Taki Academy
www.takiacademy.com

# Physique

Classe : $4^{\text{ème}}$ année

## Chapitre : les ondes mécaniques progressives

## Fiche de méthodes

# les ondes mécaniques progressives

## Q1 : Définir une onde :

Une onde est le phénomène resultant de la propagation d'une succession d'ébranlements dans un milieu matériel donné avec transport d'énergie sans transport de matière

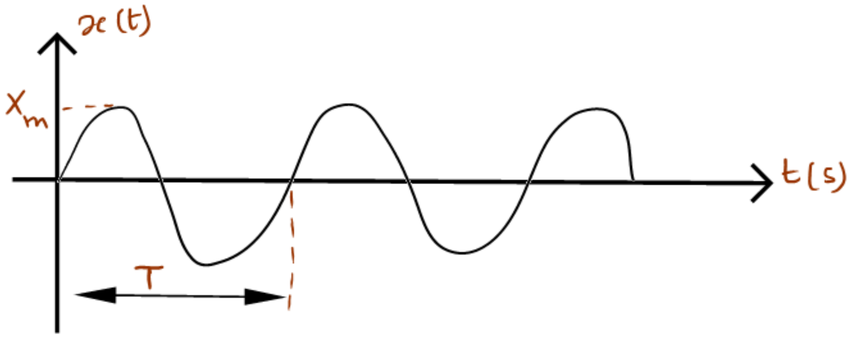
## Q2 : Qu'est ce qu'une onde mécanique sinusoïdale progressive ?

→ Onde mécanique : une onde qui se propage dans un milieu matériel.

→ Onde sinusoïdale : C'est une onde dont l'ébranlement est une sinusoïde.

→ Onde progressive : C'est une onde qui se propage dans un milieu ouvert.

$Q_3$ : Déterminer l'amplitude $X_m$, la pulsation $\omega$ et la phase $\varphi_x$




- $\omega = \frac{2\pi}{T}$ (rad.s$^{-1}$)
- la phase $\varphi_x$ :

à $t = 0s \Rightarrow X_m \sin(\omega \cancel{t}^{0} + \varphi_x) = 0$
(D'après la courbe)

$\Rightarrow X_m \sin(\varphi_x) = 0$

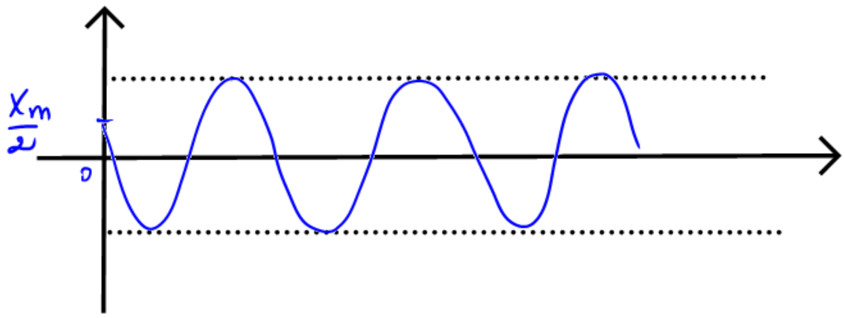
$\Rightarrow \sin(\varphi_x) = 0$

d'où $\varphi_x \rightarrow 0$
$\quad\quad \searrow \pi - 0$

Or à $t = 0s$, la courbe est croissante $\Rightarrow \cos\varphi_x > 0$

d'où $\boxed{\varphi_x = 0 \text{ rad.}}$

Exemple 2 : Déterminer $\varphi_x$ :




à $t = 0\,s$ ; $X_m \sin \varphi_x = \frac{X_m}{2}$

$\Rightarrow \sin \varphi_x = \frac{1}{2}$

$\Rightarrow \varphi_x \nearrow \frac{\pi}{6}$ ou $\searrow \pi - \frac{\pi}{6} = \frac{5\pi}{6}$

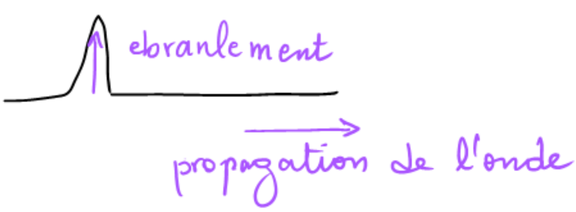
or la courbe est décroissante $\Rightarrow \cos(\varphi_x) < 0$

$\Rightarrow \boxed{\varphi_x = \frac{5\pi}{6} \text{ rad.}}$

Q$_4$ : Définir les notions suivantes :

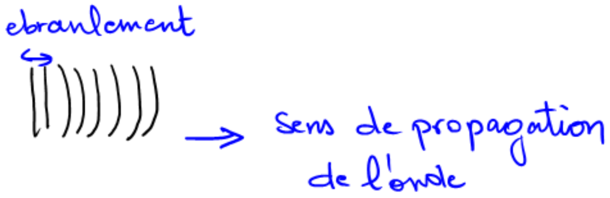
- Onde transversale
- Onde longitudinale

* Onde transversale : C'est une onde dont la direction de l'ébranlement est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde. Exemple : de la corde.



* **Onde longitudinale :** C'est une onde dont la direction de l'ébranlement est parallèle à la direction de propagation de l'onde.

Exemple du ressort.




Onde → 1 dimension : Corde / ressort
Onde → 2 Dimensions : eau
Onde → 3 dimensions : son

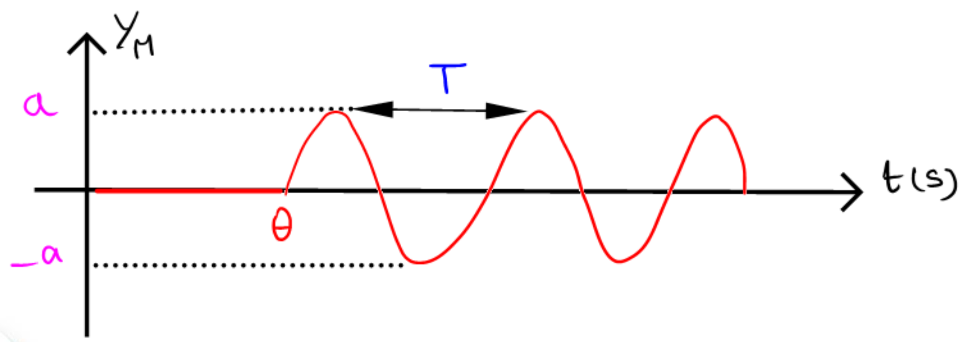
$Q_5$ : Déterminer l'équation $y_M(x,t)$ :

L'onde est une fonction à 2 variables $x$ et $t$ qu'on l'appelle $y_M(x,t)$.

$1^{er}$ cas :

On fixe $x = x_0$ et $t$ varie.

dans ce cas, on parle du diagramme du temps ou bien l'équation horaire.



* pour déterminer $x_0$ :

$V = \frac{x_0}{\theta}$ avec $\lambda = V.T$

* On va chercher l'équation horaire du point M $y_M(t)$ à partir de l'équation au point S $y_s(t)$ tel que $y_s(t,x) = a \sin(\omega t + \varphi_s)$

- M reproduit le mouvement de la source S aprés un retard $\theta$ avec $\boxed{\theta = \frac{x_0}{V}}$

$y_M(t) = y_s(t - \theta)$ avec $\theta = \frac{x_0}{V}$

$y_M(t) = a \sin\left(\omega(t-\theta) + \varphi_s\right)$

$y_M(t) = a \sin(\omega t - \omega\theta + \varphi_s)$

$y_M(t) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{x_0}{V} + \varphi_s\right)$

$$y_M(t) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T} t \underbrace{- \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x_0 + \varphi_s}_{\varphi_M}\right)$$

avec ;

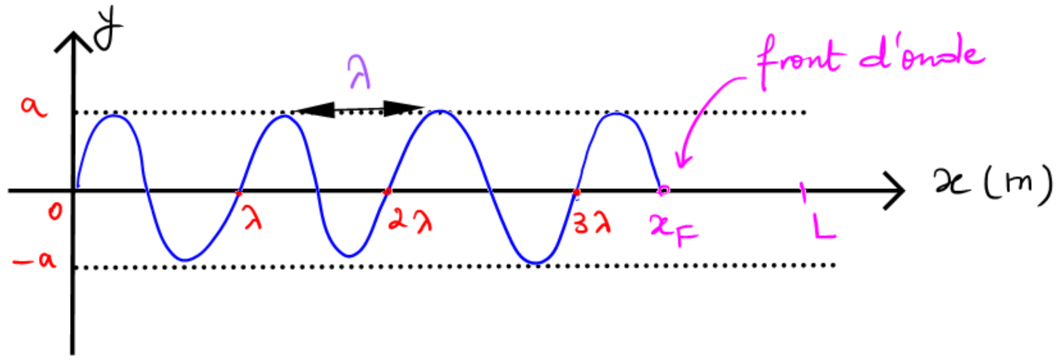
$\underset{(m)}{\lambda} = \underset{(m.s^{-1})}{V}.\overset{(s)}{T}$ appelé la longueur d'onde d'où $$y_M(t) = \begin{cases} 0 & \text{si } t < \theta \\ a\sin\left(\frac{2\pi}{T}.t + \varphi_M\right) & \text{si } t \geq \theta \end{cases}$$

avec $\varphi_M = -\frac{2\pi}{\lambda}.x_0 + \varphi_s$

2ème Cas :

- On fixe $t = t_0$ et $x$ varie.

Dans ce cas, On parle de l'aspect de la corde ou diagramme de l'espace.




* Pour déterminer $t_0$, $V = \frac{x_F}{t_0}$ avec $\lambda = V.T$.

$$y_M(x) : \begin{cases} 0 & \text{si } x \geq x_F \quad \text{avec } x_F = V.t_0 \\ a\sin\left(\frac{2\pi}{T}.t_0 - \frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi_s\right) & \text{si } x < x_F \end{cases}$$

**$Q_6$ : Donner les différentes aspects de la corde lors de l'utilisation d'un stroboscope de fréquence $N_e$ et de période $T_e$ :**

1er cas :

$\frac{T_e}{T} = \frac{N}{N_e} = k$ (entier) $(k \in \mathbb{N}^*)$ alors :
la corde a la forme d'une sinusoïde immobile (immobilité apparente).

2ème cas : si $\frac{N}{N_e}$ est légèrement inférieure à $k$ $(k \in \mathbb{N}^*)$
alors : l'onde se propage au ralenti dans le sens inverse

3ème cas : si $\frac{N}{N_e}$ est légèrement supérieure à $k$ $(k \in \mathbb{N}^*)$
alors : l'onde se propage au ralenti dans le sens réel.

**$Q_7$ : Déterminer les abscisses $x$ des points qui vibrent :**

* En phase.
* En opposition de phase.
* En quadrature de phase.

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

$1^{er}$ cas : S et M vibrent en phase :

$$\Delta\varphi = 2k\pi \Rightarrow x = \lambda . k \;;\; k \in \mathbb{Z}$$

$2^{ème}$ cas : S et M vibrent en opposition de phase :

$$\Delta\varphi = (2k+1)\pi \Rightarrow x = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \;;\; k \in \mathbb{Z}$$

$3^{ème}$ cas : S et M vibrent en quadrature avance de phase :

$$\Delta\varphi = (4k-1)\frac{\pi}{2} \Rightarrow x = (4k-1)\frac{\lambda}{4} \;;\; k \in \mathbb{Z}$$

$4^{ème}$ cas : S et M vibrent en quadrature retard de phase :

$$\Delta\varphi = (4k+1)\frac{\pi}{2} \Rightarrow x = (4k+1)\frac{\lambda}{2}$$

Puis on met $0 \leq x \leq L$

et on cherche la valeur de k

tel que L est la longueur du fil.

Exemple :

Soient S et M vibrent en opposition de phase :

$$\Delta\varphi = (2k+1)\pi \Rightarrow x = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$0 \leq x \leq L$$

$$0 \leq (2k+1)\frac{\lambda}{2} \leq L$$

$$0 \leq (2k+1) \leq \frac{2L}{\lambda}$$

$$-\frac{1}{2} \leq k \leq \frac{L}{\lambda} - \frac{1}{2}$$

Si on prend $\frac{L}{\lambda} - \frac{1}{2} = 2,5$

$\Rightarrow \quad -0,5 \leq k \leq 2,5$

| k | 0 | 1 | 2 |
|---|---|---|---|
| $\lambda$ | $\lambda/2$ | $3\lambda/2$ | $5\frac{\lambda}{2}$ |

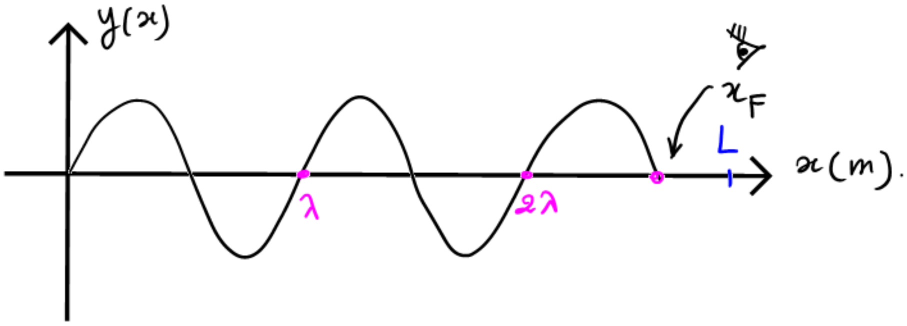
$+\lambda \qquad +\lambda$

## Q8 : Tracer $y_M(x)$ et $y_M(t)$ :

(*) Courbe de $y_M(x)$ ; On calcule $\frac{x_F}{\lambda}$

exemple :

$$\frac{x_F}{\lambda} = 2,5 \Rightarrow x_F = 2,5\lambda .$$




**Remarque :**

Pour déterminer la phase $\varphi_s$, dans ce cas, On regarde la courbe au point $x_F$ non pas en 0 $\Rightarrow x = x_F$

la courbe est croissante

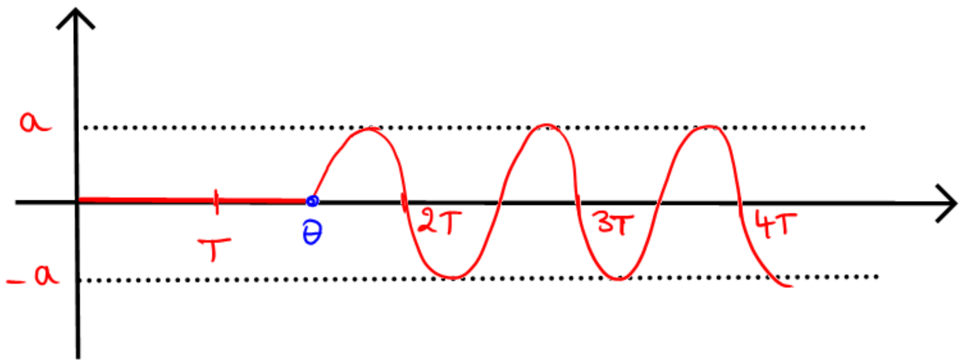
$\Rightarrow \boxed{\varphi_s = 0 \text{ rad.}}$

** Courbe de $y_M(t)$

on doit calculer $\frac{\theta}{T}$

Exemple :

$$\frac{\theta}{T} = 1{,}5 \Rightarrow \theta = 1{,}5\,T.$$




Remarque :

Pour déterminer la phase dans ce cas

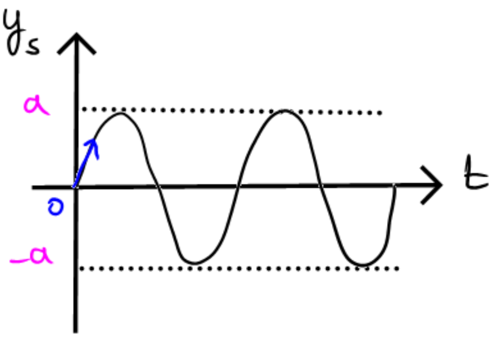
On écrit à $t=\theta$ au lieu de à $t=0$

$\Rightarrow$ à $t=\theta$ : la courbe est croissante

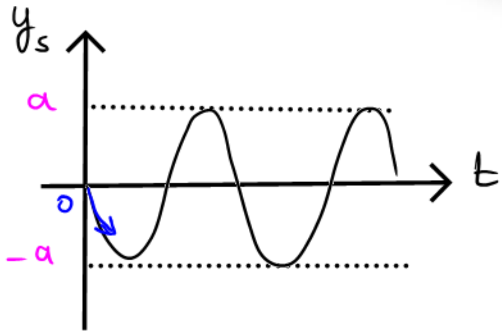
$\Rightarrow \boxed{\varphi_S = 0 \text{ rad}}.$

## Astuces :

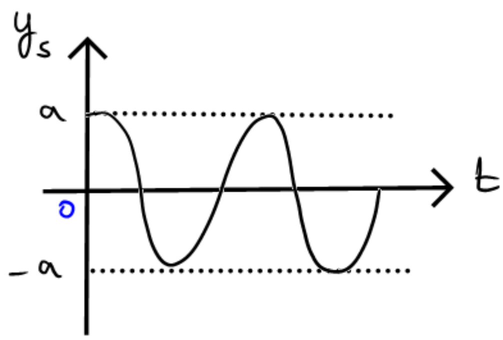
(*)



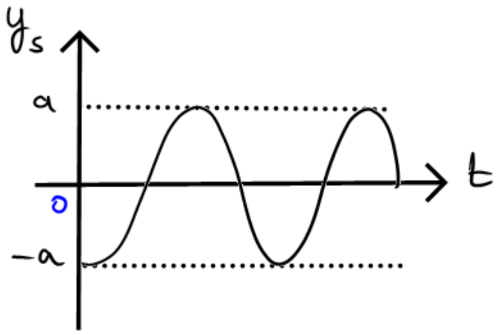

$\varphi_s = 0$ rad




$\varphi_s = \pi$ rad



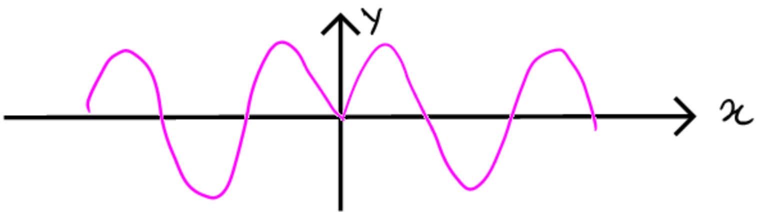

$\varphi_s = \frac{\pi}{2}$




$\varphi_s = \frac{-\pi}{2}$

(**)

- Si on donne $y_s(t) \Rightarrow y_M(t) = y_s(t-\theta)$
- Si on donne $y_M(t) \Rightarrow y_s(t) = y_M(t+\theta)$
- Si on a une onde à 2 dimensions on trace le miroir des courbes précédents.



Taki Academy
www.takiacademy.com


Sousse (Khezama - Sahloul) Nabeul / Sfax / Bardo / Menzah El Aouina / Ezzahra / CUN / Bizerte / Gafsa / Kairouan / Medenine / Kébili / Monastir / Gabes / Djerba

www.takiacademy.com 73.832.000