

Ondes mécaniques progressives

I. Ondes mécaniques progressives :

1. Définition :

On appelle **onde mécanique** progressive la propagation d'une perturbation dans un **milieu matériel**. Il n'y a pas de déplacement global de matière mais la perturbation est provoquée par un déplacement d'énergie.

2. Qualification des ondes :

- L'onde est « **transversale** » lorsque la direction de la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation (ex : à la surface de l'eau, le long d'une corde, ondes sismiques S et L)



- L'onde est « **longitudinale** » lorsque la direction de la perturbation est parallèle à la direction de propagation (ex : le long d'un ressort, le son, les ondes sismiques P)



3. Dimensions d'une onde :

Direction de propagation : une onde se transmet de proche en proche à partir de la source dans le milieu matériel, dans toutes les directions qui lui sont offertes. Elle est à :

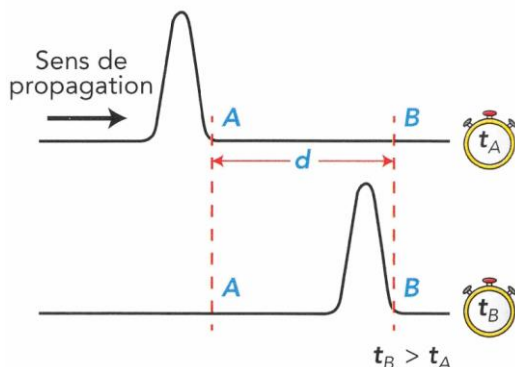
- une dimension si elle se propage dans une seule direction (ex : le long d'une corde)
- deux dimensions si elle se propage dans un plan (surface de l'eau)
- Trois dimensions si elle se propage dans tout l'espace (le son dans l'air)

4. Célérité d'une onde :

La vitesse de propagation est appelée « **célérité** » : elle correspond à un déplacement d'une perturbation ; il ne s'agit pas d'un déplacement global de matière

5. Retard :

Tout point M du milieu de propagation d'une onde subit la même perturbation que la source S avec un retard.



Exemple : le point B reçoit la même perturbation que le point A avec un retard :

$$t_B - t_A = \tau = \frac{d}{c}$$

6. Superposition d'ondes :

Deux ondes n'entrent pas en collision mais se croisent sans se perturber.

Cas de deux perturbations transversales de mêmes sens	Cas de deux perturbations transversales de sens opposés

II. Ondes périodiques :

1. Définition :

L'onde est périodique si la perturbation se reproduit identiquement à elle-même à intervalles de temps réguliers.

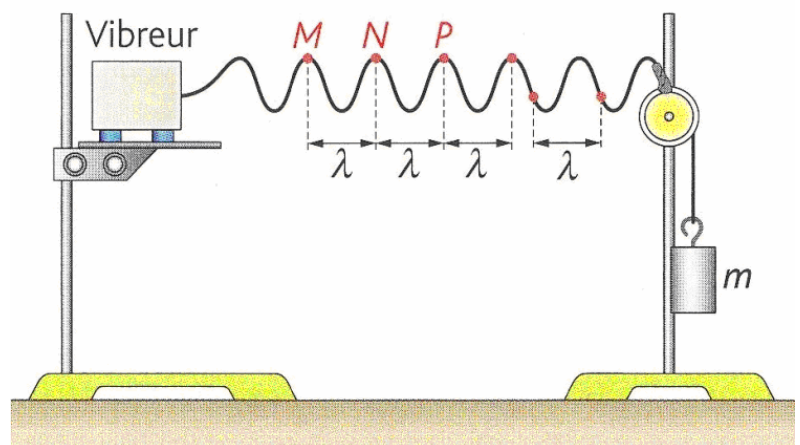
2. Périodicité temporelle et périodicité spatiale :

▪ C'est la source qui impose **la période temporelle T**.

Chaque point qui reçoit la perturbation vibre avec la même période que la source.

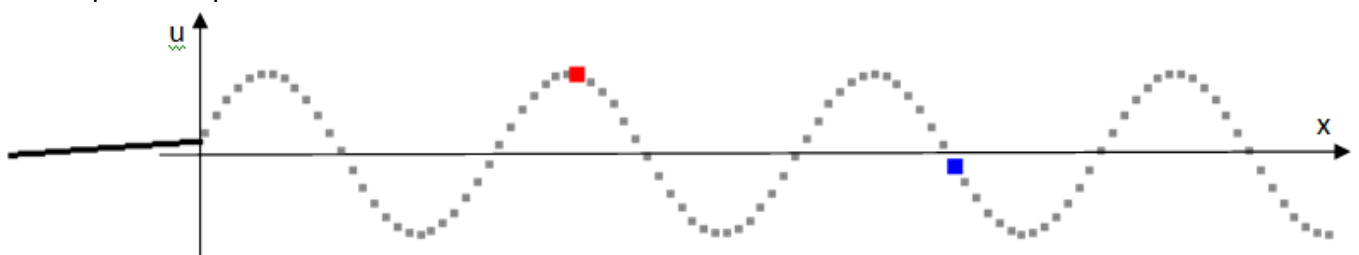
Rappel : relation période – fréquence : $F = \frac{1}{T}$

▪ On définit **la période spatiale λ** ou « longueur d'onde » comme étant la distance minimale qui sépare 2 points qui sont dans le même état vibratoire (« vibrent en phase »)

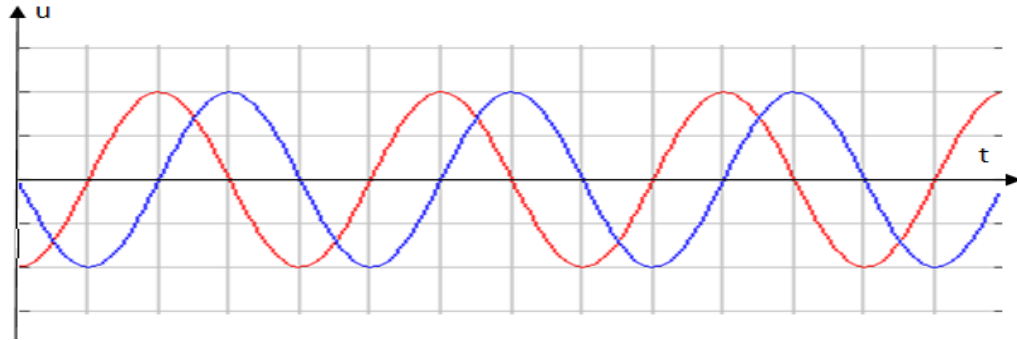


▪ Il ne faut pas confondre :

- La courbe représentative de la corde à un instant t : $u_t(x)$; cette courbe permet de mesurer la période spatiale λ



- La courbe représentant l'effet du passage de la perturbation sur la position d'un point en fonction du temps : ci-dessous $u_{\text{Rouge}}(t)$ et $u_{\text{Bleu}}(t)$; cette courbe permet de mesurer la période temporelle T

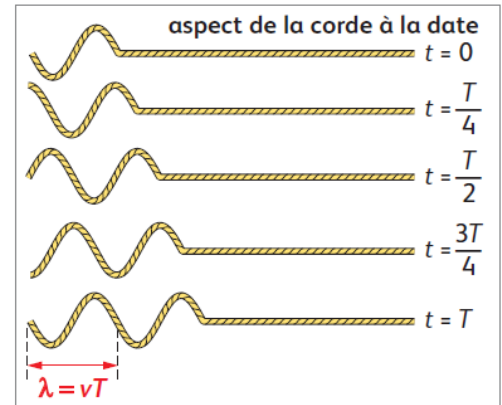


3. Relation entre T et λ :

La longueur d'onde λ est la distance que parcourt la perturbation pendant 1 période.

D'où $\lambda = v \cdot T$ (*distance = vitesse $\times$ durée de parcours*)

On peut aussi écrire, avec $T = \frac{1}{f}$: $\lambda = \frac{v}{f}$



4. Modélisation mathématique des ondes sinusoïdales :

- La source O génère la perturbation de période T et d'amplitude A : $y_O(t) = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right)$
où $T = \frac{2\pi}{\omega}$
- Le point M situé à la distance x de la source reçoit la perturbation avec un retard τ . En conséquence, l'état vibratoire du point M à la date t est l'état dans lequel était la source τ secondes avant la date t . Exprimer cette phrase mathématiquement.

$$y_M(t) = y_O(t - \tau) \quad \text{d'où} \quad y_M(t) = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot (t - \tau)\right)$$

En utilisant l'expression de τ établie précédemment, en déduire $y_M(t, x)$

$$\tau = \frac{x}{c} \quad \text{d'où} \quad y_M(t, x) = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{c}\right)\right)$$

$$\text{ou encore} \quad y_M(t) = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t - \frac{2\pi x}{c \cdot T}\right)$$

$$\text{soit, avec } \lambda = c \cdot T \quad y_M(t) = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \tau + \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$