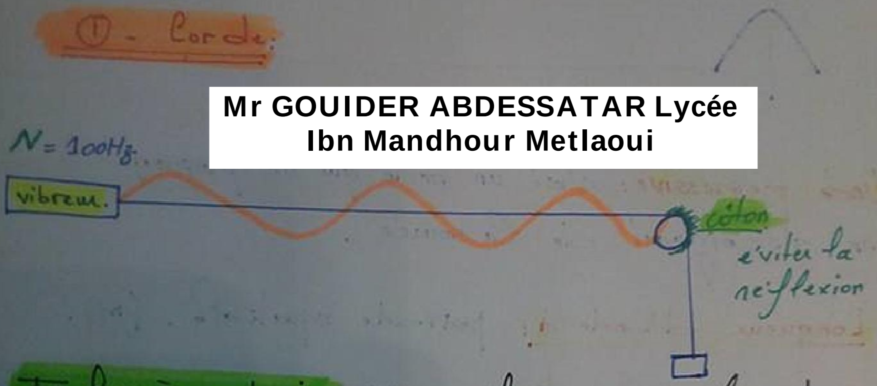
Les ondes progressives

I - Onde transversale : La direction de propagation est perpendiculaire à la direction de l'ébranlement

① - Corde :



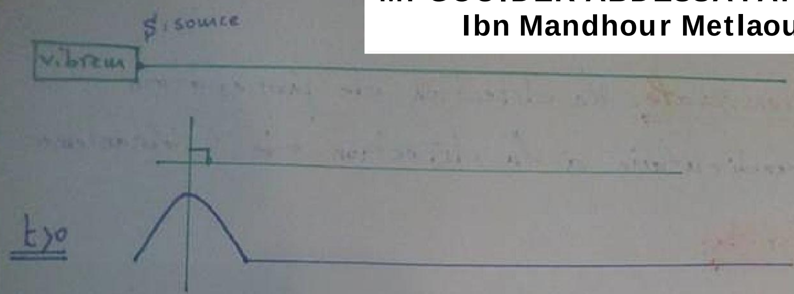
En lumière ordinaire : à une fréquence N : la corde parait flou / sous forme d'une bande rectangulaire).

En lumière stroboscopique :

- $\frac{N}{N_e} = \frac{100}{50} = 2$: La corde parait sous forme d'un sinusoïde immobile : Immobilité apparente.

- $\frac{N}{N_e} = \frac{100}{49} = 2{,}04 = 2+x$ La corde parait sous forme d'un sinusoïde en mouvement ralenti dans le sens réel.

- $\frac{N}{N_e} = \frac{100}{51} = 1{,}96 = 2-x$. La corde parait sous forme d'un sinusoïde en mouvement ralenti dans le sens inverse



Onde progressive : c'est un onde qui se propage en s'éloignant de la source.

Longueur d'onde λ : période spatiale. (m).

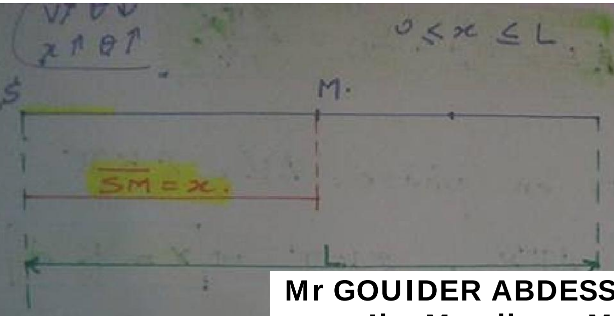
C'est la distance parcourue par l'onde pendant une période temporelle T

$$\boxed{\lambda = T \cdot V} \qquad \boxed{\lambda = \frac{V}{N}}$$

λ : (m) ; T : (S) ; V : célérité (ms^{-1}) ; N : H_z.

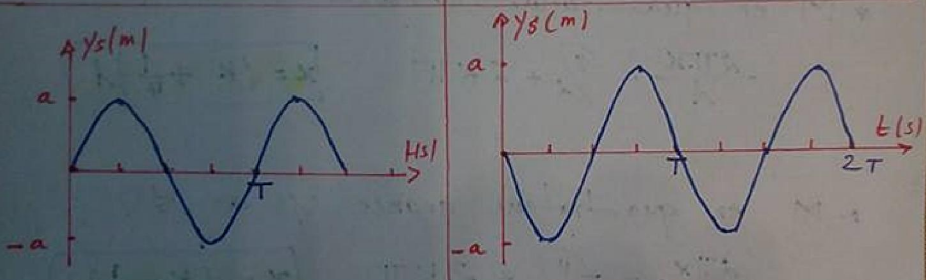
Retard $\theta = \frac{x_1}{V}$	abscisse de point d'onde $x_f = v \cdot t_1$	$\Delta\varphi = \varphi_S - \varphi_M = \frac{2\pi x}{\lambda}$

$0 \leq x \leq L$



$$\boxed{y_S(t) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_S\right)}$$

$\varphi_S = 0$	$\varphi_S = \pi$



Principe de propagation :

$$y_M(t,x) = y_S(t-\theta) = y_S\left(t - \frac{x}{V}\right)$$

$$= a \sin\left(\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{V}\right) + \varphi_S\right)$$

$$= a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi x}{T.V} + \varphi_S\right)$$

$$\boxed{y_M(t,x) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t \underbrace{- \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_S}_{\varphi_M}\right)}$$

$$\varphi_M = -\frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_S \Rightarrow \boxed{\varphi_S - \varphi_M = \frac{2\pi x}{\lambda}}$$

③

$$\boxed{\Delta\varphi = \varphi_S - \varphi_M = \frac{2\pi x}{\lambda}}$$

* S et M en phase : $\Delta\varphi = 2k\pi$

$$\frac{2\pi x}{\lambda} = 2k\pi \Rightarrow \boxed{x = k\lambda}$$

* S et M en opposition de phase : $\Delta\varphi = \pi + 2k\pi$

$$\frac{2\pi x}{\lambda} = \pi + 2k\pi \Rightarrow \boxed{x = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda}$$

* M en quadrature retard % à S

$$\frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{\pi}{2} + 2k\pi \qquad \boxed{x = \left(k + \frac{1}{4}\right)\lambda}$$

* M en quadrature avance % à S

$$\frac{2\pi x}{\lambda} = -\frac{\pi}{2} + 2k\pi \qquad \boxed{x = \left(k - \frac{1}{4}\right)\lambda}$$

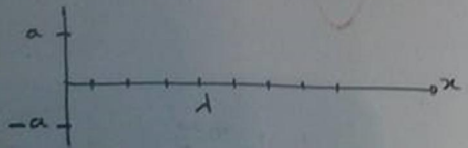
Rq : $0 \leq x \leq L$

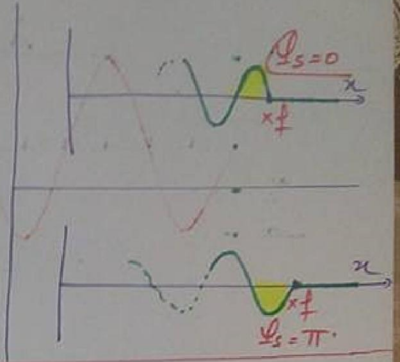
t_1 : $0 \leq x \leq x_f$

④

* $t_1 = cte$ $\qquad y_n = f(x)$: sinusoïde de l'espace

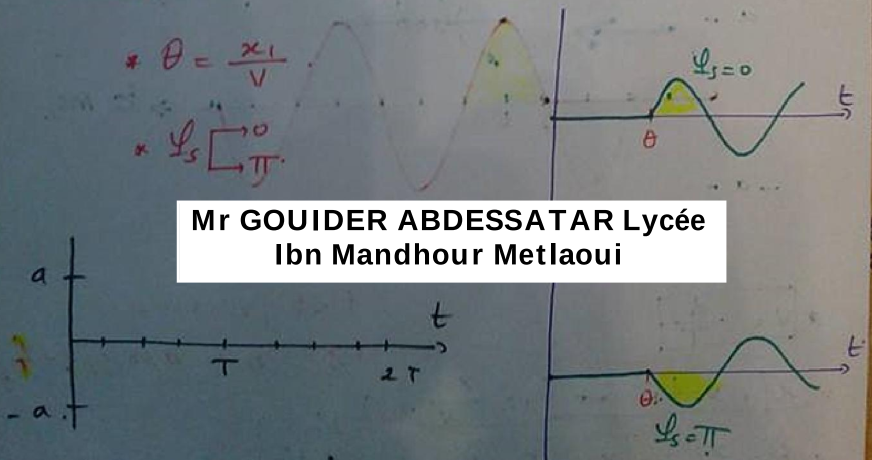
* $\lambda =$
* $x_f = V.t_1$
* $\varphi_s \begin{cases} 0 \\ \pi \end{cases}$





* $x_1 = cte$ $\qquad y_n = f(t)$: sinusoïde de temps.

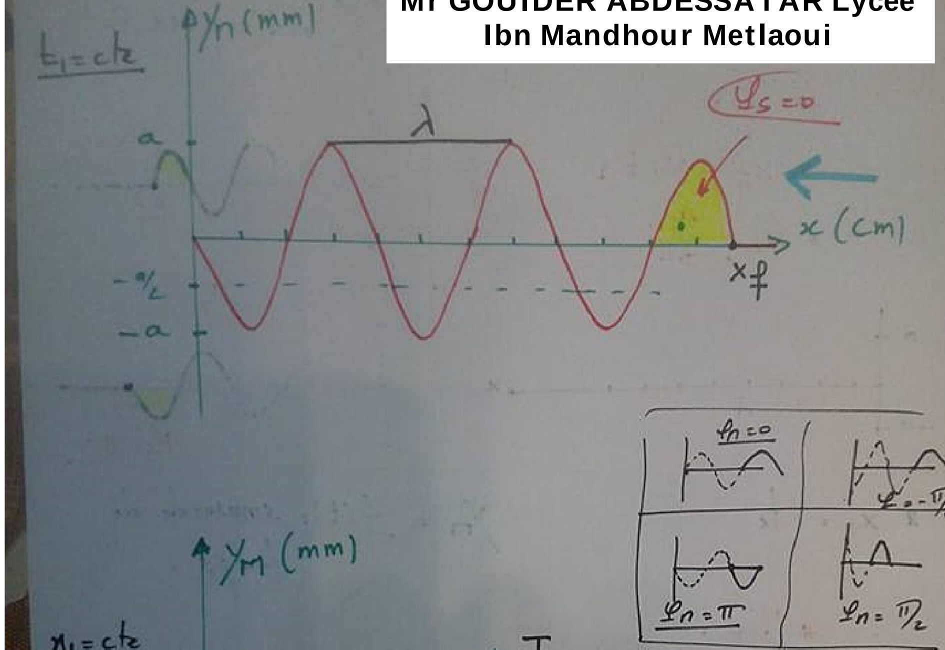
* $T =$
* $\theta = \frac{x_1}{V}$
* $\varphi_s \begin{cases} 0 \\ \pi \end{cases}$



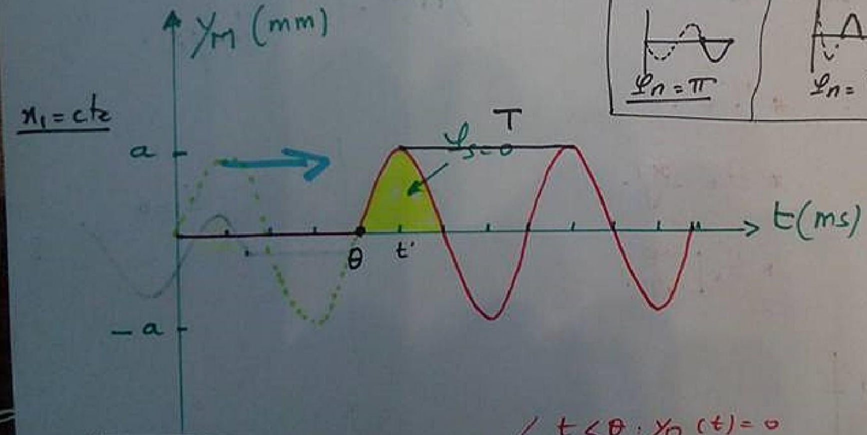
5

Mr GOUIDER ABDESSATAR Lycée Ibn Mandhour Metlaoui

$t_1 = cte$



$x_1 = cte$



* $\boxed{V = \frac{\lambda}{T}}$
* $x_f = v.t_1 \rightarrow t_1 = \frac{x_f}{V}$
* $\theta = \frac{x_1}{V} \rightarrow \boxed{x_1 = \theta.V}$

$t < \theta : y_n(t) = 0$

$t \geq \theta : y_n(t) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_n\right)$

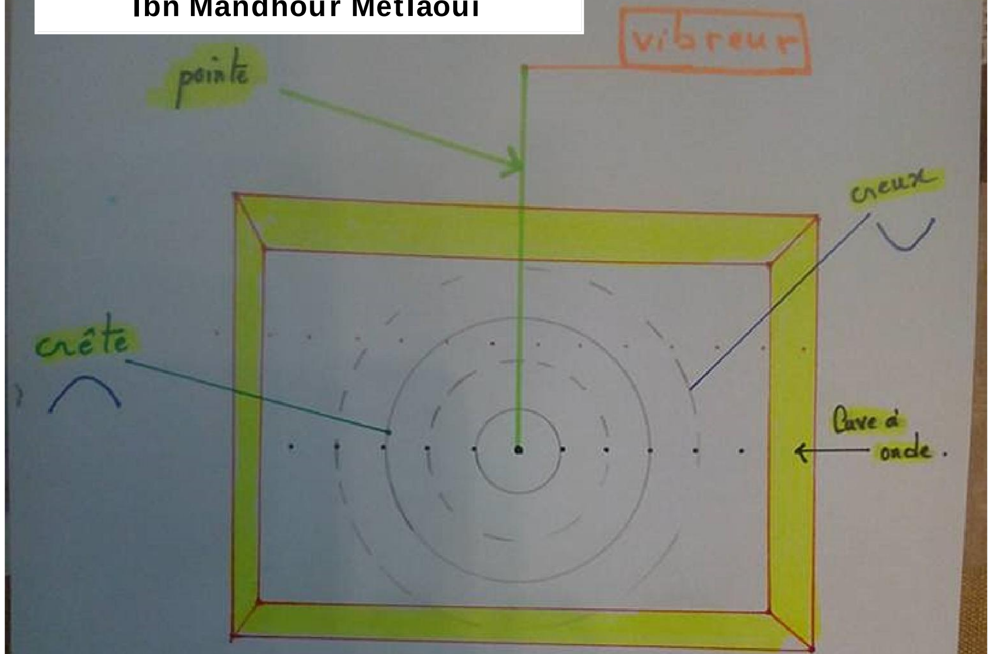
$\varphi_n = ?$

à $t' = \dots$ s $y_n = a$

$y_s(t) = y_n(t + \theta)$

6

1) - Onde à la surface de l'eau :



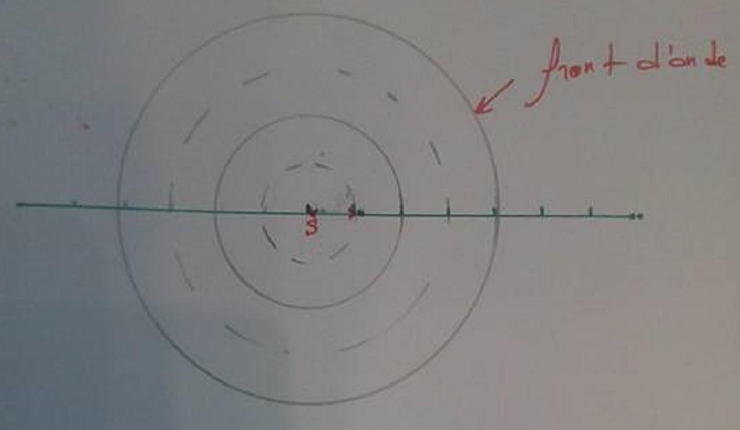
En lumière ordinaire : On observe des rides circulaires concentriques équidistants alternativement sombres et claires

En lumière stroboscopique :

* $\frac{N}{N_e} = k$: Immobilité apparente

* $\frac{N}{N_e} = k + \varepsilon$: Mouvement ralenti dans le sens réel

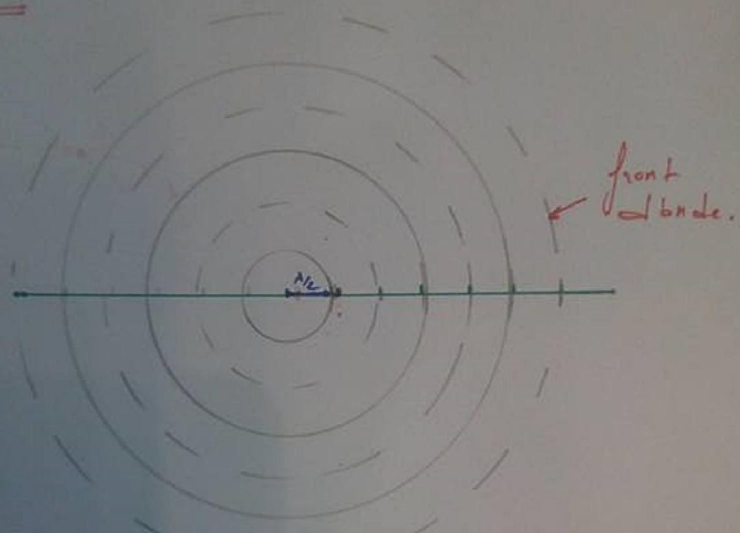
* $\frac{N}{N_e} = k - \varepsilon$: Mouvement ralenti dans le sens inverse



• S ∈ à une crête : $y_S = 0$.

où Le front d'onde est une crête : $y_S = 0$.

Remarque :



S E à une creux
où
le front d'onde est une creux

$$\varphi_S = \pi$$

$$\boxed{\Delta\varphi = \frac{2\pi x}{\lambda}}$$

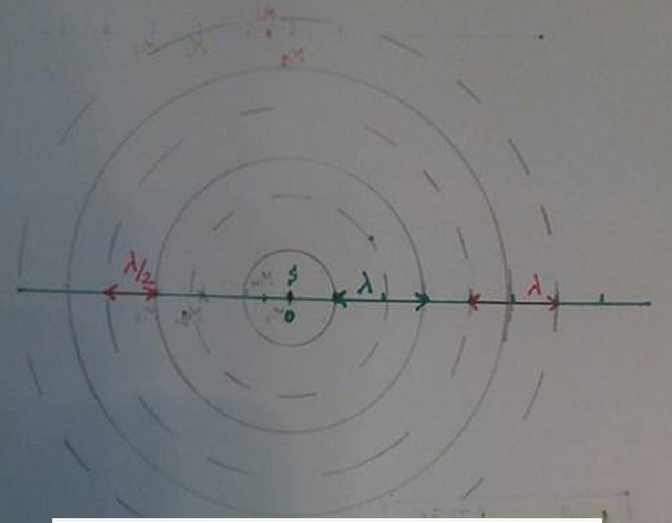
* Nature de mouvement :

* entre M_1 et M_2 : $\Delta\varphi = \frac{2\pi\lambda}{\lambda} = 2\pi \equiv 0$: en phase

* entre M_1 et M_3 : $\Delta\varphi = \frac{2\pi \frac{3\lambda}{2}}{\lambda} = 3\pi = \pi$: opposition de phase

* entre M_1 et M_4 : $\Delta\varphi = \frac{2\pi \lambda/4}{\lambda} = \frac{\pi}{2}$: en quadrature de phase

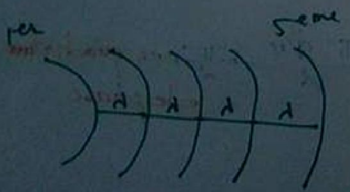
$y_M = f(x) = f(r)$.



Longueur d'onde : distance entre deux rides successives et de même nature.

Exple

La distance entre la 1ère et la 5ème crête est d = 20 cm. Calculer la longueur d'onde λ.



$4\lambda = 20$ cm

$\lambda = 5$ cm

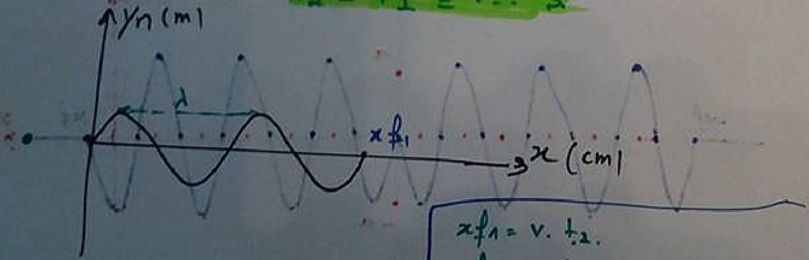
$-x_f \le x \le x_f$

$y_M(t) = y_S(t-\theta)$

$y_S(t) = y_M(t+\theta)$

Remarque

$t_2 - t_1 = \dots$ s

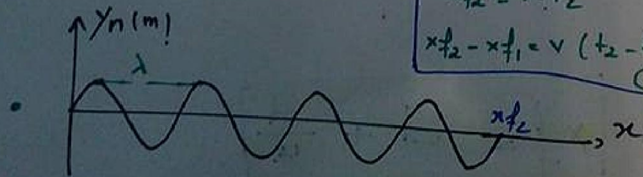


$x_{f_1} = v.t_1$

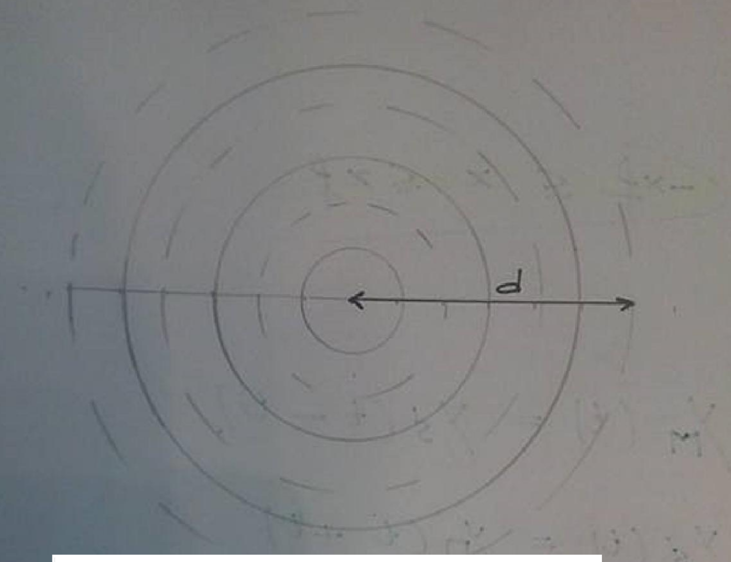
$x_{f_2} = v.t_2$

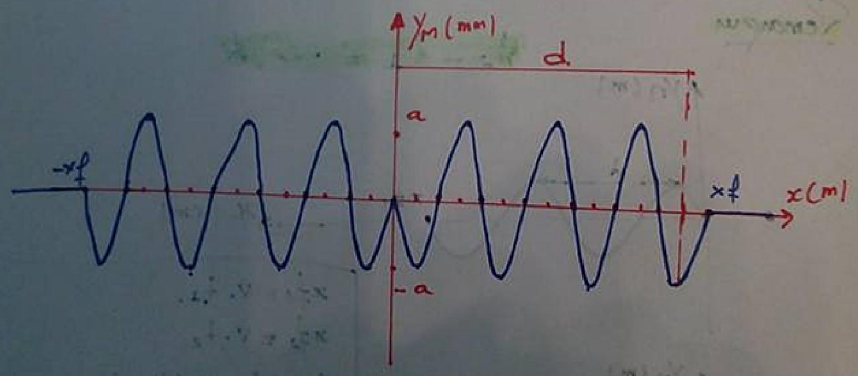
$x_{f_2} - x_{f_1} = v(t_2 - t_1)$

$v = \frac{x_{f_2} - x_{f_1}}{t_2 - t_1}$



$\lambda = \frac{v}{N} \Rightarrow N = \frac{v}{\lambda}$





$$\boxed{x_f = d + \frac{\lambda}{4}}$$

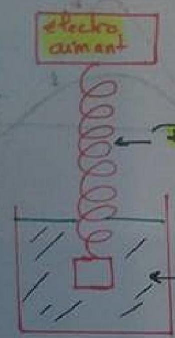
13

II - Onde Longitudinale

La direction de propagation est parallèle à la direction de l'ébranlement.

1 - Ressort :

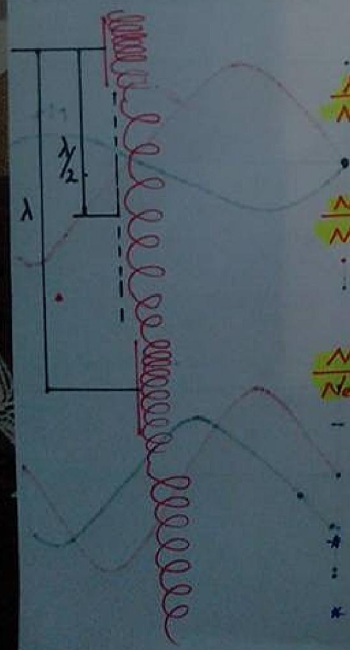
Mr GOUIDER ABDESSATAR Lycée
Ibn Mandhour Metlaoui



En lumière ordinaire :

le ressort est flou.

En lumière stroboscopique :



$\frac{N}{N_e} = k$: zones comprimées séparées par des zones dilatées immobiles

$\frac{N}{N_e} = k + \varepsilon$: zones comprimées séparées par des zones dilatées en mouvement ralenti dans le sens réel.

$\frac{N}{N_e} = k - \varepsilon$: zones comprimées séparées par des zones dilatées en mouvement ralenti dans le sens inverse

* $y_M(t) = y_S(t - \theta)$ pour $t \geq \theta$.
* $y_S(t) = y_M(t + \theta)$

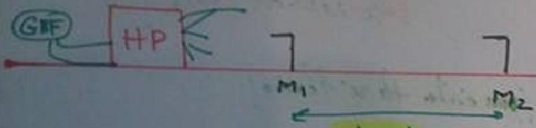
14

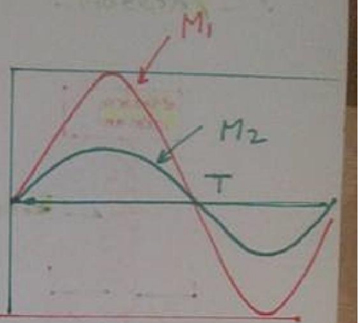
① - Onde sonore :

$\boxed{\lambda = T.V}$ $\boxed{V = \frac{\lambda}{T}}$

$$20\,Hz \leq \text{son audible} \leq 20000\,Hz$$

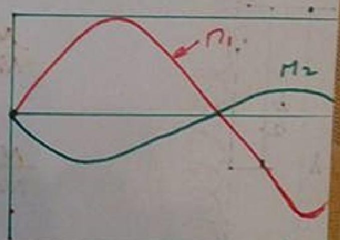
$$x = K\lambda$$



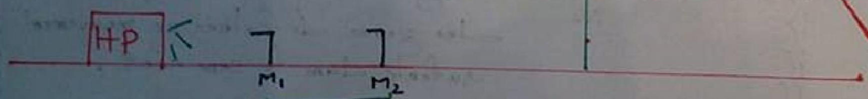


$$d = \lambda$$

$$x = (K + \frac{1}{2})\lambda$$

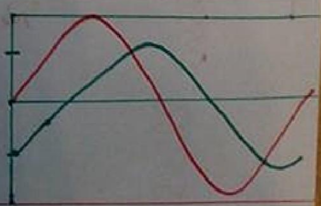


Mr GOUIDER ABDESSATAR Lycée Ibn Mandhour Metlaoui



$$d = \lambda/2$$

$$x = (K + \frac{1}{4})\lambda$$



$$d = \frac{\lambda}{4}$$