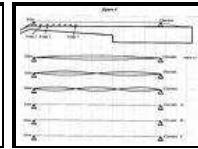


TP Son
n°1

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 quantifiées.

I. LES INSTRUMENTS DE MUSIQUE

1) Présentation

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

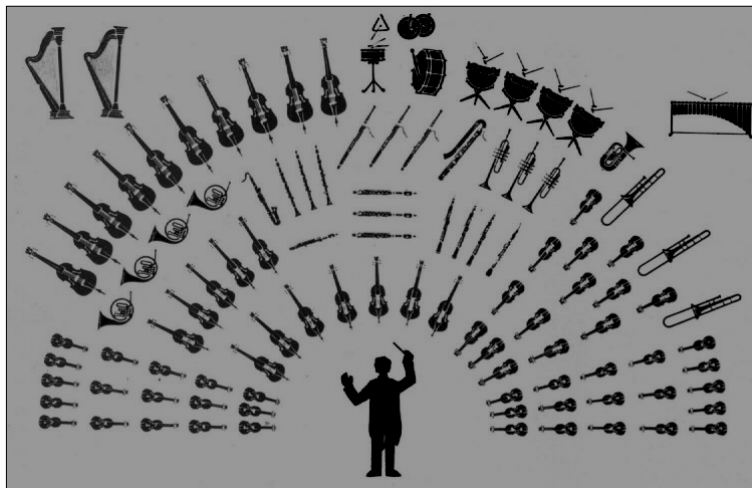
- les **cordes**: violon, violoncelle, alto, contrebasse, harpe, clavecin, piano, guitare ...
- les **vents**: clarinette, hautbois, basson, trompette, saxophone, flute traversière, cor, trombone, tuba ...
- les **percussions**: tambour, caisse, triangle, cymbales, xylophone ...

• 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).



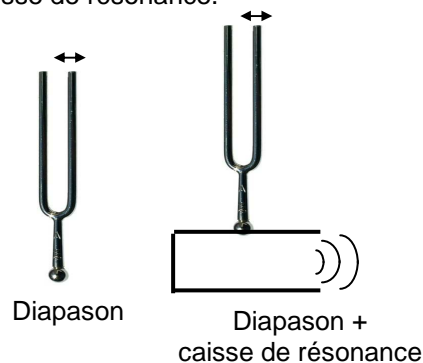
2) Production d'un son avec un diapason

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

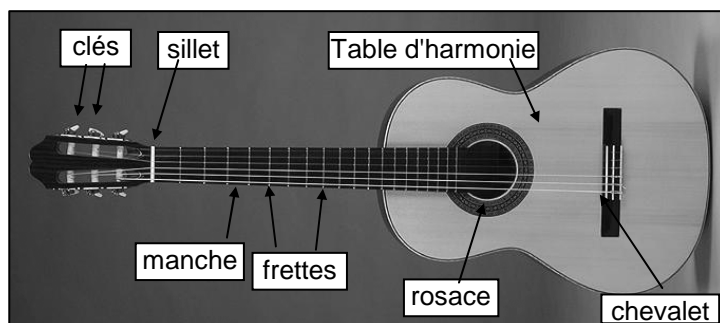
• Une guitare classique comporte **six cordes** tendues parallèlement le long du manche entre le **chevalet** et le **sillet**.

• 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.

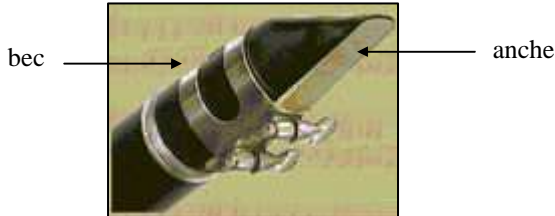
• En appuyant sur les **frettes** du manche de la guitare, le musicien modifie la **longueur des cordes** et peut ainsi jouer différentes notes sur une même corde.

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.



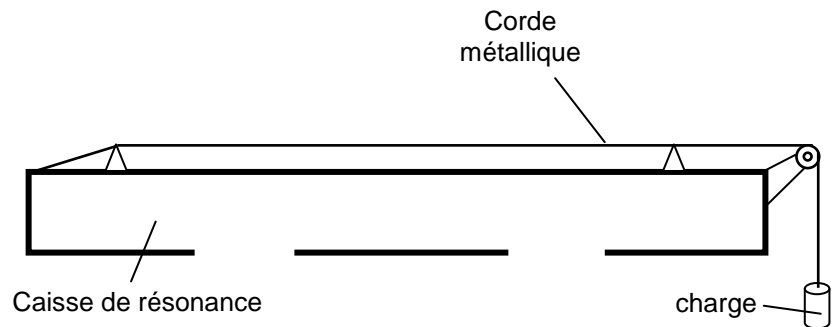
Quels sont l'excitateur et le résonateur de la clarinette ?

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.

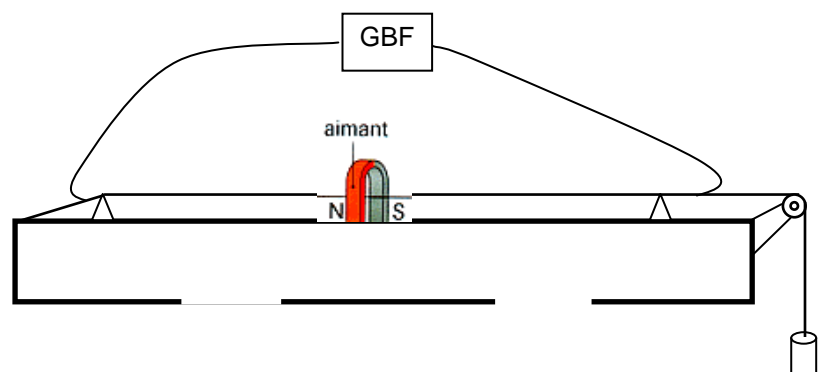
c) Mesurer la période T (en s) et en déduire la fréquence f du son émis. Comparer f et f_c . Conclure.

2) Oscillations forcées

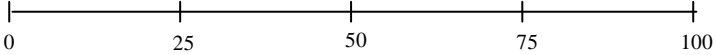
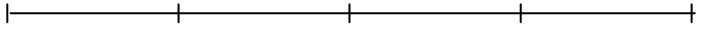
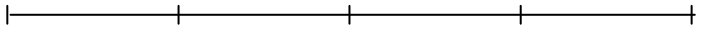
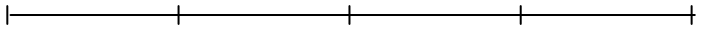
• La corde est maintenant parcourue par un courant alternatif d'intensité I délivré par un **GBF**.

• 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

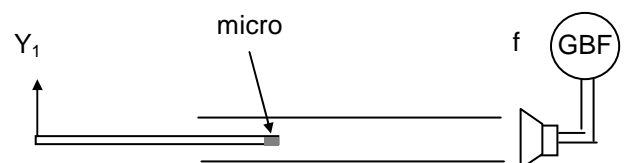
- Avec deux petits morceaux de papier pliés, chercher sur la corde, pour l'harmonique de rang 3, les points pour lesquels la corde est immobile.
- Comment sont disposés les deux morceaux de papier sur la corde ? Qu'observe-t-on entre les deux morceaux de papier ou entre un morceau de papier et un point 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^o3 ? Généraliser pour l'harmonique de rang n.
 - Pourquoi a-t-on placé l'aimant en U au centre de la corde pour les harmoniques 1 et 3 et pas pour les harmoniques 2 et 4 ?

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					

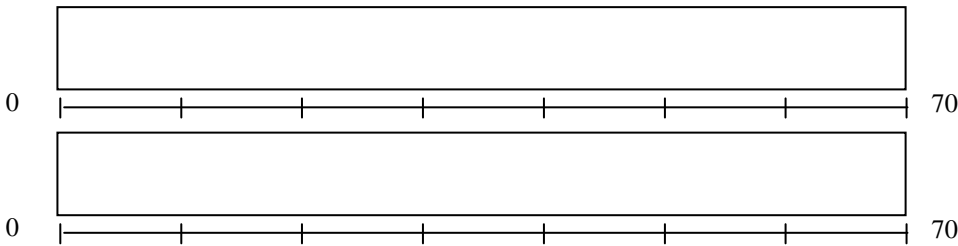
a) Calculer les rapports: $f_2 / 2$, $f_3 / 3$, $f_4 / 4$ et $f_5 / 5$. Comparer ces valeurs à f_1 .

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 noeuds 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 .