

# Ondes & signaux

## Chapitre 16 ONDES MECANIQUES

### 1. Définition générale d'une onde

On appelle onde progressive le phénomène de propagation de proche en proche d'une perturbation.

Toute onde transporte de l'énergie sans transporter de matière.

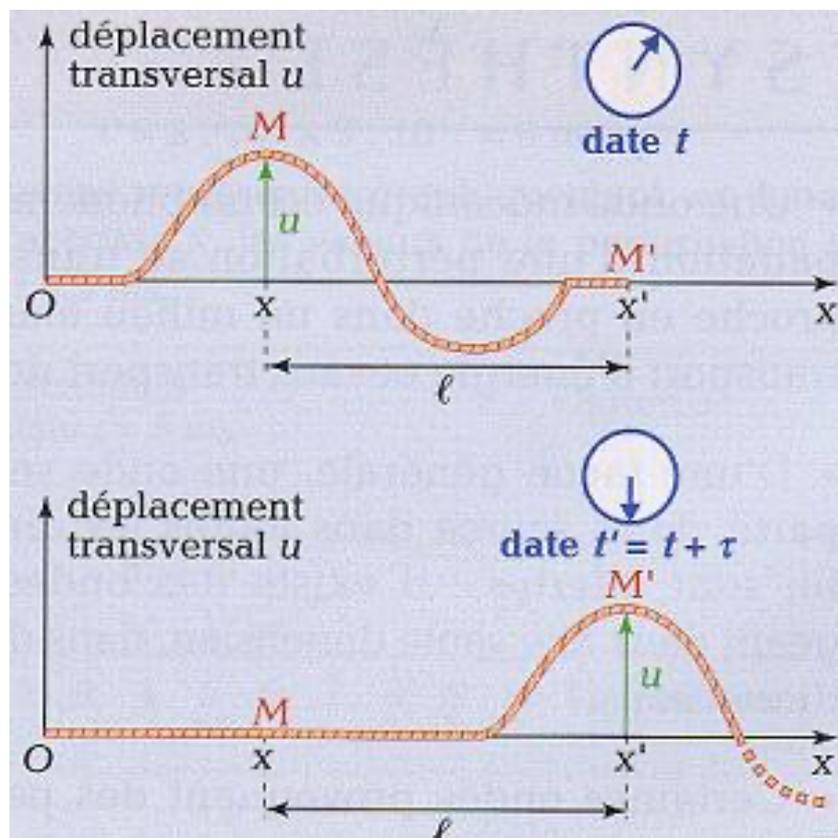
Une onde produit sur son passage une variation réversible des propriétés physiques locales du milieu (vitesse, position, pression, champs électromagnétiques...)

### 2. Onde mécanique

Une onde mécanique nécessite un milieu matériel (solide, liquide ou gazeux) pour se propager.

Les ondes électromagnétiques (lumière, ondes radio, micro-ondes, rayons X, UV, IR) ne sont pas des ondes mécaniques puisqu'elles peuvent se propager dans le vide.

### 3. Célérité et retard d'une onde mécanique progressive



$M'$  reproduit le mouvement de  $M$  avec un **retard**  $\tau = t' - t$

**Célérité (ou vitesse)  $v$  de l'onde mécanique progressive :**

$$v = \frac{\ell}{\tau}$$

$\tau$  retard, ou durée pour parcourir  $\ell$ , en **s** ;  $\ell$  distance parcourue en **m** ;  $v$  en **m.s<sup>-1</sup>**,

donc : **retard :  $\tau = \frac{\ell}{v}$**

*La vitesse de propagation d'une onde dépend des caractéristiques du milieu de propagation (température, masses volumiques, élasticité du milieu de propagation...)*

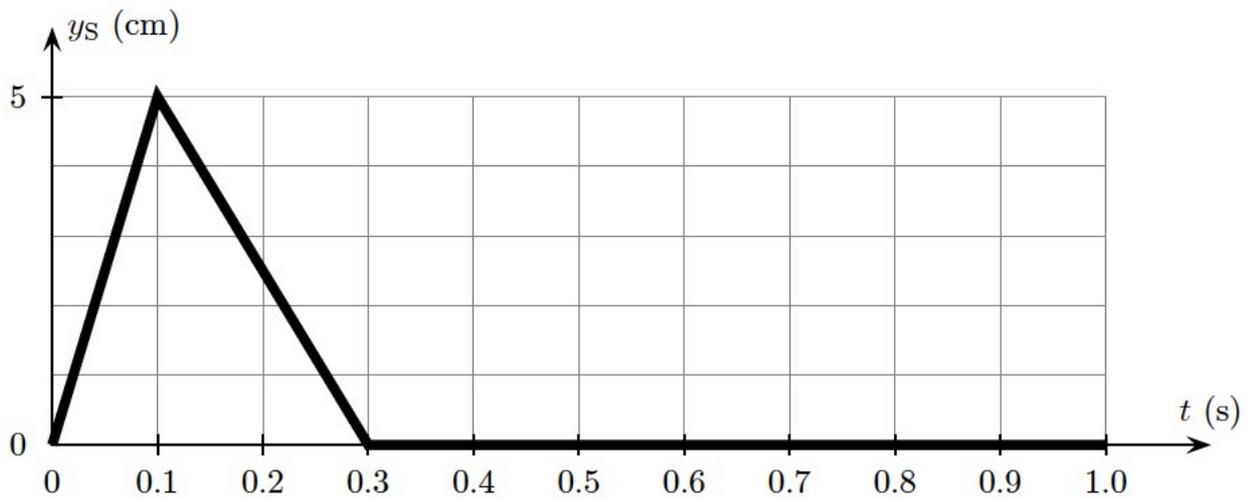
Application :

Une corde est disposée horizontalement sur le sol.

À la date  $t = 0$ , un opérateur crée une perturbation en imprimant une secousse verticale à l'extrémité S de la corde.

La célérité de l'onde mécanique créée vaut  **$v = 20 \text{ m.s}^{-1}$** .

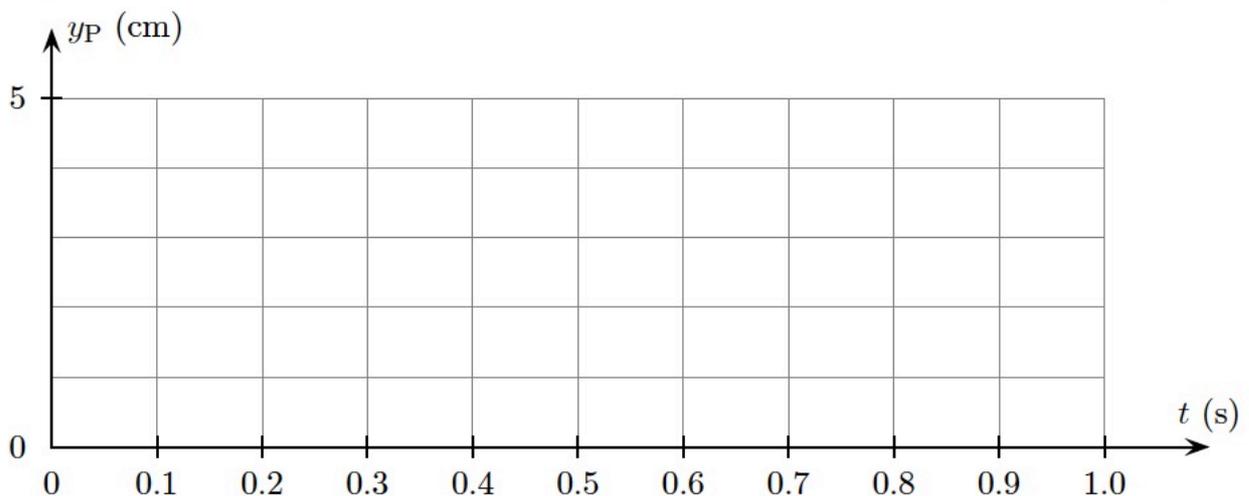
La figure ci-dessous reproduit la courbe des variations temporelles de l'altitude  $y_S$  du point source :



### a) Représentation temporelle

Un point P est situé à une distance  **$x_P = 10,0 \text{ m}$**  de l'extrémité.

- Quelle durée  $\tau_P$  sépare l'émission du signal en S et son arrivée en P ?
- Sur la figure suivante, tracer l'allure des variations temporelles de l'altitude  $y_P$  de P :



## b) Représentation spatiale

Le front d'onde à la date  $t$  est le point de la corde qui commence à être affecté par la perturbation.

La crête est le point de la corde où la perturbation est maximale, et la queue est le point où la perturbation se termine.

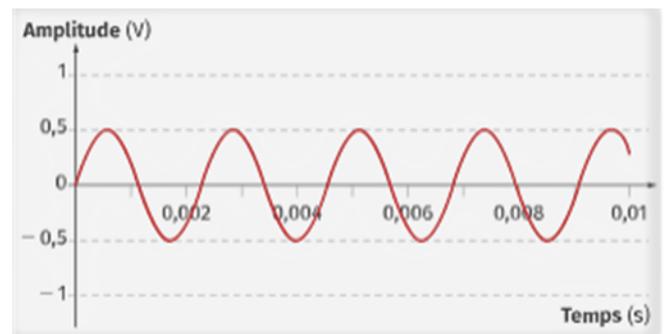
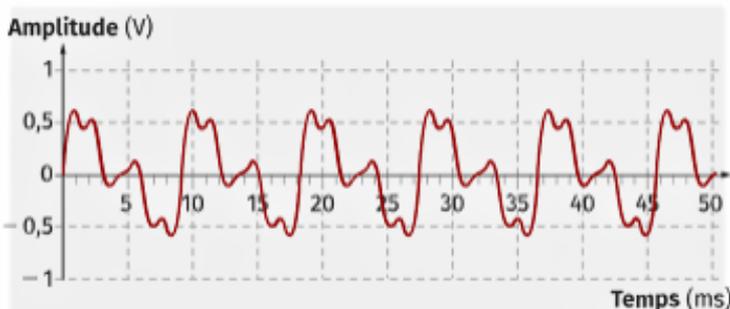
1. Déterminer à la date  $t = 0,40$  s la position  $x_F$  du front d'onde.
2. Quel retard  $\tau_c$  sépare le front d'onde de la crête ? En déduire la position  $x_c$  de la crête à l'instant  $t$ .
3. De même, déterminer le retard  $\tau_q$  de la queue, et en déduire sa position  $x_q$  à l'instant  $t$ .
4. En déduire l'allure d'une photographie de la corde à la date  $t$ , et la reproduire sur la figure suivante :



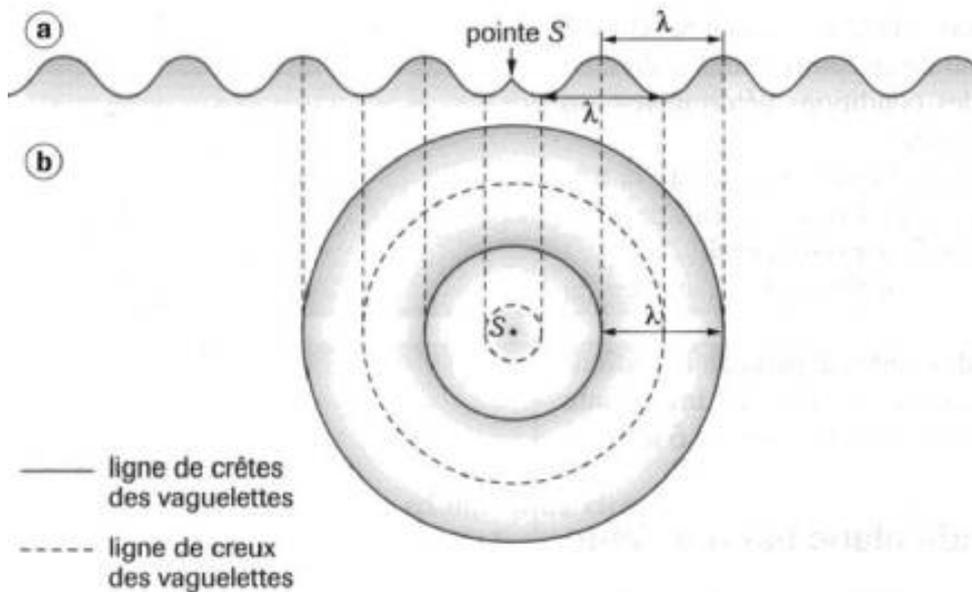
## 4. Ondes mécaniques progressives périodiques

Une onde est périodique lorsque la perturbation se reproduit identiquement à elle-même à intervalles de temps égaux, appelés périodes  $T$ .

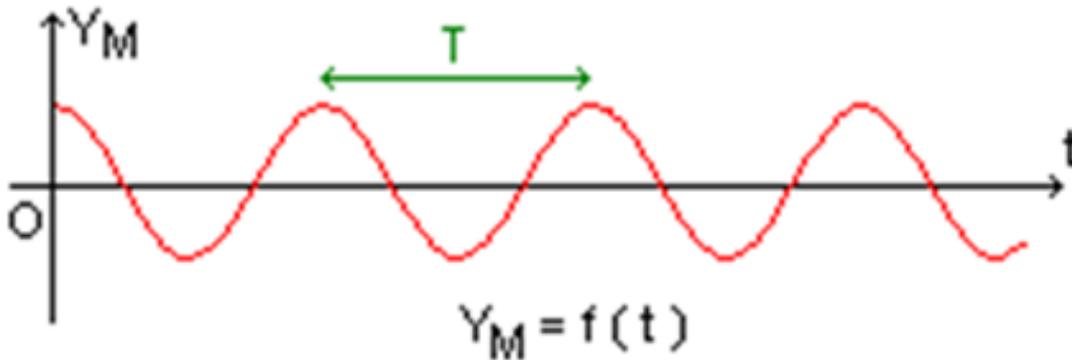
Elle est **sinusoïdale** si, en chaque point du milieu, la grandeur caractérisant la perturbation (élongation, pression...) est une fonction sinusoïdale du temps.



## 4.1 Double périodicité



- **Période temporelle  $T$**  (en secondes) de l'onde = plus petite durée au bout de laquelle un point du milieu se retrouve dans le même état vibratoire.



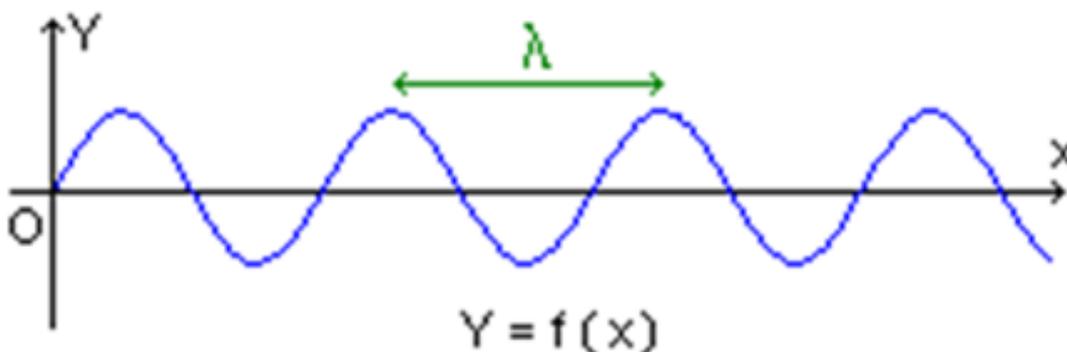
*Remarque* : période de l'onde = période de la vibration de la source à l'origine de l'onde

Grandeur associée :

**Fréquence de l'onde  $f$**  = Nombre de fois que le phénomène se reproduit par seconde

$$f = \frac{1}{T} \quad f \text{ en Hertz (ou } s^{-1} \text{), } T \text{ en s}$$

- **Période spatiale  $\lambda$**  (en mètres) = plus petite distance séparant deux points du milieu dans le même état vibratoire.



## 4.2 Relation entre $\lambda$ , T (ou f) et v célérité de l'onde

Retard de l'onde entre M et M'  $\tau = \frac{d}{v} = \frac{MM'}{v}$

Si  $MM' = \lambda$ , alors M et M' sont dans le même état vibratoire et  $\tau = T$ . D'où  $T = \frac{\lambda}{v}$

Ce qui correspond au fait qu'au cours d'une période, l'onde s'est propagée d'une *distance* =  $v \times T$ , appelée *longueur d'onde*  $\lambda$ .

**La longueur d'onde  $\lambda$  est la distance parcourue par l'onde pendant la durée d'une période T.**

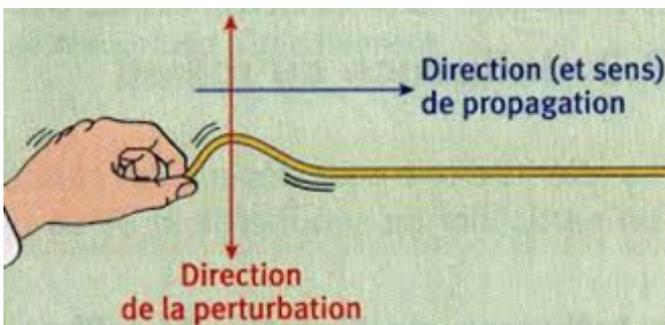
$\lambda = v \cdot T$  or  $T = \frac{1}{f}$  donc  $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$   $\lambda$  en m, v en m/s, f en Hertz

## 5. Onde transversale ou longitudinale

Si la direction de la perturbation est...

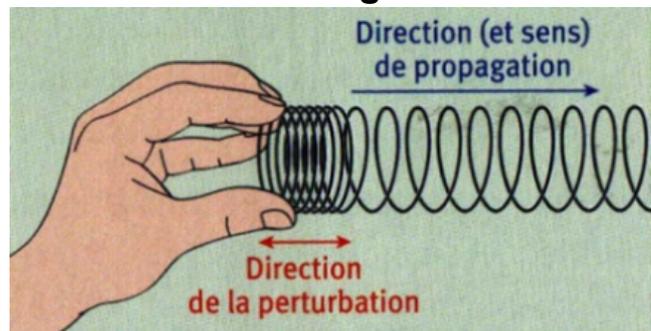
...perpendiculaire à la direction de propagation :

### Onde transversale



...parallèle à la direction de propagation :

### Onde longitudinale



## Exercices

*Parcours débutant :*

n°7, 8, 9, 10 p330 et 15, 17 p331, 20 p332

*Parcours classique :*

n°9, 10, 14 p330 et 15, 18 p331, 21 p332, 28 p335

*Parcours avancé :*

n°15, 17, 19 p331, 22 p332, 29 p335