



CHAPITRE 16 : ONDES MÉCANIQUES

LES ONDES MÉCANIQUES PROGRESSIVES

1) Définition

Une **onde mécanique progressive** est la **propagation d'une perturbation** dans un milieu matériel élastique **sans transport global de matière mais avec transfert d'énergie**.

Les ondes mécaniques (contrairement aux ondes électromagnétiques) nécessitent un milieu matériel pour se propager.

Remarque : c'est pour cela que dans le vide le son ne peut pas se propager (n'est-ce pas Star Wars ?).



Une **perturbation** est une déformation temporaire et locale de la matière.

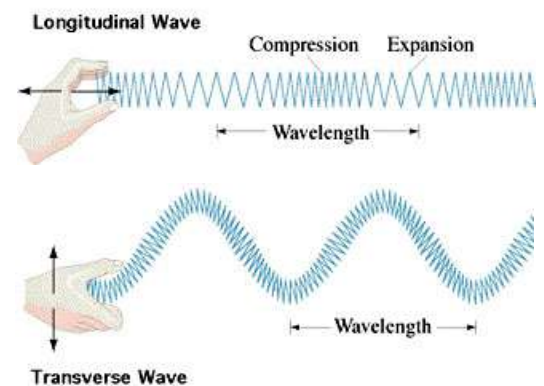
Elle se **propage** quand elle se transmet de proche en proche dans un milieu matériel grâce aux propriétés élastiques du milieu.

On dit que l'onde est **progressive** car elle se propage « de proche en proche ».

2) Caractéristiques

On différencie 2 types d'ondes :

- Les ondes **longitudinales** qui provoquent un déplacement local des éléments du milieu (solide, liquide ou gazeux) **dans leur direction** de propagation ;
- Les ondes **transversales** qui ne se propagent que dans les milieux solides en provoquant un déplacement des éléments du milieu **perpendiculairement** à leur direction de propagation.



On parle aussi de **dimension**.

On dit qu'une onde progressive est à **une dimension** si la perturbation ne se propage que dans 1 direction. De même, une onde progressive peut être à **2 ou 3 dimensions** si la perturbation se propage dans 2 ou 3 directions.

Exemples : onde mécanique progressive à une dimension : une onde le long d'un ressort

onde mécanique progressive à deux dimensions : une vague provoquée par un caillou qui tombe dans l'eau

onde mécanique progressive à trois dimensions : le son



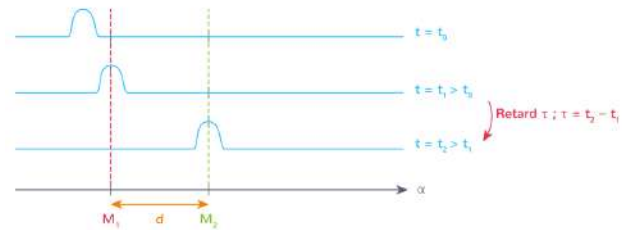
Une onde peut-elle ne pas être progressive ?

Oui. On dit alors qu'elle est stationnaire (vu qu'elle ne se propage pas). C'est le cas par exemple des ondes qui sont créées par les instruments de musique. Quand une corde de guitare vibre, elle est le siège d'une onde stationnaire.

3) Grandeurs physiques

⌘ Retard

Le retard τ est la durée mise par l'onde pour se propager sur une distance entre 2 points A et B d_{A-B} : $\tau = t_B - t_A$.



⌘ Célérité

On appelle **célérité** la vitesse de propagation d'une onde. Elle dépend du référentiel, de la nature de l'onde et des caractéristiques du milieu de propagation.

Milieu à T_{amb}	Célérité (en $m.s^{-1}$)
Air	340
Eau	$1,5 \cdot 10^3$

$$\text{en } m.s^{-1} \longrightarrow v = \frac{d_{A-B}}{\tau} \longleftarrow \begin{array}{l} \text{en } m \\ \text{en } s \end{array}$$

LES ONDES MÉCANIQUES PÉRIODIQUES

1) Définition

Une **onde mécanique périodique** est la propagation d'une perturbation mécanique **périodique** (qui se répète identique à elle-même à intervalles de temps réguliers).

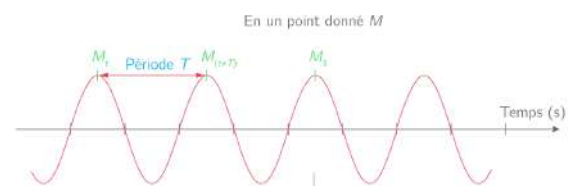
2) Double périodicité

On parle de double périodicité car la perturbation se reproduit dans le **temps** et dans l'**espace**.

⌘ Périodicité temporelle

Elle est appelée **période (T)**. C'est la plus petite durée au bout de laquelle chaque point du milieu se retrouve dans le même état vibratoire. Elle s'exprime en seconde et est imposée par la source.

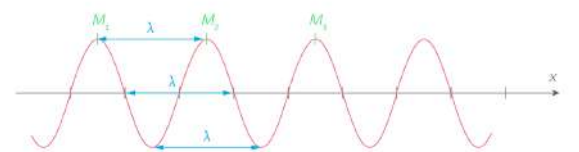
On lui associe la fréquence f , exprimée en hertz. C'est le nombre de périodes dans une seconde. $f = \frac{1}{T}$



En un point donné M

$$\lambda = v \cdot T$$

A un instant t donné

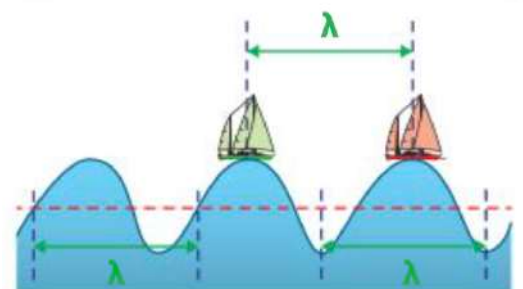


⌘ Périodicité spatiale

Elle est appelée **longueur d'onde (lambda)**. C'est la plus petite distance qui sépare deux points du milieu qui se trouvent dans le même état vibratoire. Elle s'exprime en mètre et dépend du milieu de propagation.

La période et la longueur d'onde sont liées par la relation :

$$\text{en } m.s^{-1} \longrightarrow v = \frac{\lambda}{T} \longleftarrow \begin{array}{l} \text{en } m \\ \text{en } s \end{array}$$



> Les deux objets sont séparés d'une longueur d'onde, ils sont dans le même état vibratoire.

3) Onde sinusoïdale

Une onde est **sinusoïdale** lorsque l'élongation de tout point du milieu de propagation est une fonction sinusoïdale du temps. On la caractérise par sa période et son amplitude (élongation maximale). Un signal sinusoïdal au cours du temps a pour expression :

$$s(t) = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$$

A est l'amplitude du signal, de même unité que le signal

T est la période du signal, en seconde

φ est la phase à l'origine, en radian. Elle dépend des conditions initiales.

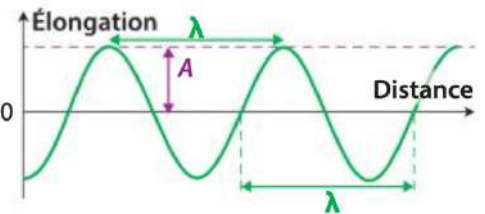
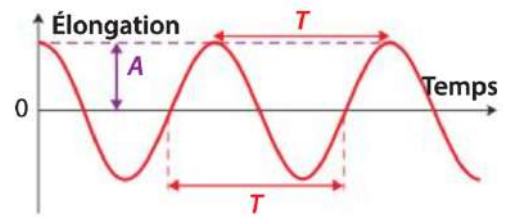
Il est possible de tracer de la même façon l'évolution de l'élongation dans l'espace :

$$s(x) = A \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi\right)$$

Remarque

Dans l'exemple représenté en rouge, $\varphi = 0$: $s(t=0)$ est max

Dans l'exemple représenté en vert, $\varphi = \frac{3\pi}{2}$: $s(x=0)$ est min



Ex : 6, 8, 9, 13, 14, 16, 18, 26, 29, 32, 34, 37 p 330 → 338

Ex supplémentaires : 17, 19, (20, 21 ou 22), 25, 35, 36, 38 p 330 → 338