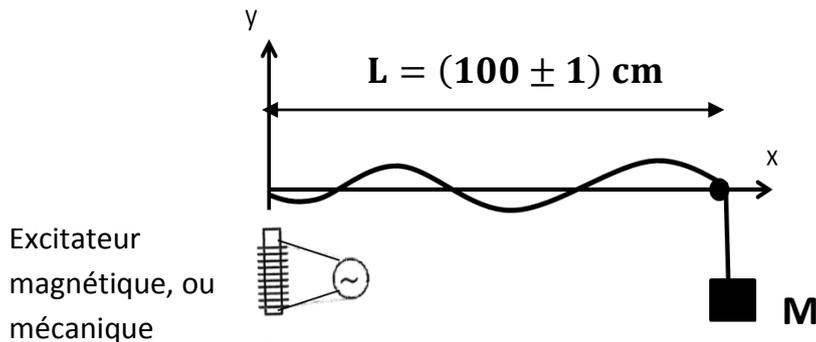


## Expérience : Résonance sur la corde de Melde

**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  $\mu$  de la corde.

**Protocole expérimental :**



Tension du câble :  $T = Mg$ .

Masse linéique  $\mu$  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.

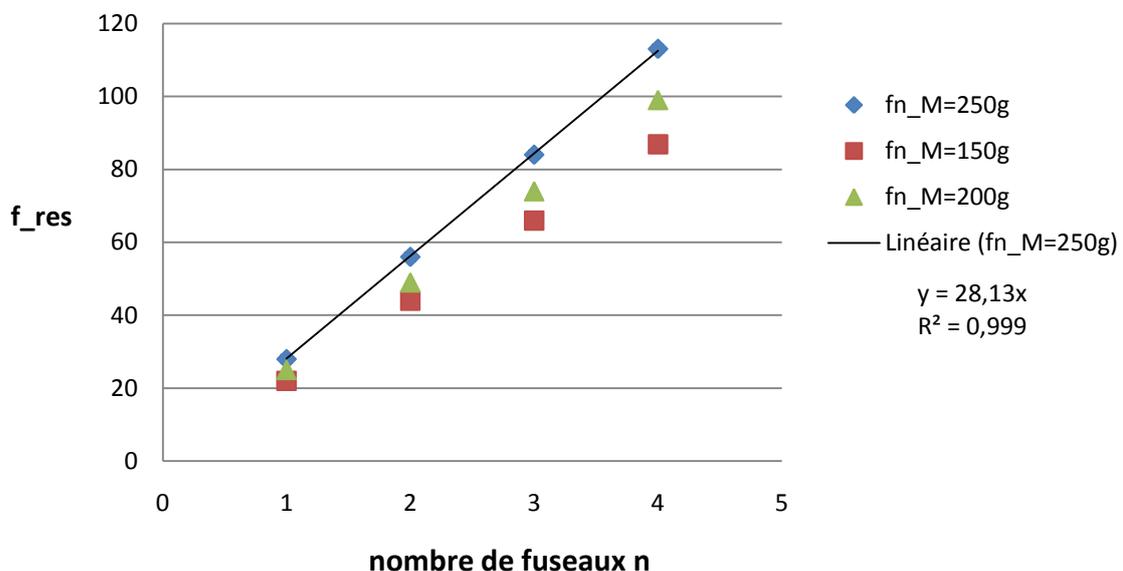
**Observations qualitatives :**

- 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:

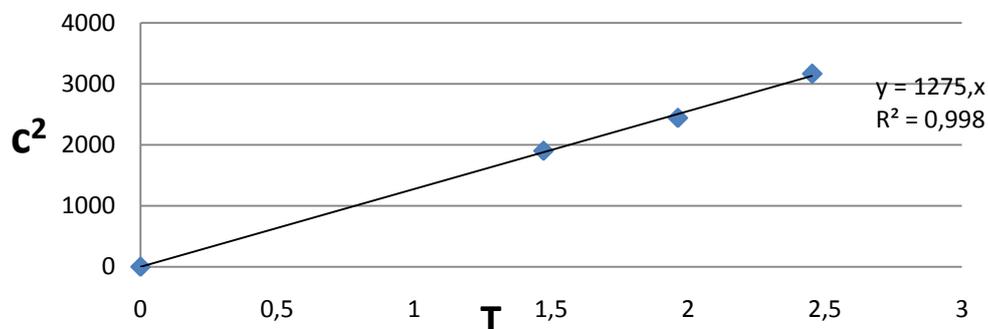
$$\frac{\Delta c_{exp}}{c_{exp}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2} \sim 2\% \text{ et } \frac{\Delta c_{mod}}{c_{mod}} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} \frac{\Delta M}{M}\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \frac{\Delta \mu}{\mu}\right)^2} \sim 1\%$$

**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 :**  $\epsilon = \frac{c_{exp} - c_{mod}}{c_{mod}} \cdot 100 \approx 2\%$ .

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  $\mu$  - 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  $\Delta a$  et donc de  $\Delta c_{exp}$ .