



TP S4 - SPECTRE SONORE D'UNE CORDE VIBRANTE

D.Malka – MPSI 2013-2014 – Lycée Saint-Exupéry

| Capacités expérimentales | |
|--|---|
| Evaluer une incertitude | ✓ |
| Décrire une onde stationnaire observée par stroboscopie sur la corde de Melde | ✓ |
| Effectuer l'analyse spectrale d'un signal périodique à l'aide d'un oscilloscope ou d'une carte d'acquisition | ✓ |
| Mettre en oeuvre un dispositif expérimental permettant d'analyser le spectre du signal acoustique produit par une corde vibrante | ✓ |

1 Modes propres de vibration d'une corde tendue

Dans cette partie, toute mesure doit être accompagnée d'une incertitude.

1.1 Dispositif expérimental : corde de Melde

On s'intéresse à une corde tendue par une masse $m = 200\text{ g}$ suspendue et dont l'autre extrémité est reliée à un vibreur (fig.1). Le vibreur est alimenté par générateur basses fréquences (G.B.F.) et vibre à la fréquence de la tension aux bornes du générateur.

1. Mesurer la longueur L de la corde.
2. Que vaut la tension T de la corde ?

On donne la masse linéique de la corde tendue : $\mu = 5,32 \cdot 10^{-4}\text{ kg.m}^{-1}$.

1.2 Modes propres de vibration

1. Régler le G.B.F. de façon à ce que la tension délivrée soit sinusoïdale de fréquence f .

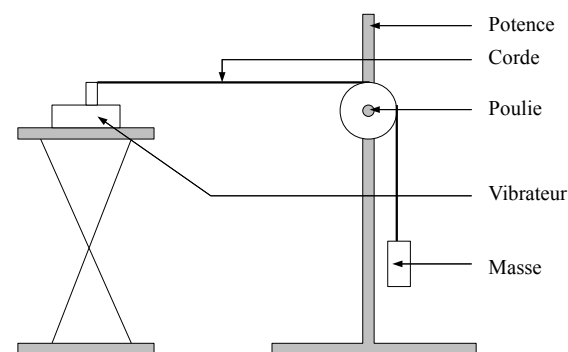


FIGURE 1 – Corde de Melde

2. Faire varier la fréquence du générateur. Quelle est la réponse de la corde pour la majorité des fréquences.
3. Rechercher les fréquences f_n pour lesquelles la corde entre en résonance puis pour chaque fréquence (ou mode) (*remplir le tableau fig.2*) :
 - 3.1 décrire la corde en terme de noeuds et de ventres (on pourra faire un schéma),
 - 3.2 relever la fréquence du G.B.F.,
 - 3.3 mesurer la fréquence de vibration de la corde en l'éclairant avec le stroboscope et reproduire sur le schéma précédent l'image fixée par le stroboscope,
 - 3.4 calculer les fréquences propres de vibration prévues par la modélisation

de la corde :

$$f_n = n \frac{C}{2L} \quad \text{avec} \quad C = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

avec L la longueur de la corde, T la tension de la corde et μ la masse linéique de la corde.

| Modes | fréquence GBF | fréquence « corde » | fréquence théorique |
|-------|---------------|---------------------|---------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

FIGURE 2 – Mesure et calcul des fréquences propres de vibration

2 Analyse spectrale du son émis par une corde vibrante

Dans cette partie, on utilise le logiciel libreAudacity qui permet d'enregistrer et d'analyser un son.

2.1 Montage

L'acquisition du son est réalisée à l'aide d'un micro relié à un ordinateur (fig.3).



FIGURE 3 – Acquisition d'un son

On enregistre et analyse des sons émis par différentes sources.

2.2 Analyse spectrale d'un son

L'analyse spectrale d'un signal se fait par une transformation mathématique appelée *Transformée de Fourier*. Nous n'entrons pas dans les détails de cette transformation qui est du ressort du cours de mathématique de deuxième année. Le dispositif d'acquisition numérique dispose d'un algorithme qui permet de réaliser une transformée de Fourier discrète d'un signal numérique. Un exemple de signal et de sa transformée de Fourier est donné fig.4.

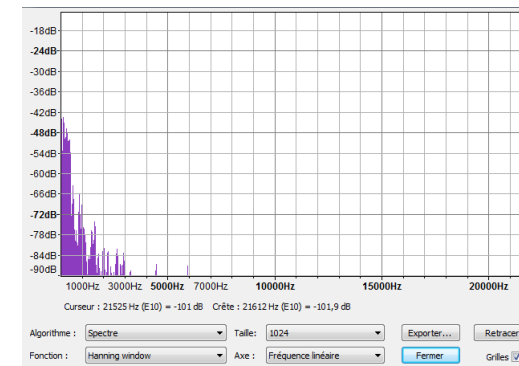
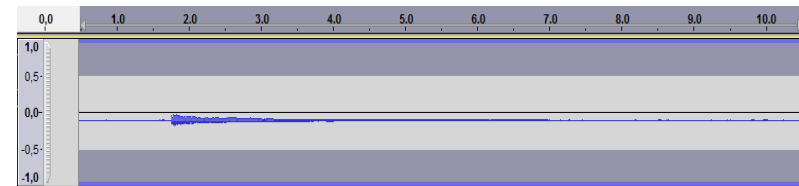


FIGURE 4 – Signal et sa transformée de Fourier

Le graphe de la transformée de Fourier indique, en abscisse, la fréquence f des signaux sinusoïdaux qui composent le signal analysé et, en ordonnée, l'amplitude de chacun de ses signaux. **Les pics correspondent aux principales**

fréquences contenues dans le signal.

2.3 Son quasi-monochromatique

Source : haut-parleur alimenté par un GBF

1. Régler le GBF de façon à ce que la tension à ces bornes soit sinusoïdale et de fréquence audible par l'humain.
2. Réaliser l'acquisition du signal (une dizaine de secondes suffisent).
3. Analyser le signal et déterminer les principales fréquences présentes. Est-ce cohérent ?

2.4 Son complexe

2.4.1 Diapason

Source : diapason

Un diapason est un étalon de fréquence. Il est fabriqué de façon à vibrer à 440 Hz ce qui correspond à la note La_4 .

1. Réaliser l'acquisition du signal.
2. Analyser le signal et déterminer les principales fréquences présentes.
3. Le diapason est-il équilibré ?

2.4.2 Corde de guitare

Source : corde de guitare

1. Jouer un La à la guitare et enregistrer le signal.
2. Si on modélise la corde de guitare comme une corde de Melde, quelles sont les fréquences attendues dans le spectre ?
3. Analyser le signal (FFT) et déterminer les principales fréquences présentes.
4. Jouer un Mi à la guitare et enregistrer le signal.
5. L'accord de La (La majeur) contient les notes La , $Do\#$ et Mi . En s'appuyant sur les spectres des notes Mi et La , expliquer pourquoi cet accord est harmonieux ?

2.4.3 Voix humaine

Source : voix humaine

1. Enregistrer sa voix et réaliser l'analyse spectrale du signal
2. Quel est le domaine spectral de votre voix ?
3. Recommencer en ne prononçant qu'une voyelle puis en ajoutant des consonnes.
4. Comparer les spectres des signaux. Conclure.