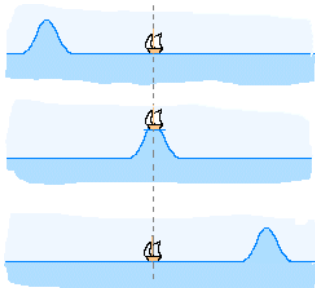


## 1SPC CHAP 10 LES ONDES MECANIQUES

### 1. LES ONDES MECANIQUES PROGRESSIVES

voir microméga hatier : A = 40 onde solitaire  
pas de points

#### 1.1. Définition



Au passage de la vague (l'onde), le bateau s'élève d'une hauteur  $H$  et voit donc son énergie potentielle de pesanteur augmenter de  $mgH$ . Cette énergie lui a été fournie par l'onde, mais le bateau est resté à la même abscisse : il n'y a pas de transport de matière.

On appelle « onde mécanique progressive », le phénomène de propagation de proche en proche d'une perturbation (modification locale et temporaire du milieu) dans un milieu matériel élastique (solide, liquide ou gazeux) sans transport de matière.

#### Remarques :

- Une onde mécanique transporte de l'énergie mais pas de matière ;
- Un milieu élastique est un milieu redevient après la perturbation, comme il était avant (Quand on jette un caillou dans l'eau)

#### 1.2. Les directions de propagation

Une onde se « propage », à partir de la source, dans toutes les directions qui lui sont offertes. On distinguera ainsi les ondes à une, deux ou trois dimensions :

- Une onde progressive se propageant dans une **seule direction** est appelée onde progressive à **1 dimension**.

Exemple : Le long d'une corde, le long d'une tige ou encore du son le long d'un rail de chemin de fer.

- Une onde progressive se propageant dans un **plan** est appelée onde progressive à **2 dimensions**.

Exemple : Les vagues à la surface de l'eau

- Une onde progressive se propageant **dans l'espace** est appelée onde progressive à **3 dimensions**.

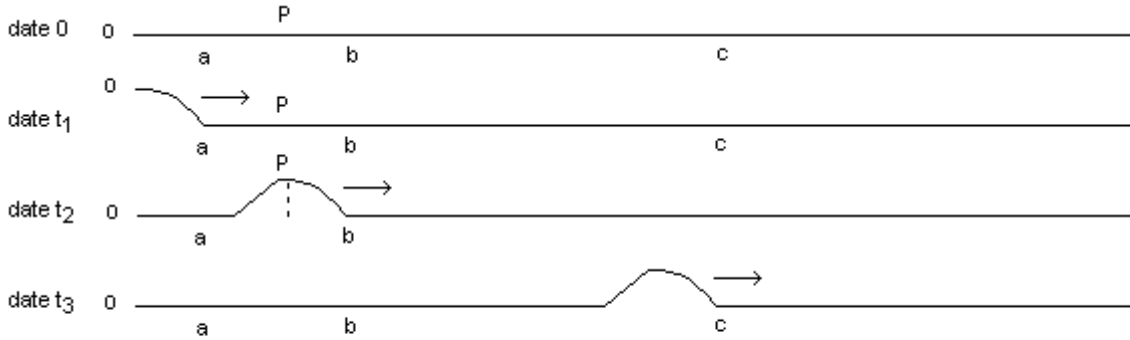
Exemple : Le son dans l'air

### 1.3. Les ondes mécaniques transversales

Animation : [video Ondes longitudinales vs ondes transversales](#)

On appelle « **onde mécanique transversale** », une onde mécanique dont la direction de propagation est perpendiculaire à la direction de la perturbation qui l'a fait naître.

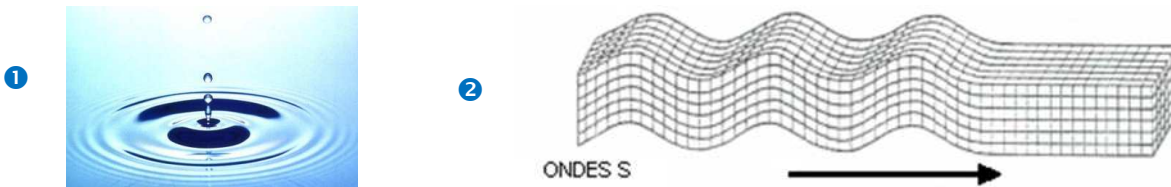
**Exemple : propagation d'une perturbation le long d'une corde**



Chaque point P de la corde se soulève **verticalement**. Le signal se propage **horizontalement**. Il est **transversal**.

La **vitesse** de propagation est  $v = \frac{ab}{t_2 - t_1} = \frac{bc}{t_3 - t_2}$

**Autres exemples : onde à la surface de l'eau (❶), ondes S d'un séisme (❷),**

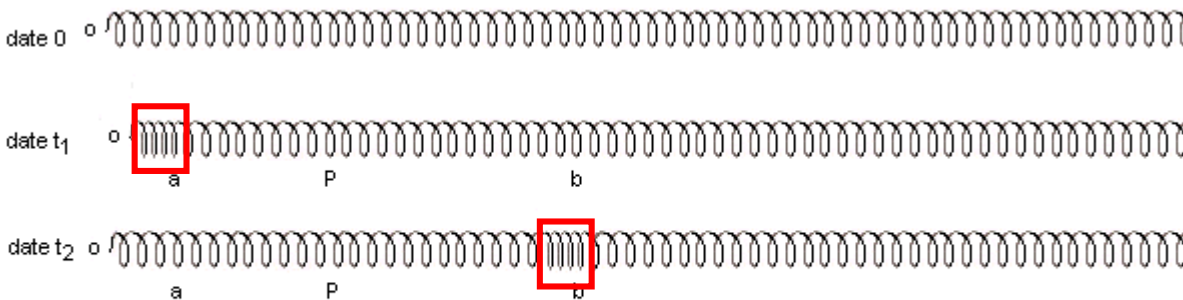


### 1.4. Les ondes mécaniques longitudinales

Animation : [video Ondes longitudinales vs ondes transversales](#)

On appelle « **onde mécanique longitudinale** », une onde mécanique dont la direction de propagation est parallèle à la direction de la perturbation.

**Exemple : propagation d'une perturbation le long d'un ressort**

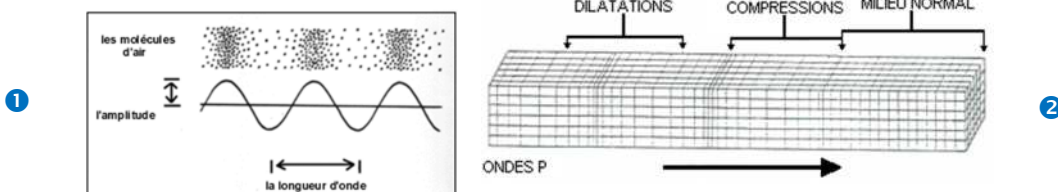


Chaque point P du ressort se déplace **horizontalement**. La perturbation se déplace également **horizontalement**.

L'onde est **longitudinale**.

La **vitesse** de propagation est  $v = \frac{ab}{t_2 - t_1}$

**Autres exemples : ondes sonores (❶), ondes P d'un séisme (❷)**



### 1.5. Milieu de propagation

Une onde mécanique nécessite un support matériel (milieu matériel) pour se propager contrairement aux ondes électromagnétiques qui peuvent se propager dans le vide.

- La vitesse d'une onde dépend de plusieurs facteurs :

- Les caractéristiques du milieu : densité, rigidité, etc.

Milieu	air à température ambiante	eau	acier
Célérité ( $m \cdot s^{-1}$ )	340	$1,5 \times 10^3$	$5,6 \times 10^3$ à $5,9 \times 10^3$

- Le type d'onde : dans un même milieu, une onde transversale n'a pas la même vitesse qu'une onde longitudinale.

#### Remarque :

Un milieu peut absorber une partie de l'énergie transportée par la perturbation qui s'y déplace : on dit qu'il y a amortissement, les caractéristiques de l'onde sont alors modifiées.

### 2. VITESSE DE PROPAGATION D'UNE ONDE

- La propagation se fait avec une certaine vitesse appelée aussi célérité

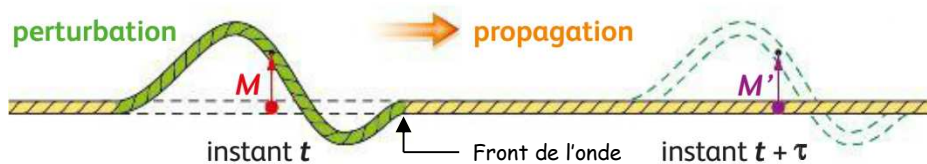
- On appelle **célérité**  $v$  d'une onde sa vitesse de propagation. C'est le rapport entre la distance  $d$  parcourue par l'onde et la durée  $\Delta t$  du parcours :

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

$v$  : vitesse de l'onde en  $m \cdot s^{-1}$   
 $d$  : la distance parcourue par l'onde (m)  
 $\Delta t$  : Durée du parcours (s)

### 3. RETARD

Lorsqu'une perturbation se propage entre un point M et un point M' d'un milieu de propagation, la durée  $\tau$  (tau) que met cette perturbation pour parcourir la distance MM' est appelée **retard** :

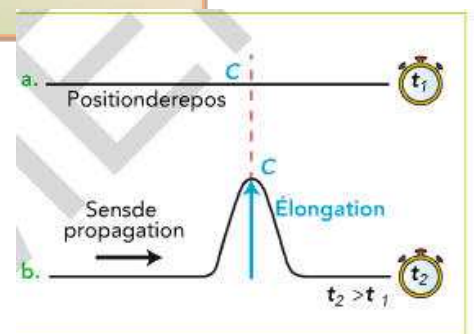


$$v = \frac{MM'}{\tau}$$

$v$  : vitesse de l'onde en  $m \cdot s^{-1}$   
 $MM'$  : la distance parcourue par l'onde (m)  
 $\tau$  : retard (s)

### 4. ELONGATION

Dans le cas des ondes mécaniques, un point est repéré par son élancement (en mètres), c'est-à-dire sa position par rapport à sa position de repos (doc. 6).



Doc. 6 Élongation du point C à deux instants :  
a. l'élongation est nulle ;  
b. l'élongation est non nulle.

## 5. LES ONDES MECANIQUES (PROGRESSIVES) PERIODIQUES

Animation : voir microméga hatier :  $A = 40$   $f = 1$  Hz et périodique sans enregistrement tps pas de points

### 5.1. Définitions

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

### 5.2. La période d'un phénomène périodique

- La période d'un phénomène périodique est la durée au bout de laquelle le phénomène se répète identiquement à lui-même.
- On la note  $T$  et elle s'exprime en secondes (symbole : s) ;

### 5.3. La fréquence d'un phénomène périodique

- La fréquence d'un phénomène périodique représente le nombre de répétitions du phénomène par seconde.
- On la note généralement  $f$  et elle s'exprime en hertz (symbole : Hz) ;

La fréquence et la période sont reliées par la relation :

$$f = \frac{1}{T}$$

$f$  : fréquence en Hertz (Hz)  
 $T$  : Période en secondes (s)

### 5.4. Les ondes mécaniques progressives sinusoïdales

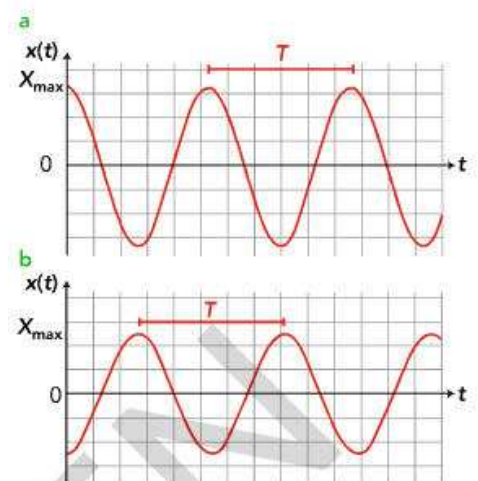
Animation : voir microméga hatier :  $A = 40$   $f = 1$  Hz et périodique sinusoïdale sans enregistrement tps pas de points

- Une onde progressive est sinusoïdale lorsque l'élongation de tout point du milieu de propagation est une fonction sinusoïdale du temps.

#### Remarque :

Un milieu matériel dans lequel la célérité des ondes sinusoïdales dépend de leur fréquence est appelé milieu dispersif :

- Le sillage d'un bateau crée une perturbation comprenant plusieurs ondes sinusoïdales et un observateur sur le rivage voit arriver successivement des vagues plus ou moins espacées (longueurs d'onde plus ou moins grandes) : l'eau est un milieu dispersif ;
- Lors d'un concert, on perçoit les sons aigus et les sons graves simultanément, toutes les fréquences se propagent à la même vitesse : l'air est un milieu non dispersif pour les ondes sonores.



Doc. 9 Élongation au cours du temps pour une fonction de la forme :

$$x(t) = X_{\max} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t + \Phi\right)$$

- a. la phase à l'origine est nulle ;
- b. la phase à l'origine est non nulle.

## 6. DOUBLE PERIODICITE

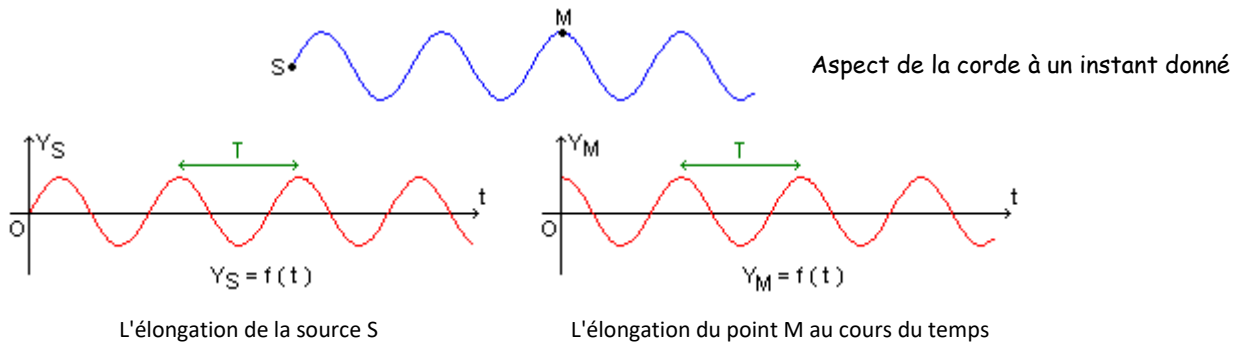
Animation : vidéo Périodicités spatiale et temporelle-music.mp4

Une onde présente une double périodicité :

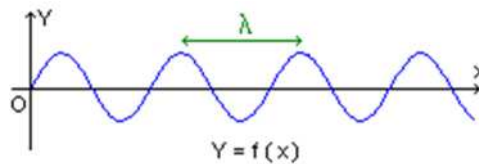
- Une **périodicité temporelle de période T** (exprimée en seconde).
- Une **périodicité spatiale de période  $\lambda$**  (exprimée en mètre).

### 6.1. Périodicité temporelle

**1 point du milieu est tjrs perturbé après 1 même intervalle de temps :**  
**On appelle cela la période temporelle ou période notée T (s)**



### 6.2. Périodicité spatiale



**- Toutes les perturbations sont à la même distance les unes des autres :**  
**On appelle cela la période spatiale ou longueur d'onde notée  $\lambda$  (LAMBDA) (en m)**

### 6.3. Relation entre période et longueur d'onde

$$\lambda = v \cdot T$$

$\lambda$  : Longueur d'onde (m)  
 $T$  : Période temporelle (s)  
 $v$  : vitesse (célérité) de l'onde ( $m \cdot s^{-1}$ )

### 6.4. Phase et opposition de phase

Animation : hatier : d = 2 m entre les points et sinusoidales

- 2 ondes sont en phases quand la distance d qui les sépare est un multiple entier de la longueur d'onde

$$d = k \cdot \lambda$$

$\lambda$  : Longueur d'onde (m)  
 $k$  : entier > ou = à 1  
 $d$  : distance en mètres

- 2 ondes sont en opposition de phases quand la distance  $d$  qui les sépare est un multiple entier de la  $\frac{1}{2}$  longueur d'onde

$$d = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

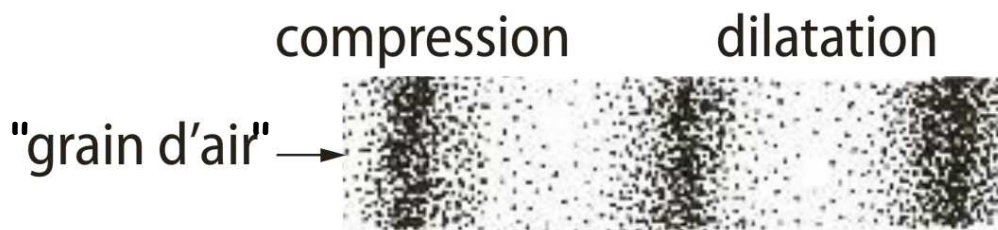
$\lambda$  : Longueur d'onde (m)  
 $k$  : entier > ou = à 0  
 $d$  : distance en mètres

## 7. LES ONDES SONORES

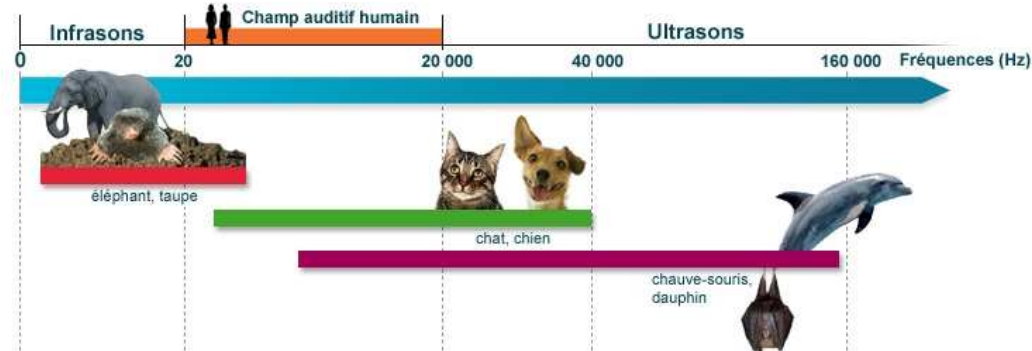
Un son est un phénomène périodique de nature ondulatoire : la source (vibration de la membrane d'un haut-parleur, par exemple) engendre une suite de compressions et de dilatations de l'air jusqu'au récepteur qui se met à vibrer.

### 7.1. Définition

Une onde sonore (aussi appelée onde acoustique) est la propagation d'un phénomène périodique constitué d'une suite de compressions et de dilatation du milieu de propagation (petites variations locales de la pression du milieu). Il s'agit d'une onde mécanique progressive qui se propage dans un milieu matériel mais pas dans le vide.



### 7.2. Domaines de fréquences des ondes sonores :



**Remarque :**

Dans le domaine des fréquences audibles, on distingue :

Les sons graves dont les fréquences sont faibles ;

Les sons aigus dont les fréquences sont élevées.