

# Acoustique

## Matériel

- émetteur + récepteurs ultrasonores
- oscilloscope
- GBF
- écran
- banc de translation
- système de détection synchrone
- support élévateur
- corde de guitare + masses
- haut-parleur
- amplificateur
- caisse de résonance (bouteille) + micro

## Introduction

L'acoustique est un domaine de la physique qui s'intéresse au son. Le son est une onde mécanique qui se propage dans tous les milieux matériels. On s'intéressera dans ce montage uniquement à la propagation dans l'air et on prendra comme vitesse :  $c = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$ .

## I Caractère ondulatoire

### 1) Célérité du son

On envoie une onde ultrasonore par le biais d'un émetteur alimenté par un GBF (environ 40 kHz) sur deux récepteurs reliés à un oscilloscope. La distance entre l'émetteur et le premier récepteur est notée  $d_1$ . On place d'abord les récepteurs côte à côte (ils sont en phase), on utilise le mode XY de l'oscilloscope, on éloigne un récepteur et on compte le nombre de périodes  $N$  sur la distance parcourue, qui est en fait  $N$  fois la longueur d'onde.

On a  $c = \lambda f$  que l'on compare à la valeur théorique.

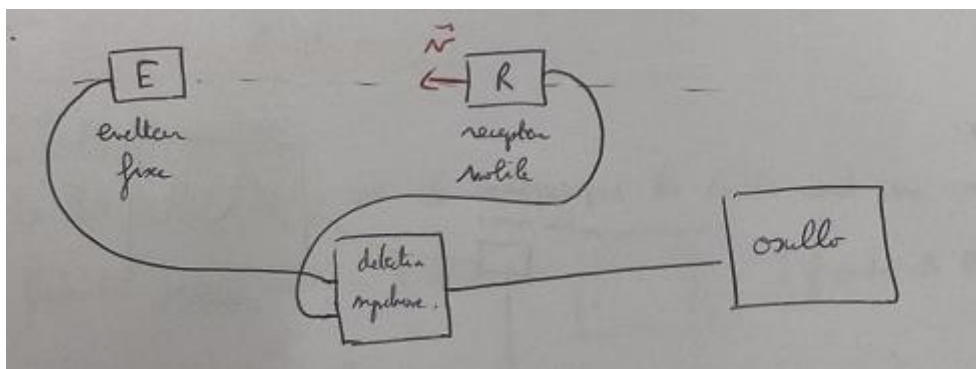
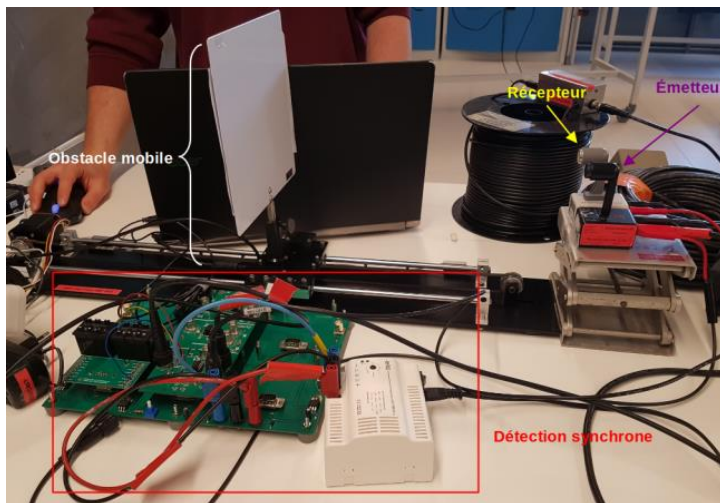
La valeur expérimentale est assez éloignée, on applique une correction (la distance parcourue par l'onde est en fait plus faible).

$N\lambda_{corr} = \sqrt{(d_1 + N\lambda)^2 + d^2} - \sqrt{d_1^2 + d^2}$ ,  $d$  est la distance latérale entre l'émetteur et un récepteur.

## 2) Effet Doppler

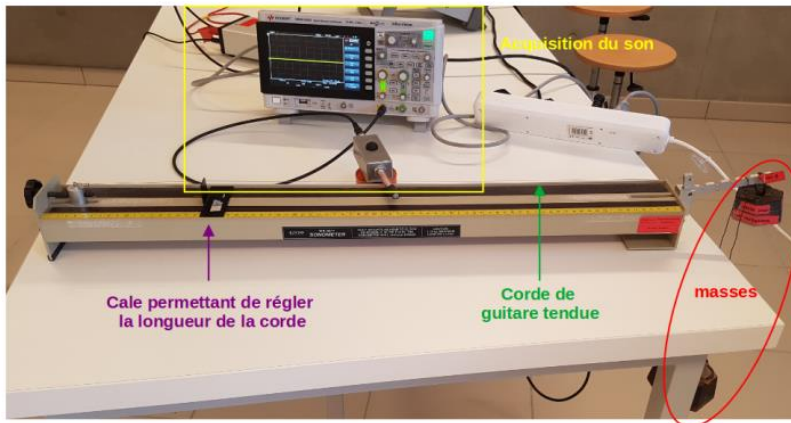
On alimente un émetteur canard ultrasonore avec un GBF à une fréquence telle qu'on ait un maximum d'amplitude en sortie. On prend  $f = 40 \text{ kHz}$ . On dispose d'un banc de translation (moteur pas à pas contrôlé par ordinateur avec un module Arduino) sur lequel on a mis un écran qui sert d'obstacle. On dispose un canard récepteur ultrasonore à côté de l'émetteur. On relie le récepteur à un montage de détection synchrone puis on regarde la sortie à l'oscilloscope. Le récepteur reçoit un signal à une fréquence  $f + \Delta f$ . On peut procéder de deux manières : soit l'émetteur et le récepteur sont alignés, et dans ce cas  $\frac{\Delta f}{f} = \frac{2v}{c}$ , soit ils sont l'un en face de l'autre, et dans ce cas  $\frac{\Delta f}{f} = \frac{v}{c}$  (formule valable si  $v \ll c$ , ce qui est le cas ici).

L'utilisation d'une détection synchrone vient du fait que  $\Delta f \ll f$ . Sans la détection synchrone, il serait très dur difficile de mesurer le décalage directement à l'oscilloscope. Avec la détection synchrone, on mesure  $\Delta f$  directement en mesurant la période du signal de sortie. Pour avoir  $v$ , voir la notice du banc.



## II Production d'ondes sonores

### 1) Corde de guitare



On cherche à vérifier la relation  $f_0 = \frac{c}{2L}$ ,  $c$  est la célérité de l'onde dans la corde :  $c = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ ,  $f_0$  est la fréquence fondamentale du son émis,  $L$  est la longueur de la corde ( $T = mg$ ). Pour différentes valeurs de  $L$ , on fait vibrer la corde, on récupère le signal à l'oscilloscope et on trace son spectre. On relève ainsi  $f_0$ .

On trace  $f_0$  en fonction de  $1/L$  et on trouve  $c$ , que l'on compare à la valeur théorique (ou tracer  $1/L$  en fonction de  $f_0$  pour mettre les incertitudes sur  $1/L$  avec Igor).

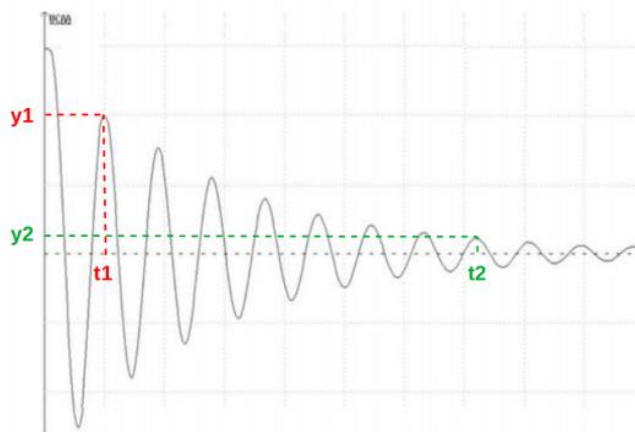
Remarque : il se peut qu'on observe un pic fréquentiel fondamental triple, sûrement dû au fait que la masse n'assure pas une tension parfaite, elle vibre donc légèrement ce qui implique de légers battements.

## 2) Caisse de résonance

On alimente un haut-parleur à l'aide d'un GBF relié à un amplificateur. On génère des impulsions suffisamment espacées (typiquement une seconde) et on visualise la réponse de la caisse (bouteille) à l'aide d'un micro (placée dans la bouteille) et d'un oscilloscope.

On cherche à caractériser la caisse de résonance en mesurant sa fréquence centrale, son facteur de qualité et sa largeur spectrale. Pour la fréquence centrale on effectue la TF de sa réponse temporelle et on mesure la fréquence moyenne du pic. Le facteur de qualité est donné par :

$$Q = \frac{\omega_0}{2} \frac{\Delta t}{\ln\left(\frac{y_1}{y_2}\right)} \text{ avec } \Delta t = t_2 - t_1$$



Remarque : on peut placer la bouteille à l'horizontale ou à la verticale. A l'horizontale, un pic double peut apparaître à cause de la forme de la bouteille (« cylindre » + dessous de la bouteille), à la verticale il n'y a que le pic correspondant à la fréquence qui nous intéresse.

## Conclusion

Dans ce montage, nous avons mesuré la célérité des ondes sonores de différentes manières, dans différents milieux.

## Questions

- Comment fonctionnent les émetteurs ultrasonores ?
  - ➔ Générateurs piézoélectriques
- Comment modifier le timbre ?
  - ➔ On peut frapper la corde différemment (ex : piano ou clavecin) ou frapper un endroit différent
- Pourquoi une bouteille de bière résonne moins qu'un diapason ?
  - ➔ Le diapason est plus rigide donc il dissipe moins