



EXPÉRIENCE

LES ONDES STATIONNAIRES SUR UNE CORDE

BUTS

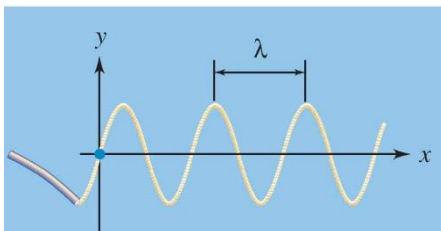
- Produire et observer des ondes stationnaires sur une corde;
- Mesurer la vitesse de propagation des ondes sur une corde tendue;
- Mesurer la fréquence de plusieurs harmoniques;
- Démontrer la dépendance de la vitesse des ondes en fonction de la tension dans une corde.

MATÉRIEL

- Vibreur électrique
- Mètre à mesurer
- Corde
- Poulie et support
- Masses calibrées ($\pm 1\%$)

THÉORIE

La figure ci-dessous représente un montage servant à produire une onde sinusoïdale progressive sur une corde fixée à ses deux extrémités. Une extrémité de la corde est attachée à une tige qu'on fait osciller à de faibles amplitudes. Lorsque la lame oscille verticalement en effectuant un mouvement harmonique simple, une onde progressive se propage vers la droite sur la corde.



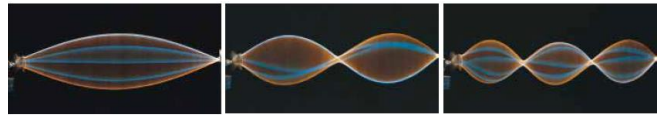
Sur cette corde tendue fixée à ses deux extrémités, les ondes progressives se réfléchissent aux extrémités. Les ondes incidentes et réfléchies se combinent conformément au principe de superposition.

La corde possède un certain nombre de modes de vibration. Chacun de ces modes est caractérisé par une fréquence facile à calculer. Les fréquences propres associées à ces modes sont déduites de la relation $f = v/\lambda$, où la vitesse de l'onde v est la même pour toutes les fréquences.

Puisque $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$, où F est la tension dans la corde et μ sa masse par unité de longueur, nous pouvons exprimer les fréquences propres d'une corde tendue sous la forme :

$$f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

Voici les trois premiers modes de vibration :



Étant donné que le graphique à produire mettra en relation λ^2 et la tension F , on peut exprimer la relation autrement :

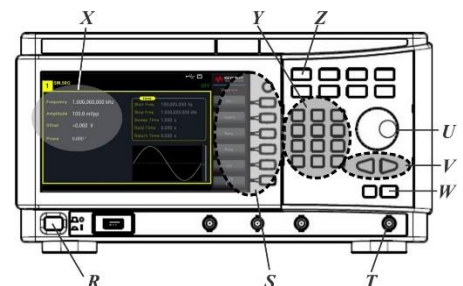
$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{\sqrt{\frac{F}{\mu}}}{f} = \frac{\sqrt{F}}{f\sqrt{\mu}} \quad \rightarrow \quad \lambda^2 = \frac{F}{f^2\mu}$$

MANIPULATIONS

Le dispositif est constitué d'un fil de longueur l fixé à la tige mobile d'un vibreur électrique. Le fil passe par une poulie et est tendu par l'intermédiaire de masses suspendues. Le vibreur fonctionne sur le même principe qu'un haut-parleur, où le voltage alternatif envoyé au dispositif déplace une bobine conductrice par rapport à un aimant permanent. La fréquence des fluctuations dans le voltage détermine la fréquence des oscillations de la tige mobile. En branchant le vibreur au générateur de fréquence via l'amplificateur, produisez des oscillations à 60 Hz.

Ajustement du générateur de fréquence

Après avoir mis l'appareil sous tension (bouton R) et activé la sortie du signal (W), on devra ajuster la fréquence à 60 Hz et l'amplitude à 4 volts.



On peut ajuster les paramètres avec la molette (U), mais on peut y parvenir plus directement à l'aide du clavier numérique (Y). D'abord, confirmez dans la zone S le type d'onde souhaité, une onde sinusoïdale, en sélectionnant « sine ». Vous accéderez alors au choix des paramètres à ajuster.

Appuyez sur « Fréquence » (toujours dans la zone S) et utilisez le clavier numérique pour entrer « 60 », et choisissez ensuite les unités « Hz » (sans préfixe). Vous pouvez ensuite appuyer sur « Amplitude » pour entrer « 4 » via le clavier, et « Vpp » pour les unités (*volts peak to peak (ou crête-à-crête)*). La tige où est attachée la corde devrait maintenant osciller à 60 Hz avec une amplitude suffisante. Dans tous les cas, ajustez l'amplificateur pour maximiser l'amplitude du mouvement de la tige (étrangement, la plus grande amplitude du mouvement de la tige ne correspond pas nécessairement à la position maximale



du bouton d'ajustement). Déposez un doigt sur la tige en vibration pour sentir le meilleur ajustement.

L'incertitude sur la fréquence est infime comparée aux autres facteurs, alors n'en considérez pas.

Production des modes de résonance

1-Sans dépasser 250 g, suspendez à la corde une masse telle que la corde oscillera dans son 2^e mode d'onde stationnaire. Vous devez observer un nœud bien défini et stable. À partir d'une valeur de masse ne produisant pas le mode recherché, soulevez légèrement la masse ou tirez-la légèrement vers le bas pour déterminer si vous devez ajouter ou retirer des masses pour trouver le mode de résonance recherché. Ajustez la masse jusqu'à l'apparition d'un mode bien défini. Notez dans le tableau 1 la masse précise suspendue. Mesurez la distance entre deux nœuds consécutifs dans ce mode et notez-la au tableau 1. De là vous pourrez alors calculer la longueur d'onde dans ce mode.

2-Réfaites les manipulations précédentes en réduisant la masse suspendue afin d'obtenir 3, 4, 5, 6 et 7 ventres. (En-deçà de 50 g, retirez le support de masses.)

Remarque : les modes 6 et 7 pourraient être difficiles à obtenir. Les masses requises sont tout de même toujours supérieures à 10 g, mais si vous ne parvenez vraiment pas à obtenir l'un de ces modes, vous pouvez rayer l'une des lignes du tableau.

Tableau 1 : Données relatives aux modes de vibration d'une corde.

Nombre de ventres	Masses suspendues	Tension	Distance entre deux nœuds consécutifs	Longueur d'onde	Carré de la longueur d'onde
	m g	F N		λ m	λ^2 m ²
	*±	*±	*±	*±	*±
2					
3					
4					
5					
6					
7					

* l'incertitude peut ne pas être commune à toutes les valeurs. Vous êtes responsables d'identifier les variables pour lesquelles c'est le cas et de modifier le tableau en conséquence.

3-Calculez pour chaque cas la tension associée à la masse suspendue. C'est la tension dans la corde.

4-Par calcul (Excel) déterminez la longueur d'onde pour chaque mode de vibration.

5-Faites un graphique de λ^2 en fonction de F . Déterminez si le phénomène justifie une droite passant par l'origine et justifiez votre choix. Faites votre graphique en conséquence le cas échéant.

6-Un échantillon de la même corde a été utilisé pour déterminer une valeur de référence (théorique) pour la masse linéique de la corde utilisée. Notez les propriétés suivantes pour cet échantillon (attention, ce ne sont pas les longueur et masse sur votre montage) :

Longueur de la corde : $l_{ref} = (\underline{7,00} \pm \underline{0,01})$ m

Masse de la corde : $m_{ref} = (\underline{1,8} \pm \underline{0,1})$ g

ANALYSE / À REMETTRE

- Page couverture;
- Tableau des résultats et mesures;
- Graphique de λ^2 vs F ;
- Détermination de μ à partir de la pente du graphique;
- Détermination de μ à partir des propriétés de la corde (valeur de référence);
- Répondez aux questions suivantes :
 - Commentez le choix de faire passer la droite par l'origine ou non;
 - Déterminez la masse qu'on devrait suspendre afin d'obtenir un seul ventre (en considérant la masse linéique obtenue expérimentalement). Vous pouvez déterminer la longueur de la corde en utilisant les données du 2^e mode de vibration;
 - Calculez le pourcentage d'écart entre la valeur expérimentale de μ (à partir du graphique) et la valeur théorique soit $\mu = m_{ref}/l_{ref}$;
- ☒ Incertitudes à toutes les valeurs du tableau;
- ☐ Déterminez l'incertitude sur μ (expérimental) via l'incertitude sur la pente du graphique;
- ☐ Déterminez l'incertitude sur μ (théorique) à partir des propriétés de la corde (valeur de référence);
- ☐ Présentez une comparaison graphique des deux valeurs avec leurs incertitudes.
- Date de remise : _____

Lien pour la révision finale (checklist) :

