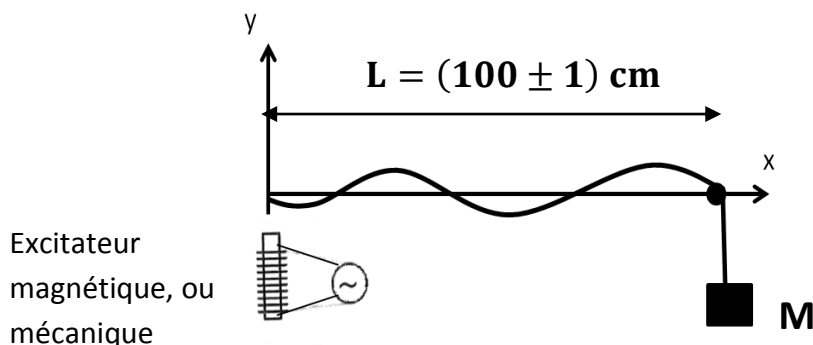


Expérience : Résonance sur la corde de Melde

Objectif : Proposer une mesure de la célérité c des ondes transversales sur une corde. Déterminer la dépendance de c avec la tension T et obtenir une mesure de la masse linéique μ de la corde.

Protocole expérimental :



Tension du câble : $T = Mg$.

Masse linéique μ mesurée avec une balance et un mètre à $\mu = 0,81 \pm 0,01 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$.

Fréquence d'excitation de la corde f_{GBF} contrôlée et donnée par un GBF (ou mesurée par un stroboscope).

Amplitude d'excitation A_0 fixe tout au long de l'expérience.

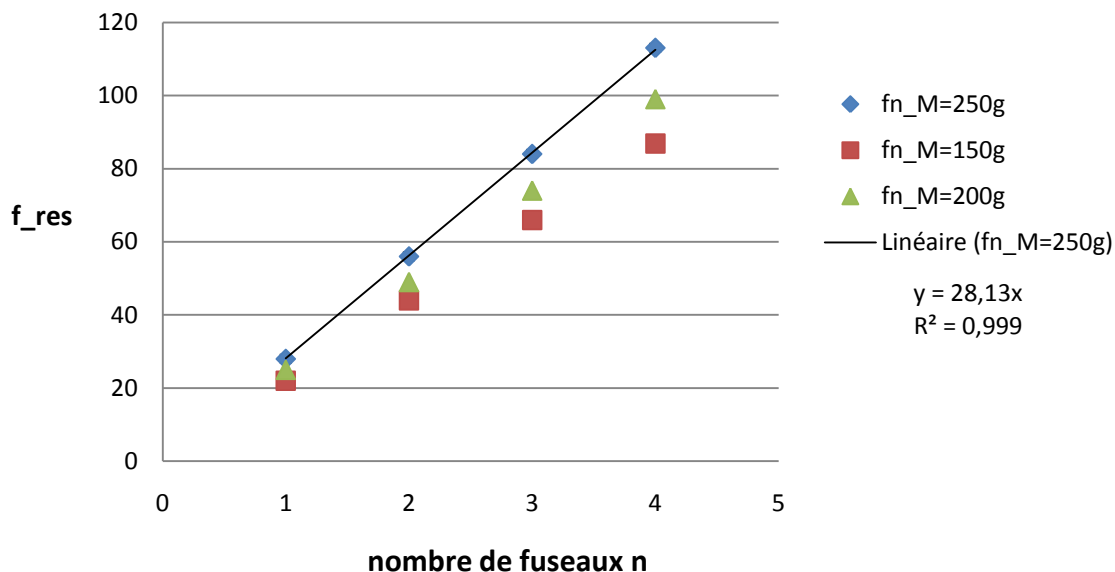
Observations qualitatives :

- Apparition d'une résonance pour certaines fréquences particulières $f_{GBF} = f_n$.
- Apparition à la résonance de nœuds aux positions x_N , où l'amplitude de la corde est nulle.
- Distance entre deux nœuds d_n fixe et dépendant du nombre de fuseaux n .
- Quand $f_{GBF} = f_n \nearrow$, $n \nearrow$ et $d_n \searrow$.
- Pour un nombre de fuseaux donné n , la fréquence f_n augmente avec M c'est-à-dire la tension T .

Paramètres de contrôle	Observables expérimentales
$M, f_{GBF},$ ou encore $L, \mu, A_0 \dots$	$n, f_n,$ ou encore $y(x, t), y_{max}, x_n, d_n, \dots$

Observations quantitatives :

- Lien entre le nombre de fuseaux n et la fréquence de résonance f_n pour différentes valeurs de M .



Nombre de fuseaux n	$f_{res} = f_n$ pour $M = (150 \pm 1)g$	$f_{res} = f_n$ pour $M = (200 \pm 1)g$	$f_{res} = f_n$ pour $M = (250 \pm 1)g$
1	$(22 \pm 1) Hz$	$(25 \pm 1) Hz$	$(28 \pm 1) Hz$
2	$(44 \pm 1) Hz$	$(49 \pm 1) Hz$	$(56 \pm 1) Hz$
3	$(66 \pm 1) Hz$	$(74 \pm 1) Hz$	$(84 \pm 1) Hz$
4	$(87 \pm 1) Hz$	$(99 \pm 1) Hz$	$(113 \pm 1) Hz$

Modélisation (bibliographie exercice de cours 3) :

A partir de la modélisation du paragraphe V du cours, on a obtenu :

- Le lien entre la fréquence de résonance f_n et le nombre de fuseau n : $f_n = n \cdot \frac{c}{2L}$
- Le lien entre la célérité de l'onde sur la corde c et la tension du câble $T = Mg$: $c = \sqrt{\frac{Mg}{\mu}}$

Interprétations qualitatives :

Grâce à la modélisation théorique, on explique simplement les observations qualitatives :

- à n fixé, plus la tension T augmente, plus la fréquence de résonance f_{res} augmente.
- à T fixé, la fréquence de résonance augmente linéairement avec le nombre de fuseaux.

Interprétations quantitatives :

Validation et confrontation avec le modèle théorique :

- Détermination expérimentale de la célérité de l'onde c_{exp} - confrontation avec la valeur prévue par la modélisation c_{mod} .

On choisit la courbe pour $M = 250g$ et d'après la régression linéaire précédente, on a $f_n = a \cdot n$ avec $a = (28,1 \pm 0,2)s^{-1}$ d'où $\bar{c}_{exp} = 28,1 \cdot 2 \cdot 1 = 56,2 m \cdot s^{-1}$.

En utilisant la modélisation, on a $\bar{c}_{mod} = \sqrt{\frac{0,25 \cdot 9,81}{0,81 \cdot 10^{-3}}} = 55,0 m \cdot s^{-1}$.

Calculs d'incertitudes:

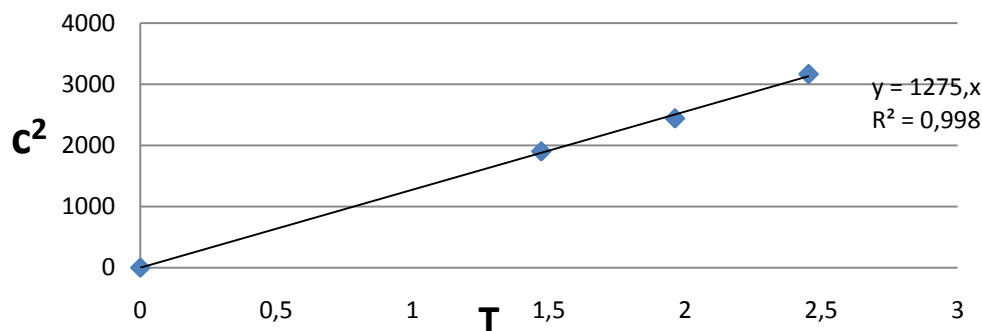
$$\frac{\Delta c_{exp}}{c_{exp}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2} \sim 2\% \text{ et } \frac{\Delta c_{mod}}{c_{mod}} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} \frac{\Delta M}{M}\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \frac{\Delta \mu}{\mu}\right)^2} \sim 1\%$$

Conclusion : $c_{exp} \in [55,1 ; 57,3] m \cdot s^{-1}$ et $c_{mod} \in [54,5 ; 55,5] m \cdot s^{-1}$

Ecart relatif : $\epsilon = \frac{c_{exp} - c_{mod}}{c_{mod}} \cdot 100 \simeq 2\%$.

Avec le dispositif expérimental proposé, on conclut donc que le modèle est bien vérifié.

- Vérification du lien entre c et T , mesure de la masse linéique μ - confrontation à la mesure à la balance (à faire).



Limites du modèle/ Sources d'erreurs possibles / Amélioration du dispositif : non étudiées ici

Remarque : Le repérage de la résonance est l'une des principales sources d'erreur dans ce protocole. Ensuite il faudrait s'interroger sur l'estimation de l'erreur sur a , notée Δa et donc de Δc_{exp} .