



III/ INTERPRETATION ONDULATOIRE

3.1 réflexion sur un obstacle fixe (simulateur HATIER)

3.1.1 Réflexion d'une onde solitaire sur d'une corde

Une onde solitaire se propage sur la corde de masse linéique $\mu = 500 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ et de tension $T = 8 \text{ N}$.

L'amplitude du signal, de durée $\Delta t = 100 \text{ ms}$, est $A = 30 \text{ cm}$. La déformation est symétrique. L'extrémité de la corde est fixe.

Placer le point bleu à la position $x_1 = 2,00 \text{ m}$ et le point rouge à la position $x_2 = 6,00 \text{ m}$.

On lance l'animation après avoir coché « Démarrer simultanément l'onde, le chronomètre et le graphe » et définir une durée d'enregistrement de 5 s.

1. Comparer le signal incident au signal réfléchi (forme, vitesse de propagation, sens de propagation)

Démarrer la propagation d'une onde solitaire, attendre sa réflexion sur l'extrémité liée de la corde puis relancer une seconde onde solitaire incidente.

2. Examiner le signal résultant de la superposition de l'onde incidente et de l'onde réfléchie.

L'extrémité de la corde est maintenant libre. Démarrer la propagation d'une onde solitaire, attendre sa réflexion sur l'extrémité libre de la corde puis relancer une seconde onde solitaire incidente.

3. Examiner le signal résultant de la superposition de l'onde incidente et de l'onde réfléchie.

3.1.2 Réflexion d'une onde progressive sinusoïdale : ONDE STATIONNAIRE

Dans le menu « Corde », choisir : extrémité fixe, masse linéique $\mu = 100 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ et tension $T = 0,4 \text{ N}$.

Dans le menu « Outils », choisir : « Démarrer simultanément l'onde, le chronomètre et le graphe » et une durée d'enregistrement de 10 s.

Dans le menu « Onde », choisir : onde sinusoïdale de fréquence 2,00 Hz, d'amplitude 20 cm.

Placer le point bleu à la position $x_1 = 5,50 \text{ m}$. Effacer le point rouge.

Cliquer sur « démarrer ». Cliquer sur « pause » à $t = 3 \text{ s}$ environ (indication du chronomètre).

1. À l'aide du curseur, déterminer la longueur d'onde λ .
 2. La valeur obtenue est-elle cohérente avec les valeurs de la vitesse de propagation et de la fréquence ?
- On admet que la célérité v de l'onde vérifie l'équation : $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$.

Cliquer de nouveau sur « pause » pour relancer l'animation puis sur « Arrêter » à $t = 6 \text{ s}$ environ (indication du chronomètre).

3. Que peut-on dire du point bleu de la corde pendant le laps de temps où l'onde incidente et l'onde réfléchie se superposent en ce point ?

4. La superposition de l'onde incidente et de l'onde réfléchie donne-t-elle naissance à une onde progressive ?

5. Où doit-on placer le point rouge sur la corde pour visualiser le nœud de vibration le plus proche à gauche du point bleu ? Même question à droite du point bleu.

6. Comparer la distance séparant deux nœuds de vibration consécutifs et la longueur d'onde de l'onde sinusoïdale.

Placer le point bleu à la position $x_1 = 5,25 \text{ m}$. Effacer le point rouge.

Cliquer sur « Démarrer » puis sur « Arrêter » à $t = 6 \text{ s}$ environ (indication du chronomètre).

7. Que peut-on dire du point bleu de la corde pendant le laps de temps où l'onde incidente et l'onde réfléchie se superposent en ce point ?

8. Où doit-on placer le point rouge sur la corde pour visualiser le ventre de vibration le plus proche à gauche du point bleu ? Même question à droite du point bleu.

9. Comparer la distance séparant deux ventres de vibration consécutifs et la longueur d'onde de l'onde sinusoïdale.

CONCLUSION : lorsqu'une onde progressive sinusoïdale incidente se superpose à l'onde réfléchie, il se produit une onde stationnaire (qui ne se propage plus). La longueur d'un fuseau, ou la distance entre 2 nœuds consécutifs est égale à la demi longueur d'onde, $\lambda/2$. De même pour la distance entre 2 ventres.

3.2 Réflexion sur deux obstacles fixes

expérience sur la cuve à onde

pour certaines distances particulières séparant l'émetteur d'ondes progressives du miroir, nous observons que les ondes stationnaires sont bien marquées.

3.2.2 Interprétation

L'onde progressive, limitée dans l'espace par les 2 obstacles fixes séparés par une distance L , se réfléchit de multiple fois. En général, cela conduit à une figure brouillée sauf si les nœuds et les ventres se superposent. Les ondes onde1 et onde3, ainsi que les ondes onde2 et onde4 doivent être en phase. Or, de onde1 à onde3, la distance parcourue est $2L$. Ce qui impose $2L = n\lambda$ soit $L = n\lambda/2$. Les amplitudes de vibrations au niveau des ventres, sont alors augmentées par la superposition : il s'agit d'un phénomène de RESONANCE.

3.2.3 Conclusion : QUANTIFICATION DES MODES PROPRES

Une onde progressive qui se réfléchit sur 2 obstacles fixes donne une onde stationnaire (des nœuds de vibration nulle, et des ventres marqués de grande amplitude de vibration par un effet de résonance) uniquement si la relation $L = n\frac{\lambda}{2}$ est vérifiée, où L est la distance en mètre entre 2 obstacles, n est un entier positif, λ est la longueur d'onde en mètre.

Cette relation peut s'écrire : $v = n\frac{v}{2L}$ où v est la fréquence de l'onde progressive en Hz, et v sa célérité en $m.s^{-1}$.

Rappel : la célérité d'une onde progressive, dans une corde tendue est donnée par la relation :

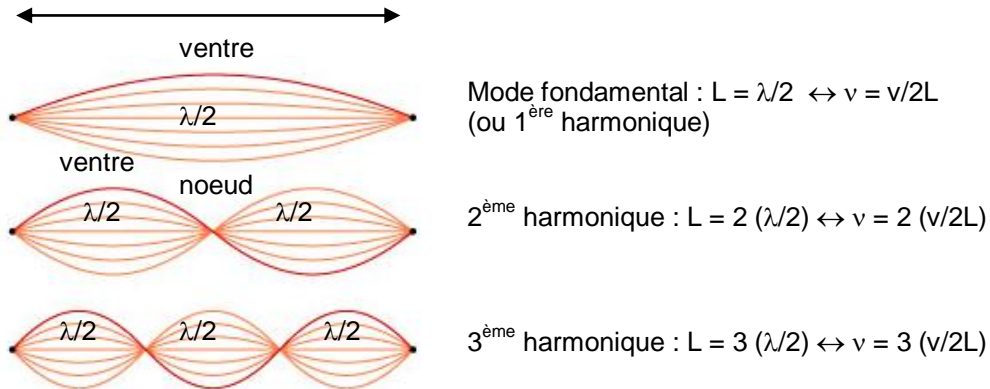
$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

où T est la tension de la corde en Newton et μ , sa masse linéique en $kg.m^{-1}$.

Les modes de vibration entre 2 obstacles fixes sont quantifiés.
Les différentes valeurs de v sont les fréquences propres.

La longueur d'un fuseau, ou la distance entre 2 nœuds consécutifs est égale à la demi longueur d'onde, $\frac{\lambda}{2}$. De même pour la distance entre 2 ventres.

Remarque : Si l'onde progressive n'est pas sinusoïdale, les raisonnements précédents restent valables : il peut y avoir des nœuds de vibration, si l'onde est périodique.

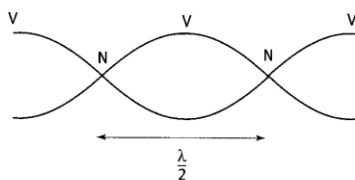


3.3 transposition à une colonne d'air

Nous avons vérifié expérimentalement qu'aux 2 extrémités ouvertes d'une colonne d'air, se trouve un ventre de vibration. Cela conduit à la même conclusion.

Les modes de vibration d'une colonne d'air sont quantifiés.
Les différentes valeurs de v sont les fréquences propres.

La distance entre 2 nœuds consécutifs est égale à la demi longueur d'onde, $\frac{\lambda}{2}$.
De même pour la distance entre 2 ventres.



EXERCICES :
n°4 et 5 p 62