LES ONDES MECANIQUES PROGRESSIVES SINSOIDALES

LAZREG IMED 2020

I. INTRODUCTION

Sur une surface libre et au repos d'une nappe d'eau, on laisse tomber un corps, cette surface subit une déformation limitée dans le temps.

II. MILIEU DE PROPAGATION

1- **Définition** : c'est le milieu dans lequel une perturbation peut se propager, selon sa dimension on distingue 3 types de milieux.

- A une dimension : exemple la corde
- A deux dimensions : exemple la surface liquide
- A trois dimensions : exemple le son.

2- **Caractéristiques**

Le milieu de propagation doit être

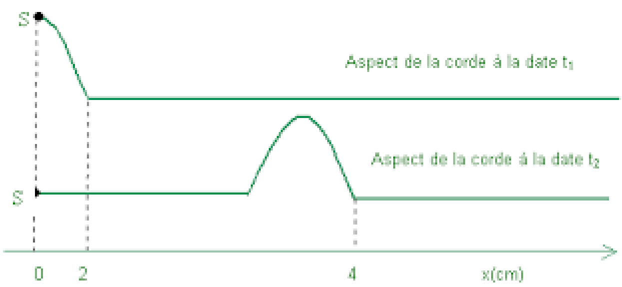
- Elastique : reprend sa forme initiale après le passage d'une perturbation.
- Infinie : de dimensions infinies ou rendues infinies par un système d'absorption des perturbations pouvant subir un retour

III. Ebranlement

1- **Définition** : toute déformation apportée à un milieu de propagation, il existe deux types d'ébranlement

a. **Ebranlement transversal :**

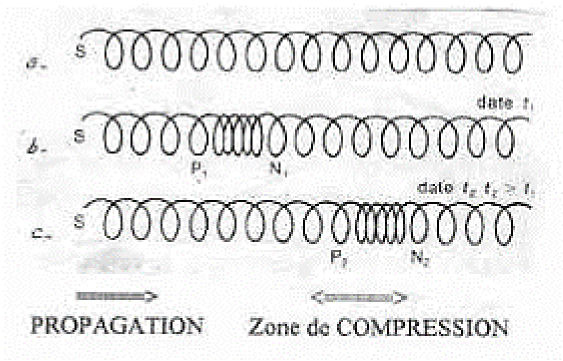
Soit AB une corde de longueur supposée infinie, soit E un ébranlement apporté à t_1=0s et qui se propage le long de AB



Tout point M de la corde atteint par l'ébranlement se déplace perpendiculairement à la direction de propagation.

b. Ebranlement longitudinal

Soit un ressort R de longueur supposée infinie, soit E un ébranlement (une compression) apporté à t_1=0s et qui se propage le long du ressort



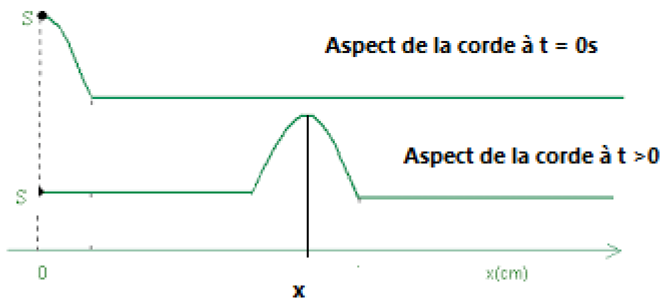
Tout point M du ressort atteint par l'ébranlement se déplace dans la même direction que celle de propagation

IV. Ondes

1- Définition : on appelle onde toute succession d'ébranlement identiques et périodiques (séparés par le même intervalle de temps)

2- Célérité d'une onde.

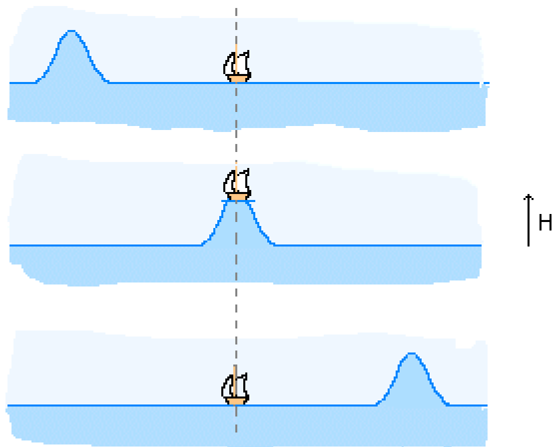
a. Définition : on appelle célérité notée V et exprimée en m.s-1 le quotient de la distance parcourue par cette onde par la durée de ce parcours.



$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x-x0}{t-t0} = \frac{x}{t}$$

Dans un milieu homogène une onde garde sa célérité constante

3- Transfert d'énergie sans transport de matière.



L'onde mécanique progressive transporte de l'énergie sans transport de matière.

L'exemple ci-contre illustre ces propriétés. Au passage de l'onde, le bateau s'élève d'une hauteur H et voit donc son énergie potentielle de pesanteur augmenter de mgH. Cette énergie lui a été fournie par l'onde, mais le bateau est resté à la même abscisse : il n'y a pas de transport de matière.

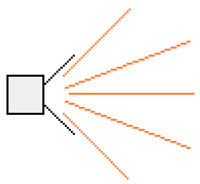
V. Stroboscopie

1- Stroboscope : c'est un appareil qui émet des éclairs successifs périodiques de période Te

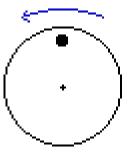
Soit Ne la fréquence des éclairs émis Ne $=\frac{1}{Te}$ (Hz)

2- Utilité : la stroboscopie est utilisée pour déterminer la fréquence d'un mouvement vibratoire

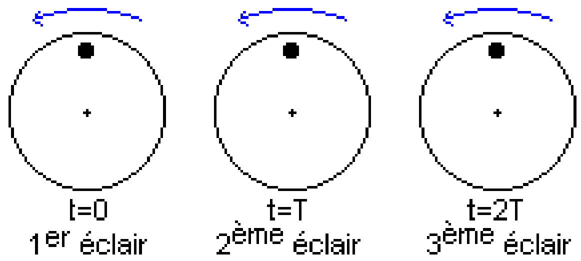
3- Stroboscopie



Lampe émettant des éclairs lumineux périodiques brefs et intenses de période Te (stroboscope).



Objet en mouvement périodique de période T



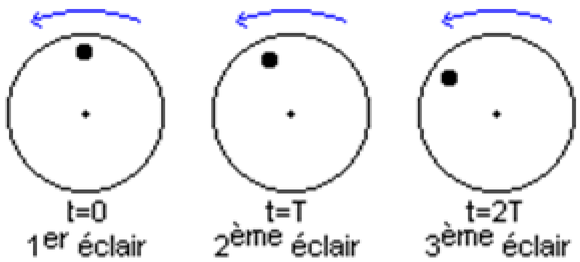
Le disque fait un tour complet entre deux éclairs

Soit T_e la période des éclairs du stroboscope.

Si $T_e=k.T$ (avec k entier naturel), l'objet semble immobile.

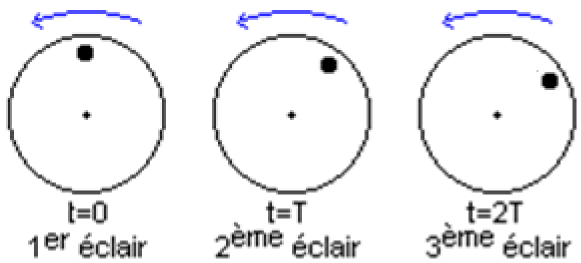
- Mouvement ralentit 1

Si la période des éclairs est légèrement supérieure à celle de l'onde, entre deux éclairs successifs la tache effectue un tour complet + une fraction de tours et pour plusieurs éclairs la tache parait en mouvement ralentit dans le sens réel



$Te > KT$ avec $K \in \mathbb{N}^*$

- Mouvement ralentit 2
- Si la période des éclairs est légèrement inférieure à celle de l'onde, entre deux éclairs successifs la tache effectue un tour complet - une fraction de tours et pour plusieurs éclairs la tache parait en mouvement ralentit dans le sens opposé au sens réel



$Te < KT$ avec $K \in \mathbb{N}^*$

LES ONDES MECANIQUES PROGRESSIVES SINSOIDALES étude théorique

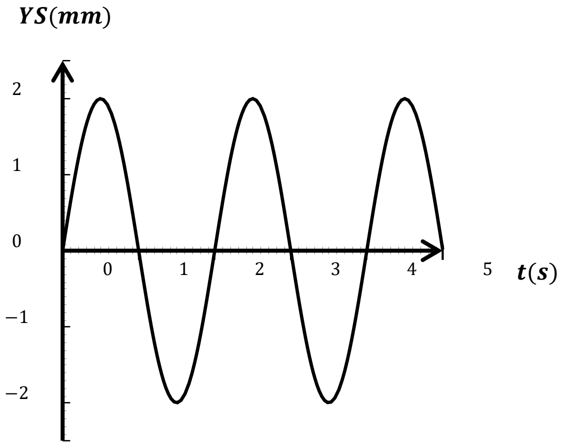
I. Double périodicité de l'onde

1- Longueur d'onde : c'est la distance parcourue par l'onde pendant une période de la source, elle est notée $\boldsymbol{\lambda}$ et exprimée en mètre(m)

La célérité V s'écrit alors V = $\frac{\lambda}{T} = \lambda \mathrm{N}$

2- Etude optique (voir TP)

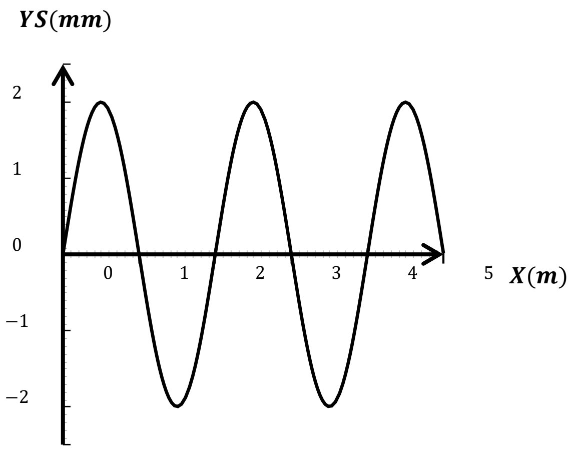
L'étude optique a démontré que la loi horaire de la source et de tout point M du milieu de propagation est une fonction sinusoïdale, dite sinusoïde des temps de période T



3- Etude stroboscopique (voir TP)

L'étude stroboscopique a démontré que l'aspect de la corde est aussi une fonction sinusoïdale, dite sinusoïde des espaces

La longueur d'onde$\boldsymbol{\lambda}$ est la distance séparant deux points de même état de cette sinusoïde.



Conclusion

L'onde mécanique présente une double périodicité, temporelle de période T et spatiale de période la longueur d'onde $\boldsymbol{\lambda}$ et tout point M d'un milieu de propagation s'écrit alors Y_M(t ;x)

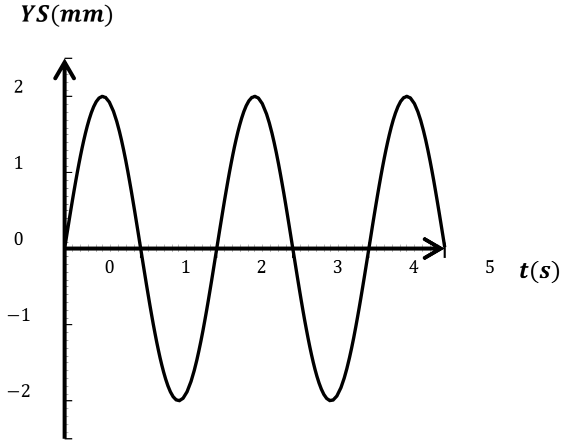
4- Loi horaire

a. Cas de la source

La source S débute son mouvement à l'instant de date t=0s ; son abscisse constitue l'origine des espaces

$Ys(t) = a \sin(2\pi Nt + \varphi s)$ pour t= s

a : l'amplitude de l'onde ; N sa fréquence et φ sa phase initiale



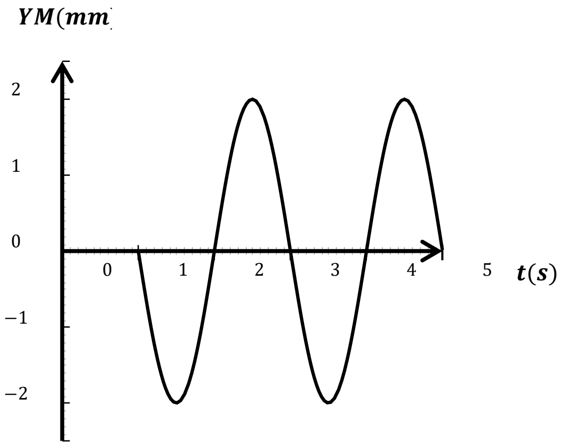
b- cas d'un point M de la corde (ou d'un milieu de propagation autre) se trouvant à une distance d'abscisse x et atteint par l'onde après un retard θ.

Tout point M de la corde reproduit à l'identique le mouvement de la source S avec un retard θ

$Y_M(t\,;x) = YS(t-\theta) = a \sin(2\pi N(t-\theta) + \varphi s)$ avec $V = \frac{x}{\theta}$ et $V = \frac{\boldsymbol{\lambda}}{T} = \boldsymbol{\lambda}N$ ou $\boldsymbol{\lambda} = VT$

Donc $Y_M(t\,;x) = a \sin(2\pi Nt - 2\pi N\theta + \varphi s) = a \sin(2\pi Nt - \frac{2\pi}{T}\frac{x}{V} + \varphi s) = a \sin(2\pi Nt - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi s)$

$Y_M(t\,;x) = a \sin(2\pi Nt - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi s)$ pour $t > \theta$.



II. Etat de vibration de deux points d'un milieu de propagation.

1- Points vibrants en phase

Un point M d'abscisse X vibre en phase avec la source d'abscisse X=0 ssi leur déphasage est tel que $\Delta\varphi = \varphi M - \varphi S = 0 + 2k\pi$.

Donc $\frac{2\pi(XM-XS)}{\lambda} = \frac{2\pi\, \Delta X}{\lambda} = 2k\pi$ donc $\Delta X = k\lambda$ où $k \in \mathbb{N}^*$.

2- Points vibrants en opposition phase

Un point M d'abscisse X vibre en opposition de phase avec la source d'abscisse X=0 ssi leur déphasage est tel que $\Delta\varphi = \varphi M - \varphi S = \pi + 2k\pi$.

Donc $\frac{2\pi(XM-XS)}{\lambda} = \frac{2\pi\, \Delta X}{\lambda} = \pi + 2k\pi$ donc $\Delta X = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ où $k \in \mathbb{N}$.

3- Points vibrants en quadrature de phase retard sur S

Un point M d'abscisse X vibre en quadrature de phase retard avec la source d'abscisse X=0 ssi leur déphasage est tel que $\Delta\varphi = \varphi M - \varphi S = \pi/2 + 2k\pi$.

Donc $\frac{2\pi(XM-XS)}{\lambda} = \frac{2\pi\, \Delta X}{\lambda} = +\pi/2 + 2k\pi$ donc $\Delta X = (4k+1)\frac{\lambda}{4}$ où $k \in \mathbb{N}$.

4- Points vibrants en quadrature de phase avance sur S.

Un point M d'abscisse X vibre en quadrature de phase avance avec la source d'abscisse X=0 ssi leur déphasage est tel que $\Delta\varphi = \varphi M - \varphi S = -\pi/2 + 2k\pi$.

Donc $\frac{2\pi(XM-XS)}{\lambda} = \frac{2\pi\, \Delta X}{\lambda} = +\pi/2 - 2k\pi$ donc $\Delta X = (4k-1)\frac{\lambda}{4}$ où $k \in \mathbb{N}$.