



## Chapitre 16 : Ondes mécaniques.

### Notions abordées en seconde

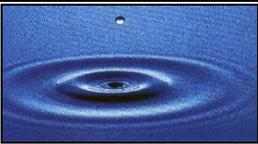
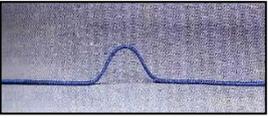
Signal sonore, propagation, vitesse de propagation, fréquence, période.

## I. Onde mécanique progressive.

### 1) Exemples et définitions.

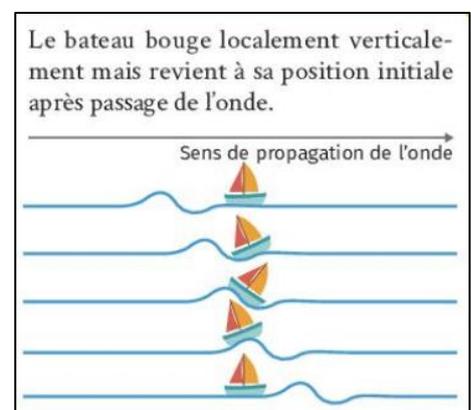
- Produire une perturbation et visualiser sa propagation dans des situations variées, par exemple : onde sonore, onde le long d'une corde ou d'un ressort, onde à la surface de l'eau.

#### Quelle différence entre onde mécanique et onde électromagnétique ?

			milieu	Transport de matière	cause
	La vague se propage	Onde mécanique	eau	non	Goutte
	son	Onde mécanique	air	non	Mouvement HP
	lumière	Onde électromagnétique (lumineuse)	Air, vide	non	Phénomène électrique
	Vent	Pas une onde	air	oui	
	Mouvement corde	Onde mécanique	corde	non	Main

Une onde est une perturbation qui se propage. Une onde électromagnétique peut se propager dans le vide, contrairement aux ondes mécaniques qui ne se propagent que dans la matière.

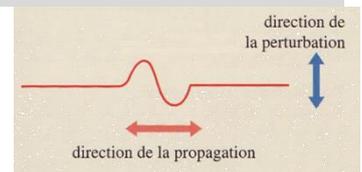
Une onde est dite mécanique si la propagation de la perturbation nécessite un milieu de propagation ;  
 Une onde mécanique est la propagation d'une perturbation sans transport de matière dans un milieu matériel mais avec transport d'énergie.



## Thème 4 : Ondes et signaux.

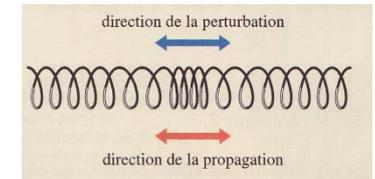
Une onde est transversale si la direction du mouvement des éléments du milieu de propagation est orthogonale à la direction de propagation.

Exemple : la corde, surface de l'eau



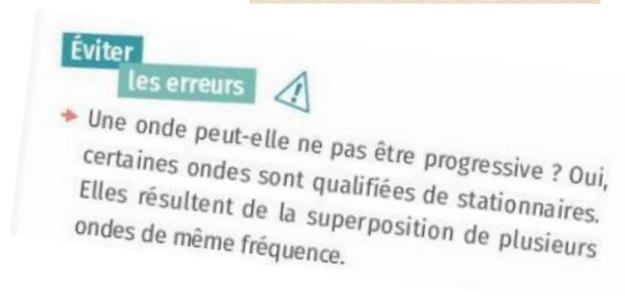
Une onde est longitudinale si la direction du mouvement des éléments du milieu de propagation est parallèle à la direction de propagation.

Exemple : le ressort, le son



On appelle **onde progressive** une onde qui se propage sans se déformer et qui avance dans l'espace. Elle se caractérise par sa continuité.

A l'inverse, une onde de choc est un type d'onde, mécanique ou d'une autre nature, associé à l'idée d'une transition brutale. **Elle peut prendre la forme d'une vague de haute pression**, et elle est alors souvent créée par une explosion ou un choc de forte intensité.



Une onde mécanique progressive à une dimension est une onde qui se propage dans une seule direction.

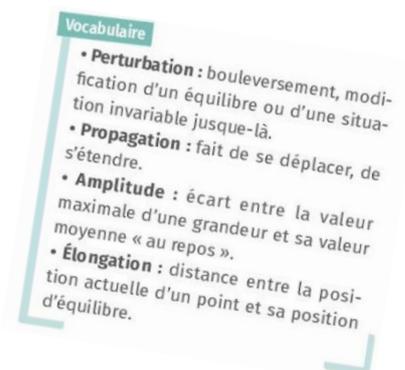
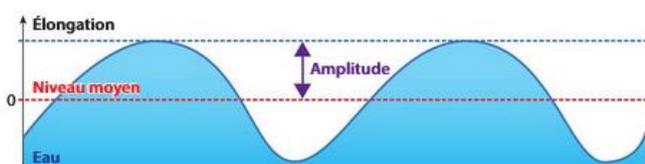
Une onde progressive à une dimension a pour direction de propagation une droite, c'est le cas d'une corde, d'un ressort.

Une onde à la surface de l'eau à deux dimensions, une onde sonore à trois dimensions.

## 2) Description d'une onde.

- Expliquer, à l'aide d'un modèle qualitatif, la propagation d'une perturbation mécanique dans un milieu matériel.
- Décrire, dans le cas d'une onde mécanique progressive, la propagation d'une perturbation mécanique d'un milieu dans l'espace et au cours du temps : houle, ondes sismiques, ondes sonores, etc.

La position d'un point d'une onde est repérée par son élongation.



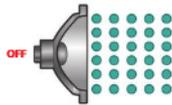
Exemples d'onde mécanique	Onde le long d'une corde	Onde le long d'un ressort	Onde sonore dans l'air
Milieu élastique de propagation	Corde	Ressort	Air
Élongation (grandeur physique qui varie)	Distance d'un point de la corde par rapport à sa position de repos	Distance de la position d'une spire par rapport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

Nous avons vu que pour une onde mécanique, il n'y a pas de transport de matière (pas de déplacement de la matière ou se propage la matière – exemple du bateau).

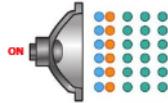
## Thème 4 : Ondes et signaux.

### Exemple du son :

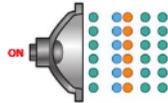
Le milieu matériel dans lequel se propage une perturbation est constitué d'un grand nombre d'**entités**. Par exemple, l'air est constitué d'un grand nombre de molécules.



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

### Exemple de la « ola » :

La perturbation « levée des mains » se propage sans déplacement.



## 3) Etude expérimentale d'une onde.

- Mettre en œuvre un dispositif expérimental permettant d'illustrer la propagation d'une perturbation mécanique.
  - Mettre en œuvre un dispositif expérimental permettant de collecter des données sur la propagation d'une perturbation mécanique (vidéo, chronophotographie, etc.).
- La cuve à onde.
  - Utilisation d'un logiciel de pointage : Avimeca et Regressi (voir chapitre mécanique).
  - Logiciel de chronophotographie : application Cliché Mouvement ou Motion Shot.

## II. Grandeurs physiques associées à une onde : célérité et retard.

### 1) Célérité d'une onde.

- Exploiter la relation entre la durée de propagation, la distance parcourue par une perturbation et la célérité, notamment pour localiser une source d'onde.
- Déterminer, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur ou d'un smartphone, une distance ou la célérité d'une onde.
- Illustrer l'influence du milieu sur la célérité d'une onde

**La vitesse à laquelle la perturbation se propage s'appelle la célérité de l'onde.**

On appelle célérité la vitesse de propagation de l'onde, pour la distinguer de la vitesse de déplacement d'un corps.

La célérité d'une onde mécanique dépend du milieu de propagation. C'est une caractéristique du milieu de propagation. Elle ne dépend pas de l'amplitude de la déformation.

$$v = \frac{d}{\Delta t} \begin{cases} v & \text{célérité m / s} \\ d & \text{distance parcourue m} \\ \Delta t & \text{durée de parcours s} \end{cases}$$

Onde	Son	Son	Sismique	Vague
Milieu de propagation	Air	Eau	Terre/roche	Eau
$v(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	340	1500	1500 à 5000	0,1 à 10 voire plus

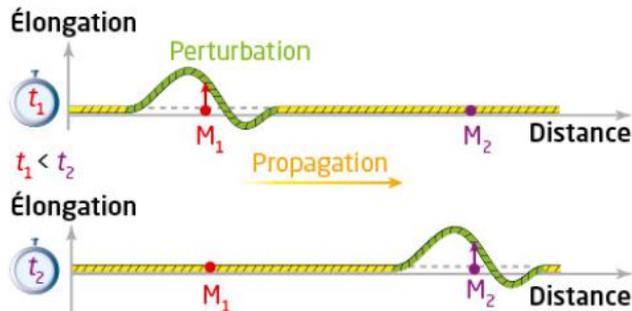
## 2) Le retard.

Soient deux points  $M_1$  et  $M_2$  atteints successivement par une onde mécanique progressive à une dimension (doc. 5) :

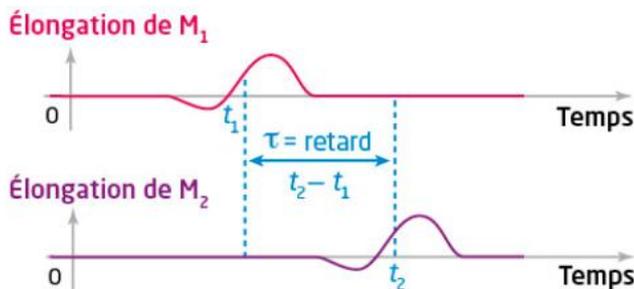
- Le point  $M_2$  subit la même déformation que le point  $M_1$  avec un retard  $\tau$ .
- Le retard  $\tau$  est la durée mise par l'onde pour parcourir la distance  $M_1M_2$ .

### LETTRE GRECQUE

La lettre grecque tau, d'écriture  $\tau$ , est la 19<sup>e</sup> lettre de l'alphabet grec. Elle est souvent utilisée en physique-chimie pour désigner une durée.



a. Description dans l'espace de la propagation de la perturbation aux dates  $t_1$  et  $t_2$ .



b. Description au cours du temps du passage de la perturbation aux points  $M_1$  et  $M_2$ .

## III. Ondes mécaniques périodiques.

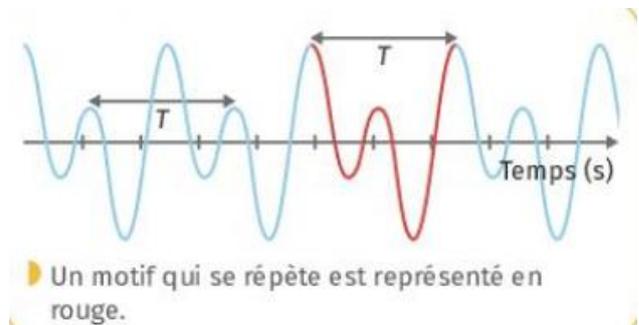
### 1) Période et fréquence.

- Déterminer les caractéristiques d'une onde mécanique périodique à partir de représentations spatiales ou temporelles.

Lorsque le phénomène qui crée l'onde est périodique (vibration des ailes d'un moustique, gouttes qui tombent d'un robinet sur la surface de l'eau dans l'évier, etc.), les différentes ondes successives n'en forment plus qu'une appelée onde périodique.

Une onde périodique apparaît quand la perturbation se répète, identique à elle-même, sur un intervalle de temps régulier appelé période. Visuellement, un motif se répète.

Une onde périodique de période  $T$  (exprimée en s) est aussi caractérisée par sa fréquence  $f$  (en Hertz, de symbole Hz) :



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

## 2) Double périodicité.

- Distinguer périodicité spatiale et périodicité temporelle.
- Justifier et exploiter la relation entre période, longueur d'onde et célérité.
- Déterminer les caractéristiques d'une onde mécanique périodique à partir de représentations spatiales ou temporelles.
- Déterminer la période, la longueur d'onde et la célérité d'une onde progressive sinusoïdale à l'aide d'une chaîne de mesure.

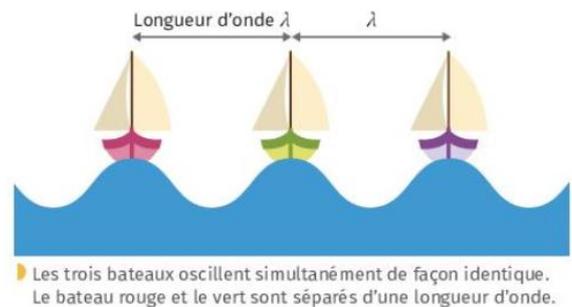
Une onde mécanique progressive est périodique si elle présente une double périodicité : spatiale et temporelle.

Périodicité spatiale.

**On appelle période spatiale d'une onde la plus petite distance séparant deux motifs identiques successifs.**

**La période spatiale d'une onde sinusoïde est appelée longueur d'onde et notée  $\lambda$  en mètre.**

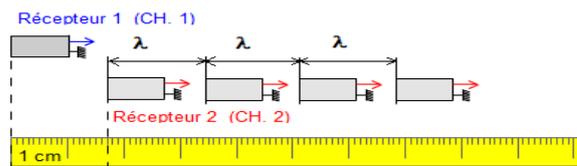
La longueur d'onde  $\lambda$  est la distance parcourue par l'onde progressive sinusoïdale pendant une période  $T$ .



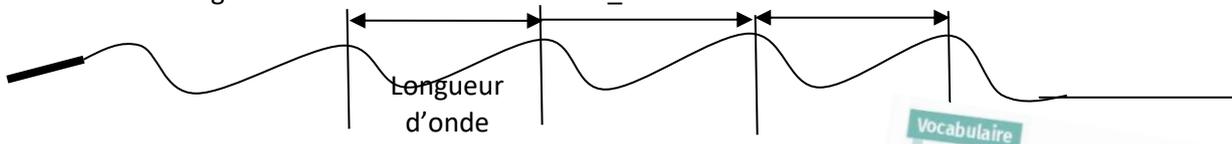
La longueur d'onde  $\lambda$  est la distance parcourue par l'onde ayant une célérité  $v$  pendant une période  $T$  :  $\lambda = v \cdot T$ .

Exemples : comment déterminer la période spatiale.

- onde sonore :



- onde le long d'une corde : animation « onde\_corde »



**Vocabulaire**

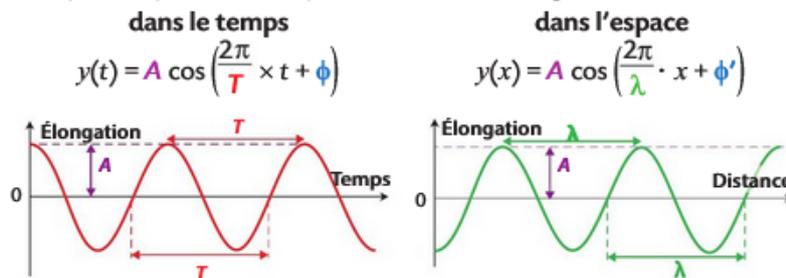
- **Période** : durée au bout de laquelle le phénomène périodique se reproduit de manière identique. Notée  $T$ , en s.
- **Fréquence** : nombre de périodes dans une seconde. Notée  $f$ , en Hz :  $1\text{Hz} = \frac{1}{\text{s}} = 1\text{s}^{-1}$ .
- **Longueur d'onde** : plus petite distance entre deux points du milieu qui oscillent simultanément de manière identique.

### 3) Ondes sinusoïdales.

- **Capacités numériques** : Représenter un signal périodique et illustrer l'influence de ses caractéristiques (période, amplitude) sur sa représentation. Simuler à l'aide d'un langage de programmation, la propagation d'une onde périodique.
- **Capacité mathématique** : Utiliser les représentations graphiques des fonctions sinus et cosinus.

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 :



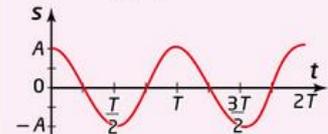
$A$  est l'amplitude,  $T$  est la période,  $\lambda$  est la longueur d'onde,  $\phi$  et  $\phi'$  sont les phases à l'origine.

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

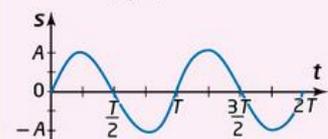
#### POINT MATHS

Représentation des fonctions cosinus et sinus

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



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



- Mettre en œuvre un dispositif permettant de mesurer la période, la longueur d'onde, la célérité d'une onde périodique.