

EXERCICES

- Générer des ondes stationnaires longitudinales sur un ressort hélicoïdal et des ondes stationnaires transversales sur une corde.
- Mesurer les fréquences propres f_n en fonction du nombre n de nœuds.
- Déterminer les longueurs d'onde correspondantes λ_n et la vitesse d'onde c .

OBJECTIF

Étudier des ondes stationnaires sur un ressort hélicoïdal tendu et une corde tendue

RESUME

Des ondes mécaniques apparaissent par exemple sur un ressort hélicoïdal tendu sous la forme d'ondes longitudinales ou sur une corde tendue sous la forme d'ondes transversales. Dans les deux cas, il se forme des ondes stationnaires si le support est fixé à l'une de ses extrémités, car l'onde incidente et l'onde réfléchie à l'extrémité fixe de même amplitude et de même longueur d'onde se superposent. Si l'autre extrémité est également fixe, les ondes ne peuvent se propager que si des conditions de résonance sont remplies. Dans l'expérience, le ressort hélicoïdal et la corde sont fixés à une extrémité. L'autre extrémité est reliée à une distance L à un générateur de vibrations qu'un générateur de fonctions amène à émettre des oscillations de faible amplitude et de fréquence réglable f . Cette extrémité peut également être considérée comme une extrémité à peu près fixe. On mesure les fréquences propres en fonction du nombre de nœuds des ondes stationnaires. Ces données permettront de calculer la vitesse d'onde.

DISPOSITIFS NECESSAIRES

Nombre	Appareil	Référence
1	Accessoires pour oscillations de ressort	1000703
1	Accessoires pour ondes de corde	1008540
1	Générateur de vibrations	1000701
1	Générateur de fonctions FG 100 (230 V, 50/60 Hz)	1009957 ou
	Générateur de fonctions FG 100 (115 V, 50/60 Hz)	1009956
1	Dynamomètre de précision, 2 N	1003105
1	Double mètre à ruban de poche	1002603
1	Paire de cordons de sécurité, 75 cm, rouge/bleu	1017718

GENERALITES

Des ondes mécaniques apparaissent par exemple sur un ressort hélicoïdal tendu ou sur une corde tendue. Dans le cas du ressort, on parle d'ondes longitudinales, car la déviation est parallèle au sens de propagation. Dans le cas de la corde en revanche, il s'agit d'ondes transversales. Dans les deux cas, il se forme des ondes stationnaires si le support est fixé à l'une de ses extrémités, car l'onde incidente et l'onde réfléchie à l'extrémité fixe de même amplitude et de même longueur

d'onde se superposent. Si l'autre extrémité est également fixée, les ondes ne peuvent se propager que si des conditions de résonance sont remplies.

Soit $\xi(x,t)$ la déviation longitudinale / transversale à l'emplacement x le long du support au moment t . Dans ce cas,

$$(1) \quad \xi_1(x,t) = \xi_0 \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t - \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x)$$

est une onde sinusoïdale se déplaçant vers la droite sur le support. La fréquence f et la longueur d'onde λ sont corrélées par l'équation

$$(2) \quad c = f \cdot \lambda$$

c : vitesse d'onde

Lorsque cette onde venant de la gauche à $x = 0$ est réfléchie à une extrémité fixe, il se forme une onde se déplaçant à gauche.

$$(3) \quad \xi_2(x,t) = -\xi_0 \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x)$$

Les deux ondes se superposent en ondes stationnaires

$$(4) \quad \xi(x,t) = 2\xi_0 \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t) \cdot \sin(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot x)$$

Ces superpositions s'appliquent indépendamment du type d'onde et du support.

Si la seconde extrémité est également fixée et qu'elle se trouve à $x = L$, il faut qu'à tous les moments t la condition de résonance

$$(5) \quad \xi(L,t) = 0 = \sin(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot L)$$

soit remplie. Il en résulte pour la longueur d'onde

$$(6a) \quad \frac{2\pi}{\lambda_n} \cdot L = (n+1) \cdot \pi \quad \text{soit} \quad \lambda_n = 2 \cdot \frac{L}{n+1}$$

ou $L = (n+1) \cdot \frac{\lambda_n}{2}$

et selon l'équation (2) pour la fréquence

$$(6b) \quad f_n = (n+1) \cdot \frac{c}{2 \cdot L}$$

En d'autres termes, la condition de résonance (5) exige que la longueur L représente très précisément un multiple entier de la demi-longueur d'onde. La fréquence de résonance doit convenir à cette longueur d'onde, n représentant le nombre de nœuds d'oscillations. Elle est nulle s'il ne se forme qu'un anti-nœud sur la composante fondamentale (voir Fig. 2). Dans l'expérience, le support – une corde ou un ressort – est fixé à une extrémité. L'autre extrémité est reliée à une distance L à un générateur de vibrations qu'un générateur de fonctions amène à émettre des oscillations de faible amplitude et de fréquence réglable f . Cette extrémité peut également être considérée comme une extrémité à peu près fixe.

EVALUATION

Si l'on applique la fréquence de résonance au nombre de nœuds d'oscillations, les points de mesure se situent sur une droite de la pente

$$\alpha = \frac{c}{2 \cdot L}$$

La longueur L étant connue, on peut alors calculer la vitesse d'onde c . Les paramètres restant constants, elle dépend de la force de serrage F , comme le montre la Fig. 5 pour les ondes de la corde.



Fig. 1 Représentation pour définir la déviation locale $x(x,t)$

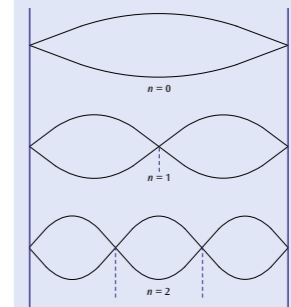


Fig. 2 Ondes stationnaires

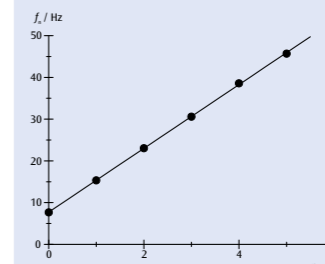


Fig. 3 Fréquence de résonance en fonction du nombre de nœuds pour les ondes du ressort hélicoïdal

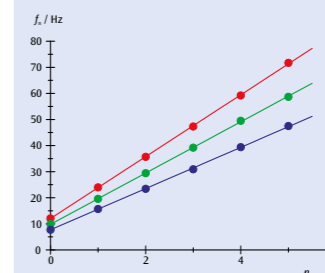


Fig. 4 Fréquence de résonance en fonction du nombre de nœuds pour les ondes de la corde

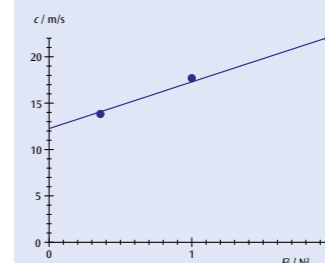


Fig. 5 Vitesse c des ondes de la corde en fonction de F^2