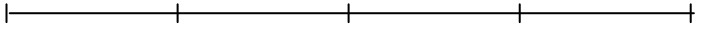
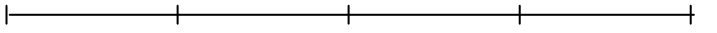
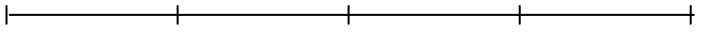
• La corde est maintenant parcourue par un courant alternatif d'intensité I délivré par un **GBF**.

• La corde métallique passe entre les pôles d'un **aimant en U**. Elle est alors soumise à une **force magnétique de Laplace** qui provoque un déplacement vertical alternativement vers le haut puis vers le bas selon le sens du courant. La corde est ainsi soumise à des **oscillations forcées**.

• L'aimant est placé initialement au centre du fil. Augmenter la fréquence f du GBF jusqu'à entendre un son et observer la forme de la corde métallique.



Compléter le tableau suivant:

| Fréquence (Hz) | Mode de vibration | Nombre de fuseaux | Forme de la corde (distances en cm) |
|----------------|-------------------|-------------------|--|
| $f_1 =$ | | |  |
| $f_2 =$ | | |  |
| $f_3 =$ | | |  |
| $f_4 =$ | | |  |

Mode propre de vibration fondamental : harmonique de rang 1

- Définir le mode de vibration fondamental.
- Comparer la fréquence f_1 de vibration du mode fondamental à la fréquence f_c de vibration de la corde lors des oscillations libres. Conclure.

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

- Calculer les rapports: $f_2 / 2$, $f_3 / 3$ et $f_4 / 4$. Comparer ces valeurs à f_1 .
- Quelle relation simple peut-on écrire entre la fréquence f_1 du mode fondamental et la fréquence f_n de l'harmonique de rang n ?
- Pourquoi dit-on que les fréquences de vibration de la corde métallique sont quantifiées ?

Nœuds et Ventres de vibration

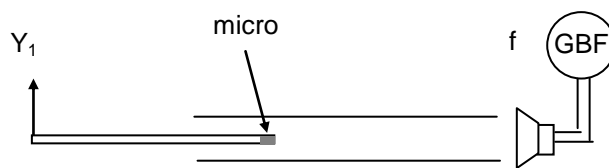
- Avec deux petits morceaux de papier pliés, chercher sur la corde, pour l'harmonique de rang 3, les points pour lesquels la corde est immobile.
- Comment sont disposés les deux morceaux de papier sur la corde ? Qu'observe-t-on entre les deux morceaux de papier ou entre un morceau de papier et un point d'attache de la corde ?
 - Définir un **noeud** et un **ventre de vibration**. Indiquer les noeuds et ventres de l'harmonique de rang 3 sur le schéma correspondant.
 - Combien de fuseaux observe-t-on dans l'harmonique de rang 3 ? Si L est la longueur de la corde quelle est la longueur des fuseaux pour l'harmonique n°3 ? Généraliser pour l'harmonique de rang n.

III. MODES PROPRES DE VIBRATION D'UNE COLONNE D'AIR

1) Oscillations forcées

• On réalise le montage ci-contre: un **GBF** alimente un haut-parleur avec une tension sinusoïdale de fréquence réglable f avec le bouton amplitude à mi-course.

Le GBF force l'air du tube, **ouvert aux deux extrémités**, à vibrer longitudinalement : la colonne d'air est alors soumise à des **oscillations forcées**.



• Un micro explorateur, **sensible à la pression**, est relié à un oscilloscope (voie Y_1). Il détecte des variations locales de pressions ΔP par rapport à la pression atmosphérique moyenne P_a : la pression de l'air en un point de la colonne d'air est $P = P_a + \Delta P$.

Un maximum de tension correspond à un maximum de ΔP et un minimum de tension correspond à un minimum de ΔP .

• Dans les **zones de haute pression** (ΔP maximal) l'air vibre très peu : ainsi à un **ventre de pression** de l'air correspond à un **nœud de vibration** de l'air. Inversement à **nœud de pression** de l'air correspond à un **ventre de vibration** de l'air.

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

• Augmenter la fréquence f du GBF à partir de la valeur nulle, et relever les fréquences pour lesquelles la colonne d'air émet un **son intense**. On pourra s'aider de l'amplitude du signal observé à l'oscilloscope.

| | f_1 | f_2 | f_3 | f_4 | f_5 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Fréquence (Hz) | | | | | |
| Mode de vibration | | | | | |

a) Calculer les rapports: $f_2 / 2$, $f_3 / 3$, $f_4 / 4$ et $f_5 / 5$. Comparer ces valeurs à f_1 .

b) Quelle relation simple existe-t-il entre la fréquence f_n de l'harmonique de rang n et la fréquence f_1 du fondamental ?

3) Recherche des positions des ventres et nœuds de pression

• Pour la fréquence f_3 , déplacer le micro dans le tube et relever les positions des ventres et nœuds de pression.

| | | | |
|---------------------------------------|--|--|--|
| Position des nœuds de pression (cm) | | | |
| Position des ventres de pression (cm) | | | |



Ventres et nœuds
de pression de l'air

Ventres et nœuds
de vibration de l'air

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

b) Quelle est la distance moyenne entre deux nœuds successifs ? Entre deux ventres consécutifs ? Comparer cette distance moyenne à $L/3$ ($L = 70$ cm). Généraliser les résultats à l'harmonique de rang n .