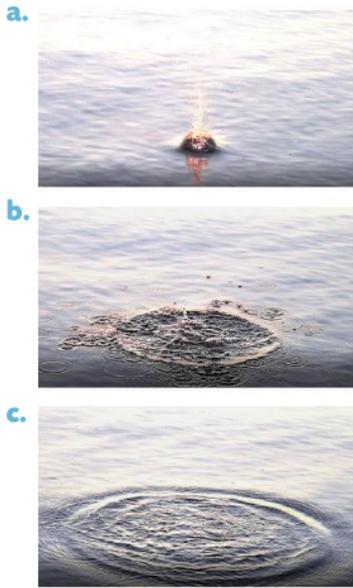


**A** Propagation d'une perturbation à la surface de l'eau

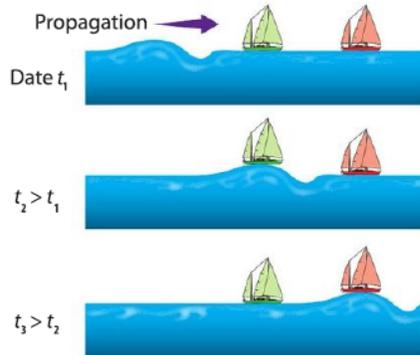


# 1 Les ondes mécaniques progressives

## a. Ondes mécaniques progressives à l'échelle macroscopique

Lorsqu'un caillou tombe dans l'eau, il provoque une déformation de la surface de l'eau. Cette **perturbation** de la surface de l'eau qui se **propage** en s'éloignant du point d'impact est une **onde mécanique progressive** (photographies **A**).

Pour chaque point de la surface de l'eau, on définit son **élongation**. Elle mesure l'écart par rapport à la hauteur de l'eau au repos.



La hauteur de l'eau est la grandeur physique qui varie lors du passage de la perturbation ci-contre.

La perturbation soulève le bateau vert puis le rouge. L'onde transporte donc de **l'énergie**. Cependant, l'eau ne se déplace pas d'un bateau à l'autre.

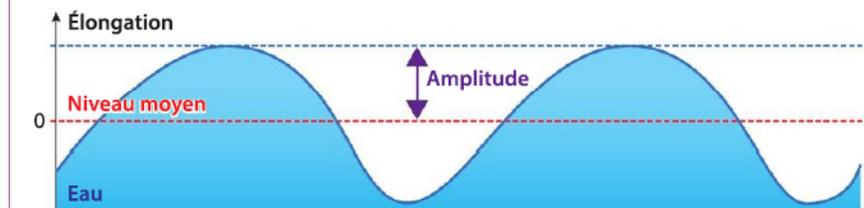
Après le passage de la perturbation la surface de l'eau reprend son aspect initial. Un tel milieu qui peut se déformer puis reprendre sa forme initiale est qualifié de **milieu élastique**.

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

La position d'un point du milieu matériel est repérée par son **élongation**. L'élongation maximale est **l'amplitude** de l'onde.

**Attention !** La lumière n'est pas une onde mécanique, elle peut se propager dans le vide, c'est-à-dire sans milieu matériel.

**Exemple :** La surface de l'eau est schématisée ci-dessous à un instant donné.



**B** Effets des ondes sismiques



> Les importants dégâts observés après un séisme montrent qu'une onde sismique, comme toutes les ondes, transporte de l'énergie.

	Onde le long d'une corde	Onde le long d'un ressort	Onde sonore dans l'air
Exemples d'onde mécanique			
Milieu élastique de propagation	Corde	Ressort	Air
Élongation (grandeur physique qui varie)	Distance d'un point de la corde par rapport à sa position de repos	Distance de la position d'une spire par rapport à sa position de repos	Pression de l'air par rapport à la pression moyenne

Les ondes sismiques sont d'autres ondes mécaniques, l'énergie qu'elles transportent peut avoir de graves conséquences (photographie **B**).

## b. Ondes mécaniques progressives à l'échelle microscopique

### c Une ola dans un stade



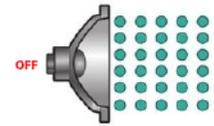
> La perturbation « bras en l'air » se propage de proche en proche dans le milieu {foule}.

### Vocabulaire

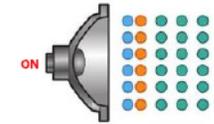
- **Entité** : constituant microscopique d'un milieu matériel (atome, ion, molécule)

À l'échelle microscopique, les interactions entre les **entités** du milieu matériel expliquent la propagation d'une perturbation dans ce milieu.

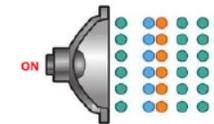
Le milieu matériel dans lequel se propage une perturbation est constitué d'un grand nombre d'**entités**. Par exemple, l'air est constitué d'un grand nombre de molécules.



Au passage d'une perturbation, des **entités** sont écartées de leur position d'équilibre. Leurs interactions avec les **entités voisines** sont modifiées.



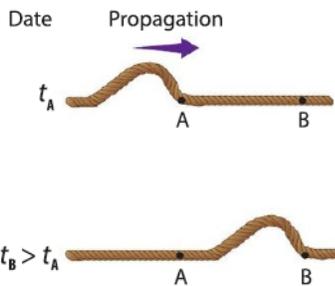
Les **entités voisines** sont à leur tour déplacées et interagissent avec leurs **voisines**.



De proche en proche, la perturbation se propage dans le milieu matériel (photographie **c**).

Une **onde mécanique progressive** est la manifestation macroscopique de la modification des interactions microscopiques entre les entités du milieu matériel. Écartées de leur position d'équilibre, elles sont soumises à des interactions qui se propagent de proche en proche.

### D Distance parcourue et durée



> La perturbation atteint le point A à la date  $t_A$  puis atteint le point B à la date  $t_B$  avec un retard  $\Delta t = t_B - t_A$ . Pour une célérité  $v$ , ce retard est

$$\Delta t = \frac{AB}{v}$$

## c. Célérité d'une onde

La perturbation en un point A n'arrive pas instantanément au point B mais avec un retard  $\Delta t = t_B - t_A$ . Il faut en effet que l'onde se propage sur la distance  $d$  entre les points A et B alignés dans la direction de propagation de l'onde (schémas **D**).

- La célérité  $v$  d'une onde est la valeur de sa vitesse de propagation. C'est le rapport entre la distance  $d$  de propagation de l'onde et la durée  $\Delta t$  de propagation :

$$v \text{ en m} \cdot \text{s}^{-1} \longrightarrow v = \frac{d}{\Delta t} \quad \begin{array}{l} \longleftarrow d \text{ en m} \\ \longleftarrow \Delta t \text{ en s} \end{array}$$

- La célérité d'une onde dépend du milieu matériel dans lequel l'onde se propage.

Cette relation a des applications, elle permet par exemple :

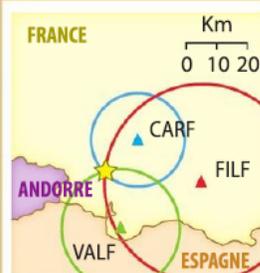
[lycee.hachette-education.com/pc/1re](http://lycee.hachette-education.com/pc/1re)



Double  
périodicité  
et grandeurs  
associées

VIDÉO DE COURS

– la localisation de l'épicentre d'un séisme



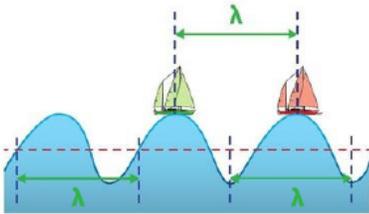
– la prévision de l'arrivée d'un tsunami



– l'exploration des organes lors d'une échographie



## E Longueur d'onde



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

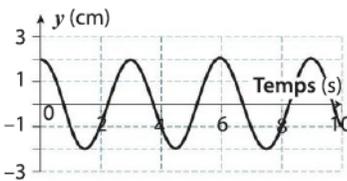
## F La houle



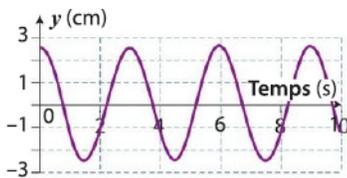
> La houle ne se reproduit jamais strictement à l'identique d'une vague à l'autre. Cependant, elle est souvent assimilée à une onde périodique.

## G Influence des caractéristiques de l'onde sur sa représentation temporelle

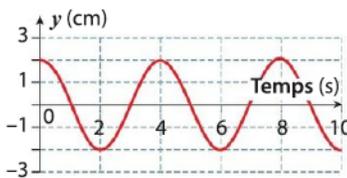
a.  $A = 2 \text{ cm}$   $T = 3 \text{ s}$   $\phi = 0 \text{ rad}$



b.  $A = 2,5 \text{ cm}$   $T = 3 \text{ s}$   $\phi = 0 \text{ rad}$



c.  $A = 2 \text{ cm}$   $T = 4 \text{ s}$   $\phi = 0 \text{ rad}$



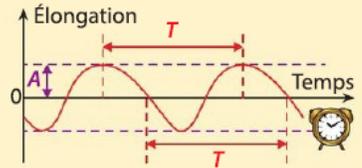
# 2 Les ondes mécaniques périodiques

## a. Double périodicité d'une onde périodique

Une onde est **périodique** lorsque la perturbation se reproduit dans le temps et dans l'espace (schéma **E** et photographie **F**).

### Périodicité dans le temps :

La **période temporelle**  $T$  d'une onde périodique, appelée simplement **période**, est la plus petite **durée** au bout de laquelle la perturbation se répète en un point donné du milieu matériel.



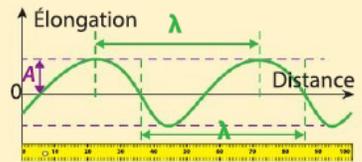
Une représentation temporelle est le « suivi » au cours du temps de l'élongation d'un point du milieu, elle permet de déterminer la période  $T$  et l'amplitude  $A$ .

La fréquence  $f$  de l'onde est le nombre de répétitions de la perturbation par seconde :

$$f \text{ en Hz} \rightarrow f = \frac{1}{T} \leftarrow T \text{ en s}$$

### Périodicité dans l'espace :

La **période spatiale**  $\lambda$  d'une onde périodique, appelée **longueur d'onde**, est la plus petite **distance**, mesurée suivant la direction de propagation, qui sépare deux points du milieu matériel dans le même état vibratoire à un instant donné.



Une représentation spatiale est une « photographie » du milieu à un instant donné, elle permet de déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  et l'amplitude  $A$ .

## b. Relation entre période, longueur d'onde et célérité

Une onde périodique de célérité  $v$  parcourt une distance égale à une longueur d'onde  $\lambda$  pendant une durée égale à une période  $T$  :

$$v \text{ en m} \cdot \text{s}^{-1} \rightarrow v = \frac{\lambda}{T} \left\{ \begin{array}{l} \lambda \text{ en m} \\ T \text{ en s} \end{array} \right.$$

## c. Onde mécanique sinusoïdale

Une onde est **sinusoïdale** lorsque l'élongation de tout point du milieu de propagation est une fonction sinusoïdale du temps. Elle est caractérisée par sa **période** et par son **amplitude** (élongation maximale).

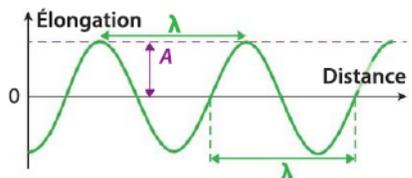
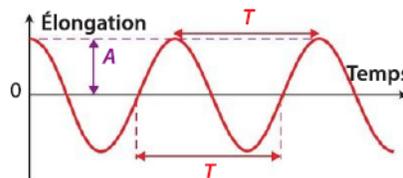
Exemple d'expression et représentation de l'élongation :

dans le temps

$$y(t) = A \cos\left(\frac{2\pi}{T} \times t + \phi\right)$$

dans l'espace

$$y(x) = A \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot x + \phi'\right)$$



$A$  est l'amplitude,  $T$  est la période,  $\lambda$  est la longueur d'onde,  $\phi$  et  $\phi'$  sont les phases à l'origine.

Une modification des caractéristiques de l'onde,  $A$  ou  $T$  (ou  $\lambda$ ) ou  $\phi$  (ou  $\phi'$ ) change la représentation de cette onde (graphiques **G**).

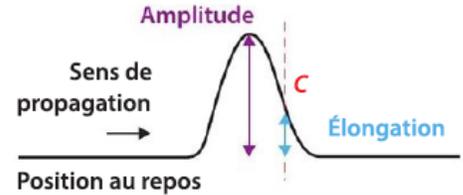
# 1 Les ondes mécaniques progressives

Propagation d'une perturbation dans un milieu matériel élastique.

Sans transport de matière.

Avec transport d'énergie.

Propagation



Célérité

$$v \text{ en } \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \rightarrow v = \frac{d}{\Delta t}$$

d en m  
Δt en s

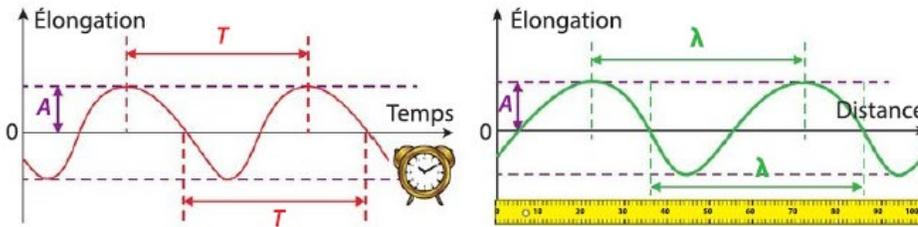
Onde mécanique progressive

Interactions microscopiques

Manifestation macroscopique des interactions microscopiques entre constituants du milieu matériel lors d'une perturbation.

# 2 Les ondes mécaniques progressives périodiques

Double périodicité



Période, longueur d'onde et célérité

$$v \text{ en } \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \rightarrow v = \frac{\lambda}{T}$$

λ en m  
T en s

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

Cas de l'onde sinusoïdale caractérisée par son amplitude  $A$ , par sa période  $T$  et sa longueur d'onde  $\lambda$

