

TP 2 : Corde de Melde

Les points du programme :

- Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour visualiser et caractériser le phénomène d'interférences de deux ondes.
- Mettre en œuvre une méthode de mesure de fréquence ou de période.
- Mesurer la célérité, la longueur d'onde et le déphasage dû à la propagation d'un phénomène ondulatoire.

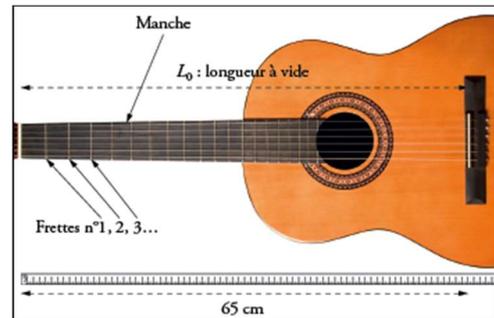
Problématique :

La hauteur d'une note dépend de sa fréquence fondamentale. Plus cette fréquence est élevée et plus le son est aigu, plus elle est basse et plus le son est grave.

Les manches de certains instruments à cordes (guitare, mandoline, banjo, ukulélé...) comportent des barrettes métalliques « frettes » qui délimitent des cases. Le musicien appuie sur la corde au niveau d'une case, modifie ainsi la longueur de la corde vibrante et donc la hauteur du son émis.

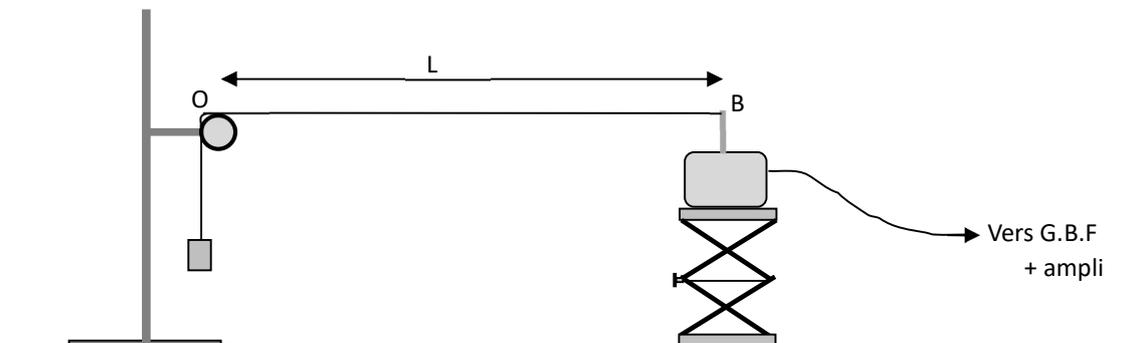
Pour accorder sa guitare, le guitariste tend ou détend les cordes à l'aide des clefs situées au niveau de la tête de la guitare. Ce réglage permet de modifier la fréquence de l'onde sonore émise par la corde.

Dans ce TP On se propose ici de mettre en évidence l'influence ces paramètres de la corde sur la fréquence du son qu'elle émet.



DOCUMENTS

Document 1 : Description du dispositif modélisant la vibration forcée d'une corde de guitare



On modélise une corde de guitare fixe à ses deux extrémités par une corde (corde de Melde) de longueur L dont :

- une extrémité est reliée à un vibreur dont la fréquence de vibration est réglée à l'aide d'un G.B.F.
- l'autre extrémité est reliée à l'aide d'une poulie à une masse suspendue m .

La corde (appelée le résonateur) vibre à une fréquence imposée par l'ensemble « vibreur + G.B.F + amplificateur » appelé l'excitateur. On dit qu'elle est le siège d'oscillations forcées.

Cette excitation est ici un signal périodique sinusoïdal.

Document 2 : Matériel mis à votre disposition

- Une corde ; un mètre ruban ; une potence + une noix + une poulie ; un support élévateur.
- Une boîte de masses marquées; un GBF, un amplificateur, un vibreur, des fils de connexion.

1. Observation des modes propres de vibration

Le vibreur est alimenté par un GBF suivi d'un amplificateur. On prendra $L = 65$ cm et $m = 100$ g.

Manipulation 1 :

- Réaliser le montage schématisé ci-dessus.
Appeler le professeur pour vérifier votre montage avant de mettre sous tension.
- Faire varier la fréquence du GBF à partir de 10 Hz jusqu'à observer un seul fuseau ample entre O et B.
- Noter alors la valeur de la fréquence $f_1 = \dots\dots\dots$

A cette fréquence, l'amplitude du fuseau est maximale. On dit que l'excitateur et le résonateur (la corde) sont **en résonance**.

Remarques : - Tous les points de la corde (hors extrémités) vibrent alors à la même fréquence.
 - L'état vibratoire correspondant est appelé un **mode propre** de vibration de la corde.
 - Si l'on observe qu'un seul fuseau, on dit que la corde vibre sur le **mode fondamental**.
 - La fréquence correspondante est la plus petite fréquence permettant d'observer le phénomène de résonance. Les fréquences supérieures sont les **harmoniques**.

- Augmenter la fréquence de vibration de la corde et noter les valeurs des fréquences pour lesquelles on observe le phénomène de résonance (amplitude maximale des fuseaux). Compléter les schémas 2 et 3 sur l'annexe.
On s'arrêtera à $n = 5$.

n	1	2	3	4	5
f_n					

Exploitation :

- Q1.** Rappeler l'expression de la fréquence f_n du n -ième mode en fonction de la célérité v de l'onde (*voir application 2 du chapitre O2*).
- Q2.** Tracer avec Regressi la courbe f_n en fonction de n . Le modèle est-il validé ?
On parle alors d'harmonicité de la corde, sinon d'anharmonicité. Si validation, déduire une estimation plus précise de la fréquence du fondamental. Déterminer alors la célérité v et son incertitude.

2. Influence de la longueur de la corde

Manipulation 2 :

- Choisir un mode n . Faire varier la longueur L de la corde et relever les différentes valeurs de $f_n(L)$.

L					
f_{\dots}					

Exploitation :

- Q3.** Rappeler l'expression de la fréquence f_n du n -ième mode en fonction de la longueur L de la corde (*voir application 2 du chapitre O2*).
- Q4.** Tracer une courbe judicieusement choisie permettant de valider la dépendance de f_{\dots} et L . Le modèle est-il validé ?
- Q5.** Si validation, déduire la célérité v et son incertitude.

3. Influence de la tension de la corde

La célérité de l'onde le long de la corde est donnée par :

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

où μ est la masse linéique de la corde en kg.m^{-1} et T est la tension (force) appliquée sur la corde.

Ici, la force étant le poids (on suppose la poulie idéale), la norme de la tension vaut $T = m.g$, où m est la valeur de la masse suspendue et g est l'accélération de la pesanteur ($g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$).

Manipulation 3 :

À L constant (environ 70 cm) on fait varier m entre 50 g et 200 g.

- Noter la valeur réelle de longueur : $L = \dots\dots\dots$
- Choisir un mode n . Faire varier la masse m de la corde et relever les différentes valeurs de $f_n(m)$.

m (en)					
f_{\dots} (en)					
T (en)					
v (en)					

Exploitation :

Q6. Compléter la 3^{ème} ligne du tableau ci-dessus.

Q7. En utilisant la question **Q1**, compléter la 4^{ème} ligne du tableau ci-dessus.

Q8. Tracer une courbe judicieusement choisie permettant de valider la dépendance de v en fonction de T .

Q9. Dédurre la masse linéique μ de la corde (et son incertitude) de la pente de la courbe.

Q10. Comparer à la masse linéique de la corde que l'on obtient en utilisant une balance.

Utilisation simple de Regressi

- Nouveau jeu de données : Fichier → Nouveau → Clavier

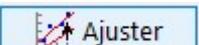
Rentrer alors les grandeurs utilisées (la première est utilisée pour l'axe des abscisses).

- Obtenir un graphique :  Graphe

- Modélisation  Modél.

On peut directement rentrer l'équation que l'on souhaite utiliser en attribuant une lettre différente à chaque paramètre à ajuster (c'est-à-dire que le logiciel va faire varier afin de minimiser l'écart entre les points de mesure et le modèle).

On peut aussi utiliser les modèles disponibles via l'icône .

Attention : bien penser à appuyer sur .

ANNEXE

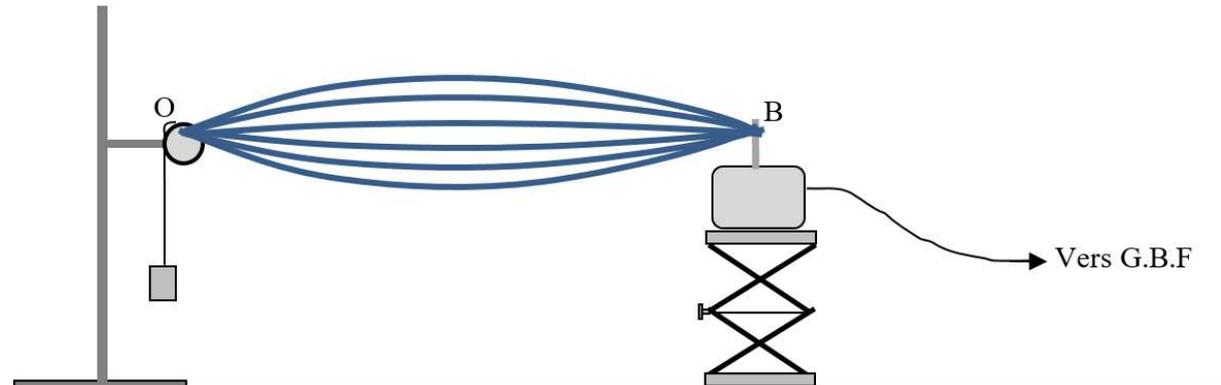


Schéma n°1 : Corde vibrante sur le mode fondamental

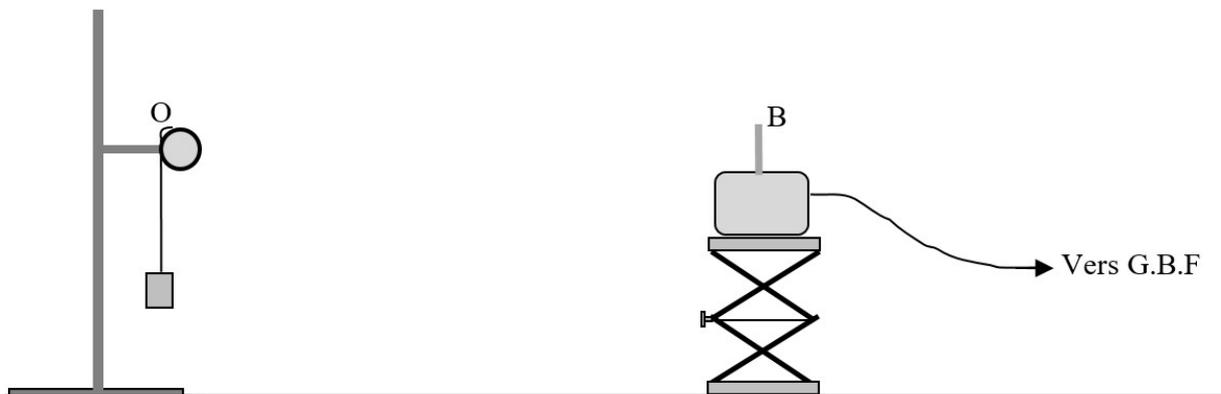


Schéma n°2 : Corde vibrante sur le mode harmonique de rang 2

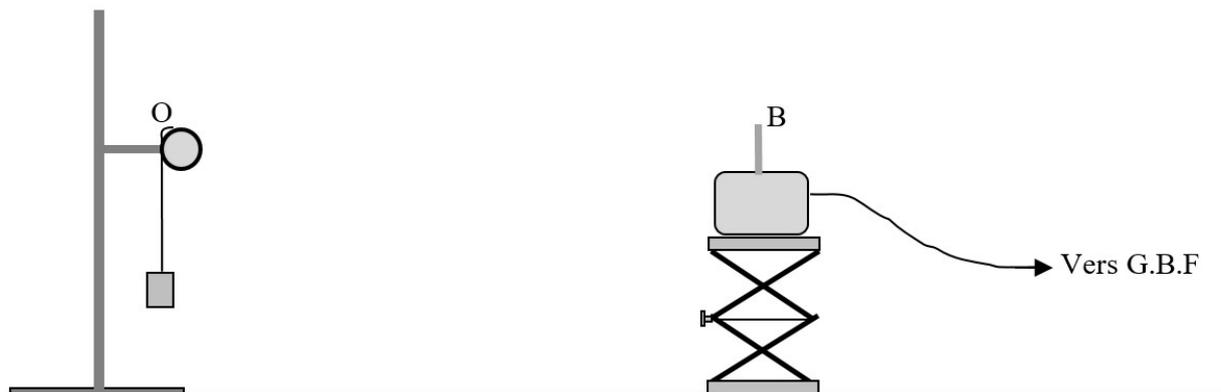


Schéma n°3 : Corde vibrante sur le mode harmonique de rang 3