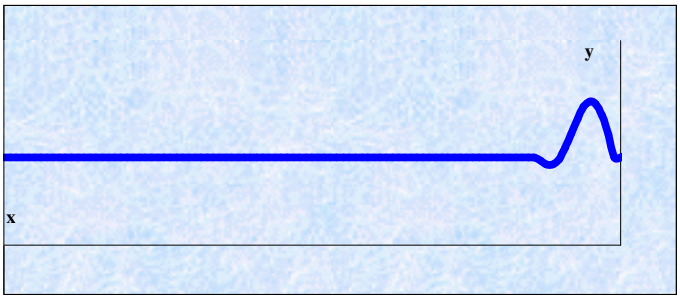
CHAPITRE 02 : ONDES STATIONNAIRES

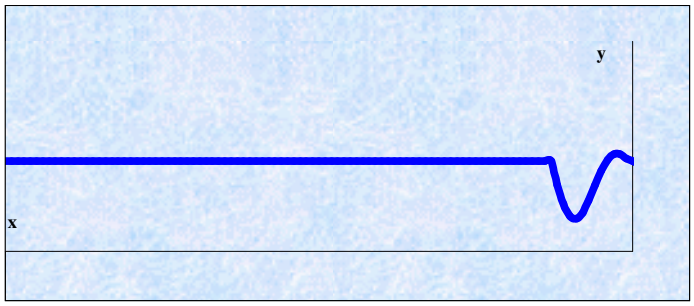
I. QUE DONNE LA REFLEXION D'UNE ONDE PROGRESSIVE A L'EXTREMITE D'UNE CORDE TENDUE ?

1. Cas d'une onde progressive

Lorsqu'une onde incidente transversale se propageant sur une corde parvient à une extrémité fixe, il apparaît une onde réfléchie de forme semblable mais inversée, qui se propage à la même vitesse, mais en sens contraire, afin que l'onde totale soit nulle en ce point.



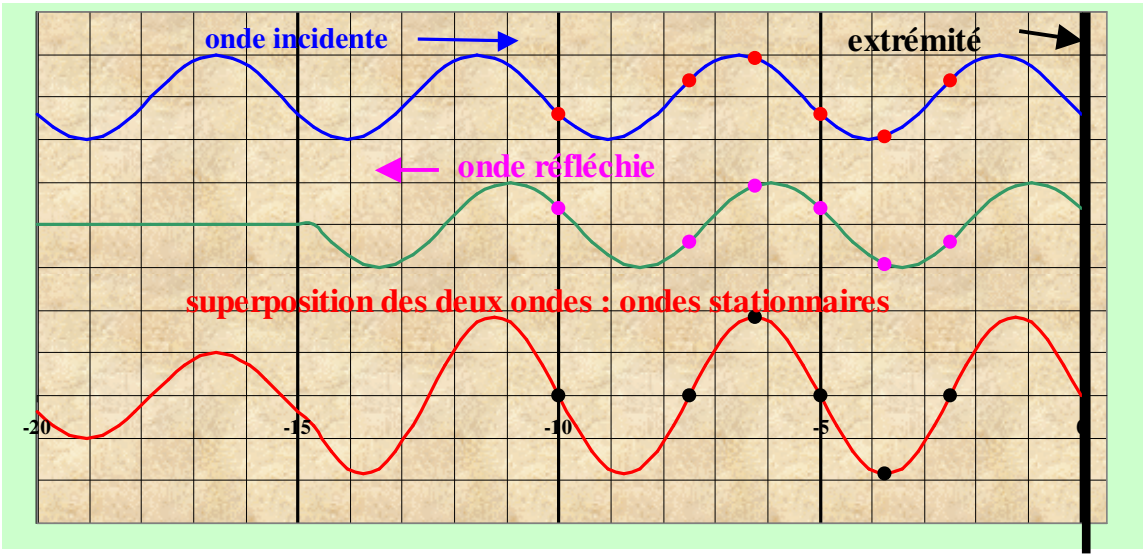
Onde incidente



Onde réfléchie

2. Cas d'une onde stationnaire sinusoïdale

Sur la portion de corde sur laquelle se superposent l'onde sinusoïdale incidente et l'onde sinusoïdale réfléchie, la déformation à chaque instant est la somme des déformation correspondant à chacune des deux ondes : on obtient une onde stationnaire (L'onde totale est dite stationnaire car il y a des points qui ne bougent pas).



Certains points (dont l'extrémité fixe) ne subissent plus de vibration : ce sont des nœuds de vibration

Entre deux nœuds consécutifs, les points de la corde vibrent en phase.

Le point du milieu de cet intervalle vibre avec une amplitude double de celle de l'onde progressive : c'est un ventre.

Deux nœuds consécutifs (respectivement deux ventres) sont distants d'une demi-longueur d'onde.

Professeur Barrandon Eric Lycée La Merci
BARRANDON@lamerci.com

II. REFLEXION D'UNE ONDE SINUSOÏDALE SUR DEUX OBSTACLES FIXES

Sur une corde tendue entre deux points fixes, sur laquelle on produit une onde sinusoïdale d'amplitude *a*, il s'établit un système d'ondes stationnaires à condition que la longueur *L* de la corde soit telle que :

$$\boxed{L = n.\frac{\lambda}{2}}$$, *n* le nombre de fuseaux stables sur la corde.

Interprétation : En effet pour que le système d'ondes soit stable, toutes les ondes qui se propagent dans le même sens doivent arriver en phase au point considéré. Le décalage entre deux ondes consécutives se propageant dans le même sens correspond à la durée d'un aller retour effectué après deux réflexions sur des obstacles fixes. La durée de ce parcours vaut : $\Delta t = \frac{2L}{v}$.

Pour que les deux ondes soient en phase, il faut que :

$$\Delta t = n.T \ (n \in ¥^*) \text{ d'où } n.T = \frac{2L}{v}, \text{ soit } L = n.\frac{T.v}{2} = n.\frac{\lambda}{2}.$$

On observe alors, au milieu de chaque fuseau, un ventre de vibration d'amplitude très supérieure à 2*a*, car la corde rentre en résonance avec la source excitatrice.

A l'extrémité de chaque fuseau se trouvent deux nœuds de vibration d'amplitude nulle.

Remarque :

On peut établir une relation entre les différents paramètres :

$L = n.\frac{\lambda}{2} = n.\frac{T.v}{2} = n.\frac{v}{2f} = \frac{n}{2f}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$ avec $\mu = \frac{m}{L}$, masse linéique de la corde en kg.m^{-1}, et *F* la tension de la corde en N.

On vérifie les observations de *l'activité 1* (Etude de la corde de Melde):

- Si la tension de la corde augmente, à longueur constante, le nombre de fuseaux diminue, donc leur longueur augmente.
- Si la fréquence augmente, à longueur et tension données, le nombre de fuseaux augmente et leur longueur diminue.

III. ONDES STATIONNAIRES D'UNE COLONNE D'AIR

Comme sur une corde, il peut s'établir, dans une colonne d'air excitée par une vibration sinusoïdale, un système d'ondes stationnaires résultant de la superposition des ondes réfléchies aux deux extrémités de la colonne.

Si la colonne d'air est ouverte aux deux extrémités, sa longueur *L* obéit à la relation :

$$\boxed{L = n.\frac{\lambda}{2}}.$$

Remarque : Si le tuyau est fermé à une extrémité, un ventre se trouve à l'embouchure et un nœud à l'extrémité fermée ; la condition devient : $L = (2n+1).\frac{\lambda}{4}$.

Professeur Barrandon Eric Lycée La Merci
BARRANDON@lamerci.com