

COMPTE RENDU DE MONTAGE DE PHYSIQUE

-
PRÉPARATION À L'AGRÉGATION DE PHYSIQUE DE L'ENS PARIS-SACLAY

BENHAMOU-BUI Benjamin
PLO Juliette

Montage n°30

Acoustique



FIGURE 1 – Le meilleur ami de ce montage : le CANARD SUPERSONIQUE

Présenté par Benjamin

Table des matières

1	Introduction	2
2	Caractère ondulatoire	2
2.1	Interférences	2
2.2	Effet Doppler	4
3	Production d'ondes sonores	5
3.1	Corde de guitare	5
3.2	Caisse de résonance	7
4	Questions	9

1 Introduction

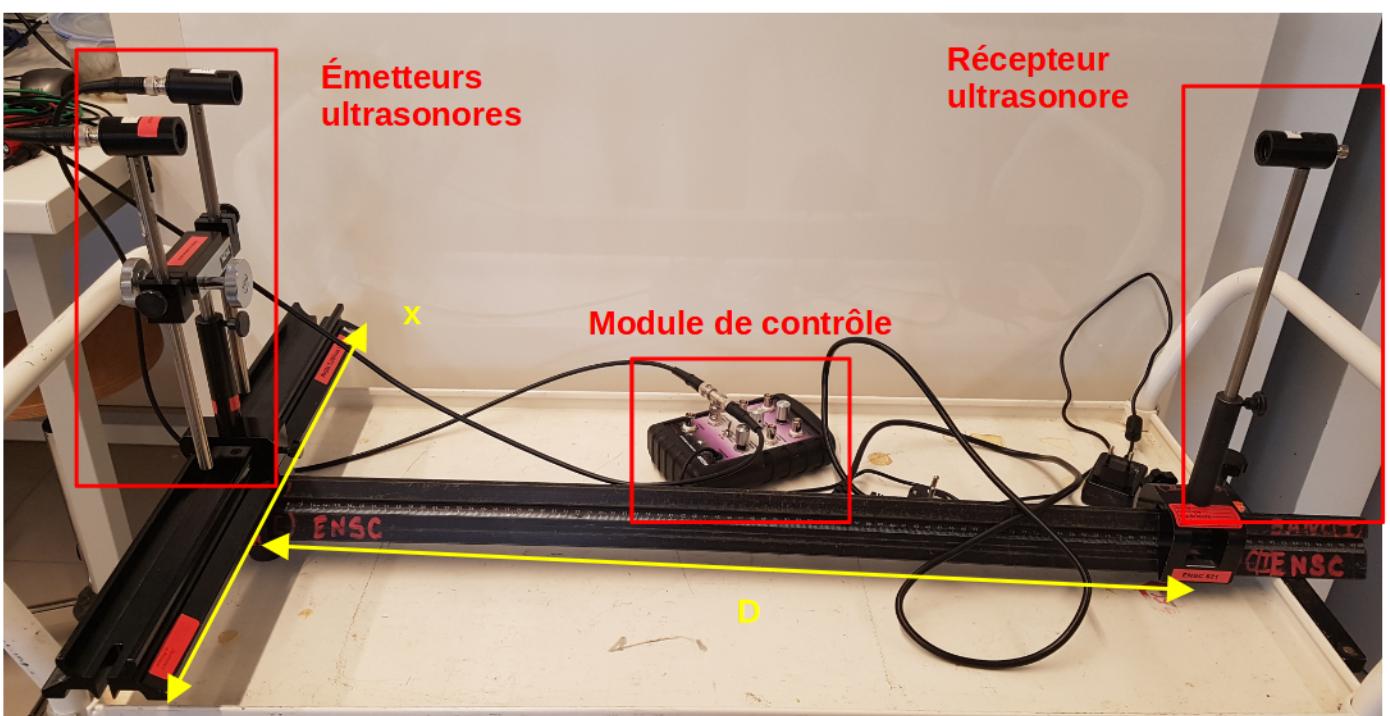
L'acoustique est un domaine de la physique qui s'intéresse au son. Le son est une onde mécanique qui se propage dans tous les milieux matériels. On s'intéressera dans ce montage uniquement à la propagation dans l'air et on prendra comme vitesse : $c_{son}^{air} = 20.05\sqrt{T}$.

Dans ce montage on va étudier les quelques caractères ondulatoires du son avant d'étudier un système permettant de produire une telle onde qu'est la guitare.

2 Caractère ondulatoire

2.1 Interférences

Montage :

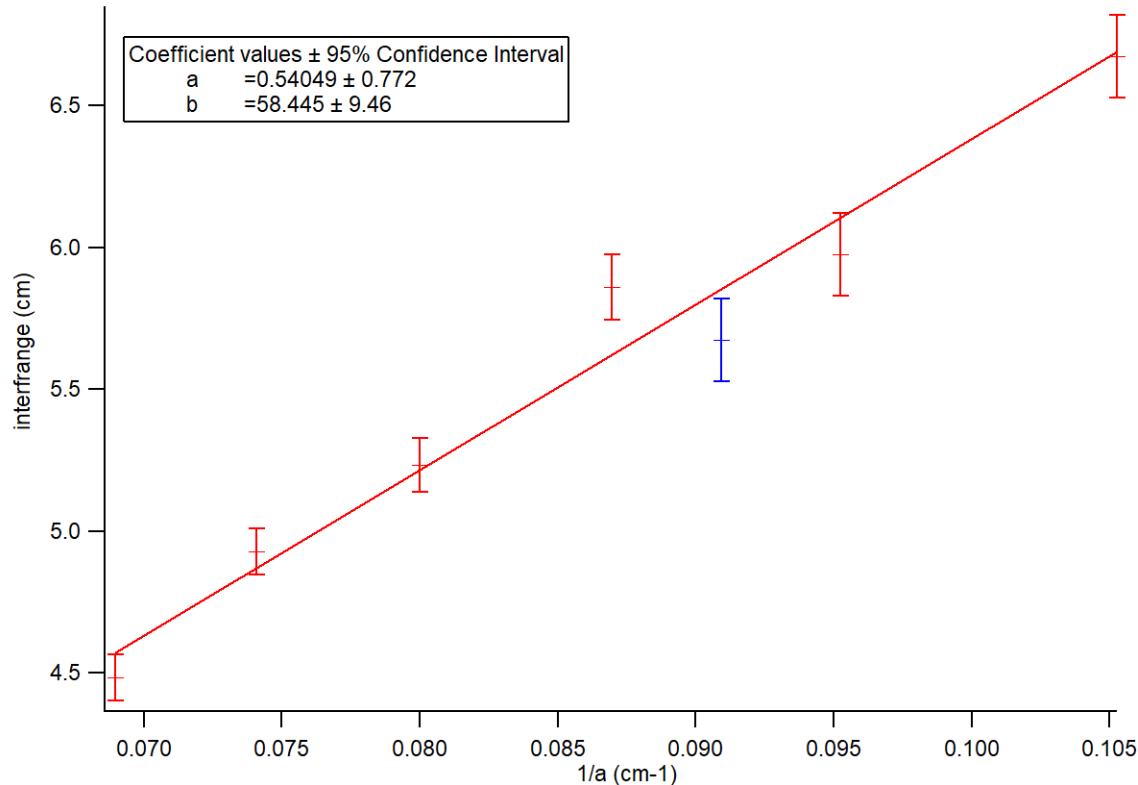


On alimente les émetteurs avec le module de contrôle en choisissant la fréquence telle qu'ils émettent un maximum d'amplitude. On relie le récepteur à l'entrée de module de contrôle et on branche la sortie à l'oscilloscope en appliquant un gain réglable. On visualise l'amplitude sur l'oscilloscope et en translatant les émetteurs selon x, on observe des interférences. On a pris $f = 35.6\text{kHz}$.

Exploitation : on cherche ici à vérifier la relation $i = \frac{\lambda D}{a}$ où a est la distance entre émetteurs, réglable précisément à l'aide d'une vis.

Pour différentes valeurs de a : on repère la position d'un maximum d'amplitude sur le banc, puis on translate les émetteurs selon x en comptant le nombre de maxima que l'on repère jusqu'au dernier dont on relève la position. On en déduit i en divisant l'écart par le nombre de maxima comptés.

On obtient la courbe suivante :



L'incertitude majoritaire provient de l'estimation de la position des deux maxima à chaque fois.

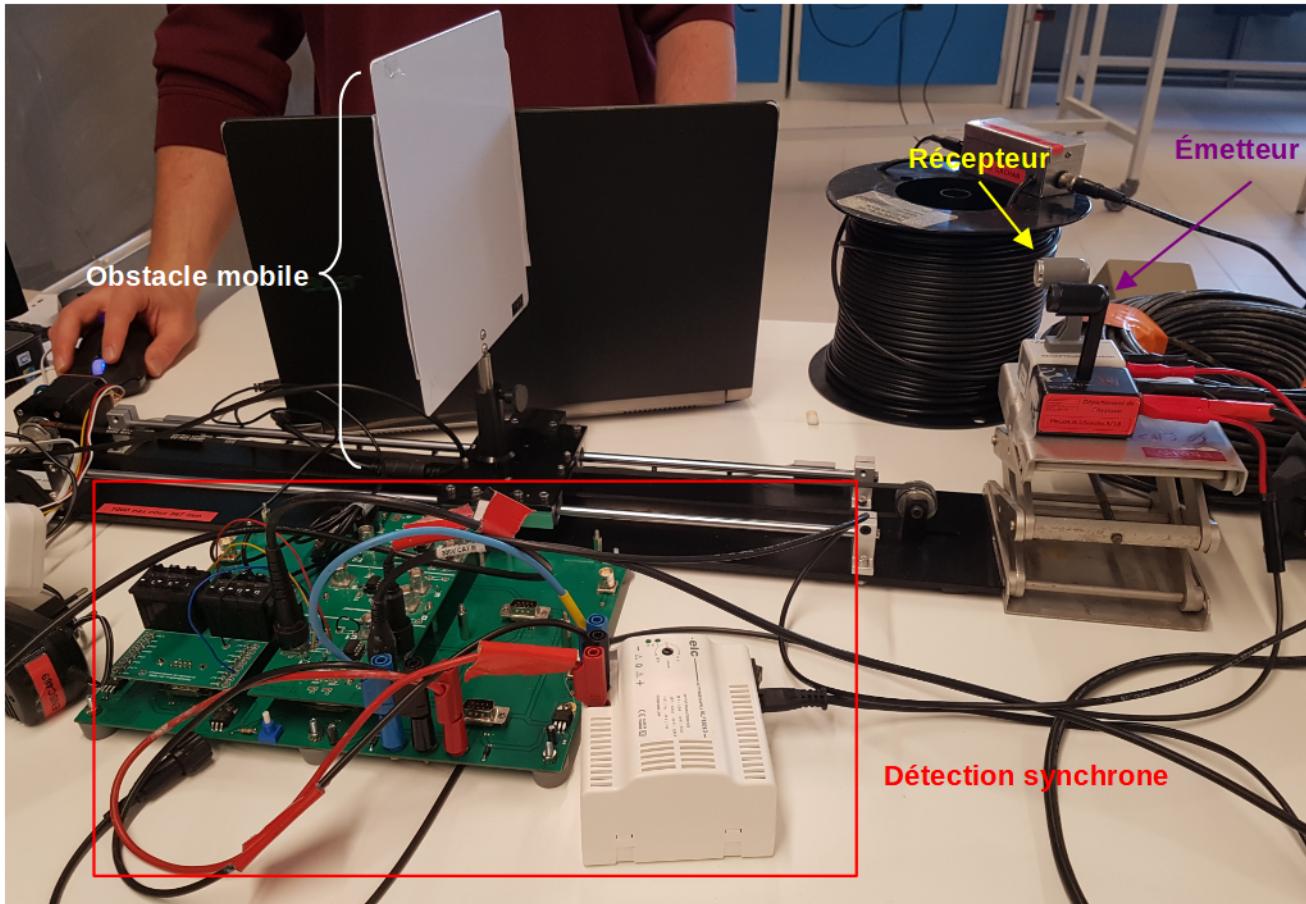
On obtient bien une droite ce qui confirme le modèle utilisé. On peut ajuster par une droite et comparer la valeur de la pente à la valeur théorique : $(\lambda D)_{th} = 65.2 \text{ cm}^2$.

Remarques : Nos incertitudes peuvent être diminuées en zoomant sur le haut des sinusoïdes et en procédant très lentement.

La formule théorique est obtenue en supposant $a \ll D$ ce qui à priori n'est pas évident ici. Cependant on se rend compte que i est très peu dépendant de la position des émetteurs sur x ce qui valide néanmoins l'hypothèse.

2.2 Effet Doppler

Montage :



On alimente un émetteur canard ultrasonore avec un GBF réglé à une fréquence telle qu'on ait un maximum d'amplitude en sortie. On a pris $f=40\text{kHz}$

On dispose d'un banc de translation (moteur pas à pas contrôlé par ordinateur avec un module Arduino, voir avec Pierre) 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.

Exploitation : On cherche à vérifier la relation $\Delta f = 2 \frac{v}{c_{son}} f$ où Δf est le décalage en fréquence du signal reçu par rapport au signal émis et v la vitesse du chariot (connue précisément grâce au logiciel). On effectue une série de mesures de Δf en live puis une étude statistique des incertitudes. On vérifie finalement bien la loi théorique qui nous donne $\Delta f_{th} = 14.05\text{Hz}$ avec $v = 6.05\text{cm.s}^{-1}$.

Remarques :

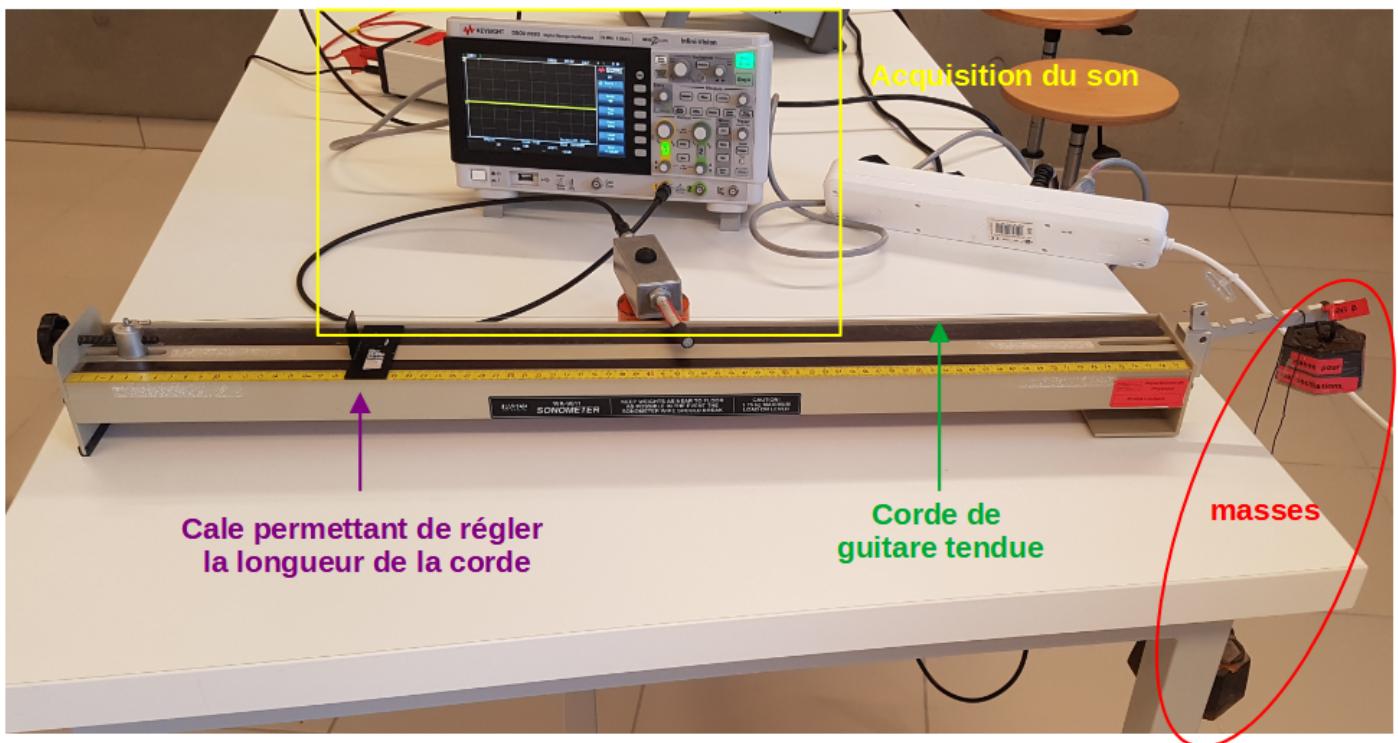
- le facteur 2 dans la formule vient de la réflexion sur l'écran qui induit un décalage double de la fréquence.
- l'utilisation d'une détection synchrone vient du fait que $\Delta f \ll f$. Par conséquent il serait très dur de mesurer le décalage directement sur l'oscilloscope. Avec la détection, on mesure Δf en mesurant directement la période du signal en sortie.
- pour connaître la valeur de la vitesse du chariot, demander à Pierre ou regarder la notice du banc...

Les ondes ultrasonores c'est marrant 5min mais que serait un montage d'acoustique sans musique !!

3 Production d'ondes sonores

3.1 Corde de guitare

Montage :

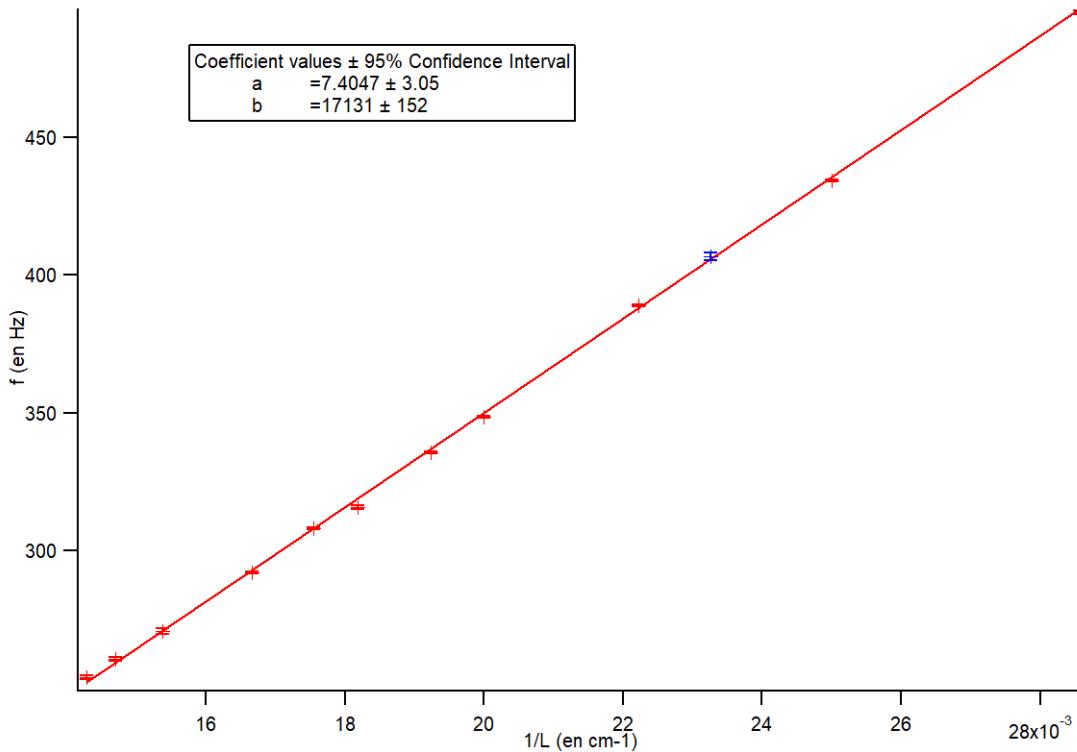


La photo parle d'elle même. Les masses sont de 2kg et 500g. On les a choisi de telle sorte que le loquet se décolle légèrement, permettant ainsi de contrôler la tension de la corde.

Exploitation : On cherche à vérifier la relation $f_0 = \frac{c}{2L}$ (formule type corde de Melde) où f_0 est la fréquence fondamentale du son émis, c est la célérité de l'onde mécanique transverse et L la longueur de la corde.

Pour différentes valeurs de L , on récupère le signal sonore et on trace son spectre sur l'oscilloscope. On relève ainsi la fréquence fondamentale.

On a obtenu la courbe suivante :



On obtient bien une droite ce qui valide le modèle théorique.

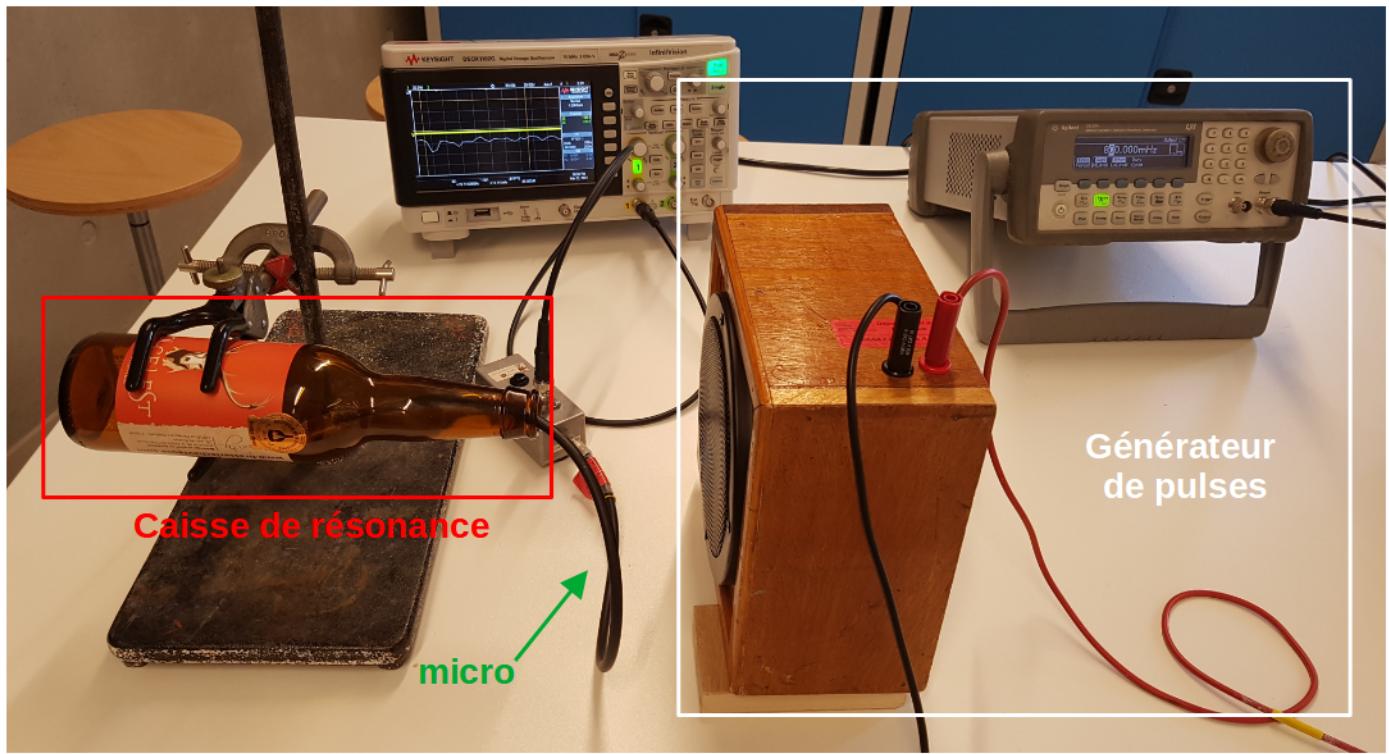
On peut comparer la pente de l'ajustement à la valeur de $c_{th} = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ où T est la tension de la corde et μ la masse linéique de la corde.

Remarques :

- l'incertitude qu'on a considéré comme majoritaire est celle sur la fréquence (largeur du pic à l'oscilloscope), cependant il s'avère en fait que c'est plutôt celle sur la longueur de la corde donnée par la cale. Il aurait donc fallu tracer $\frac{1}{L}$ en fonction de f pour faire prendre en compte à Igor les incertitude sur L et non sur f .
- il est possible d'observer un pic fréquentiel fondamental triple : c'est sûrement dû au fait que les masses n'assurent pas une tension parfaite et par conséquent elles vibrent légèrement ce qui implique de légers battements.
- on s'est contentés de comparer la pente de la courbe à un ordre de grandeur de c car pour obtenir T et μ on réalise des mesures assez imprécises : on a obtenu $c_{th} = 313 \pm 13 \text{ m.s}^{-1}$.

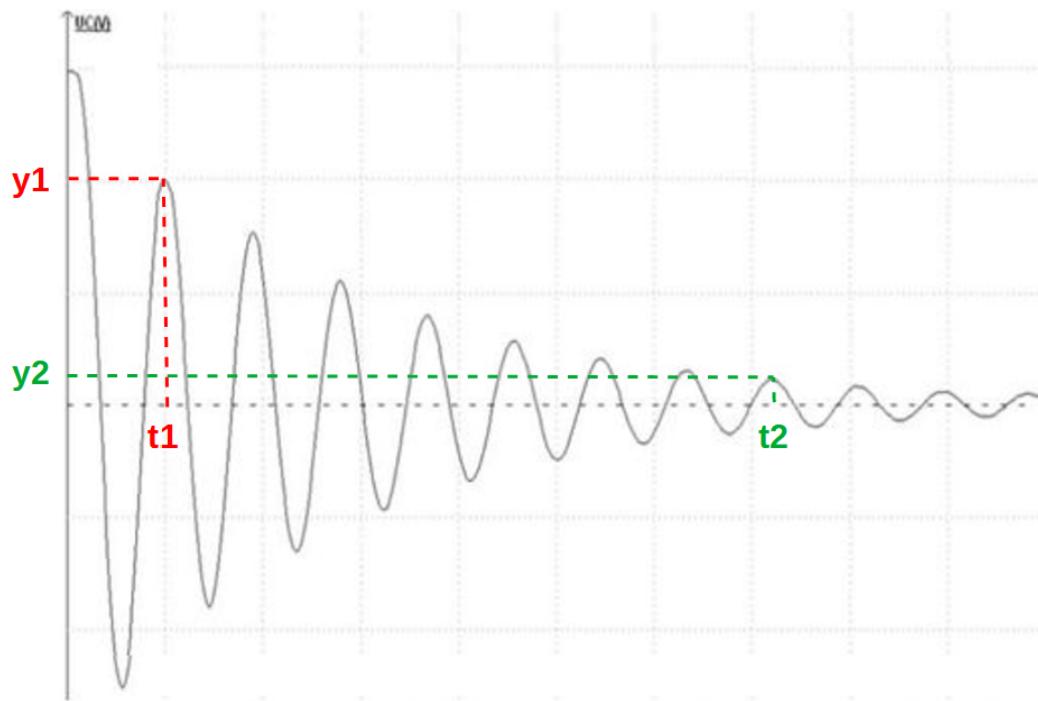
3.2 Caisse de résonance

Montage :



On alimente un haut-parleur à l'aide d'un GBF relié à un amplificateur. On génère des pulses espacés d'assez de temps (typiquement une seconde) et on vient visualiser la réponse de la caisse à l'aide d'un micro et d'un oscilloscope.

Exploitation : on obtient la réponse suivante



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. Pour son facteur de qualité on relève (t_1, y_1) et (t_2, y_2) sur la figure temporelle et on utilise la formule $Q = \frac{w_0}{2} \frac{\Delta t}{\ln \frac{y_1}{y_2}}$.

Remarques :

- pour générer des pulses au GBF j'ai généré des créneaux basse fréquence
- dans cette manip je me suis contenté d'ordres de grandeurs car je n'avais pas de valeur à quoi comparer. L'objectif était simplement de mesurer les grandeurs caractéristiques d'une caisse de résonance et de faire le lien avec la caisse d'une guitare en discutant les différences que l'on souhaitait (fréquence fondamentale dans l'audible mais plus grande largeur spectrale par exemple).
- la bière utilisée est une bière locale fabriquée à Gif-sur-Yvette. Elle m'a été vivement conseillée (avec modération bien sûr) par Arnaud et Laure-Lise et effectivement elle est excellente !!

4 Questions

- d'où vient la formule donnant c_{son}^{air} en fonction de T ? de la formule $c = \frac{1}{\sqrt{\mu\chi_s}}$ et en considérant l'air comme un gaz parfait
- quelles approximations pour trouver cette formule? approximation acoustique
- que vaut c_{son} dans les autres milieux? Pourquoi intuitivement?
- a-t-on des problèmes de cohérence sur la manip d'interférences? non car on a des capteurs d'amplitude qui ne moyennent pas
- si $D \sim a$ que se passe-t-il? dans ce cas i dépend de x
- comment fonctionnent les émetteurs ultrasonores? piézoélectriques
- comment choisir la fréquence du filtre dans la détection synchrone? de sorte à filtrer la composante en 2f qui est de 80kHz, on a pris 1kHz pour être large
- définition de hauteur et timbre d'un son?
- comment modifier le timbre? on peut taper la corde différemment (ex : piano vs clavecin) ou taper à un endroit différent
- comment mesurer Q dans le domaine fréquentiel? mesurer f_0 puis Δf pour en déduire Q
- pourquoi une bouteille de bière résonne moins qu'un diapason? le diapason est plus rigide donc il dissipe moins