Thème 4 : Ondes et Signaux

Chapitre 8 : Ondes mécaniques

Qu’ont-ils en commun ?

Le son d’un concert, la houle à la surface de l’océan,
l’onde de choc d’un séisme...
Tous sont des exemples de **propagation d’une perturbation**.

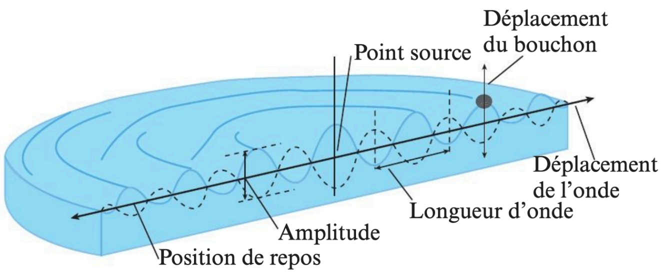
Explorons le modèle qui les unit : l’onde mécanique.

I. Ondes mécaniques progressives

1. Définitions

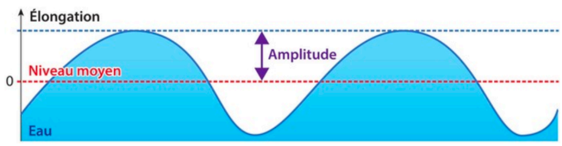
- On appelle onde progressive le phénomène de **propagation** d'une **perturbation** (variation d'une grandeur physique), sans transport de matière, mais avec transport **d'énergie**.
- Il existe 2 types d'ondes progressives : les ondes mécanique et les ondes électromagnétiques.
- Les ondes **mécaniques** nécessitent un **milieu** de propagation (matière).
  Exemple de perturbation : augmentation de la pression, élévation du niveau de l'eau...
- La position d'un point du milieu matériel est repérée par son **élongation**. C'est **l'écart** par rapport à sa position au **repos**.

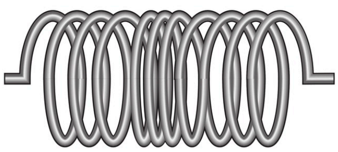
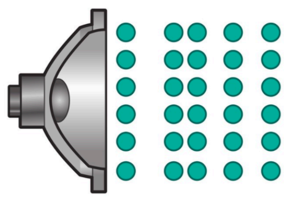
Exemple : Une pierre qui tombe dans une eau calme déforme la surface de l'eau. Cette perturbation (hauteur de la surface) se propage en partant du point d'impact (source). C'est une onde mécanique progressive.



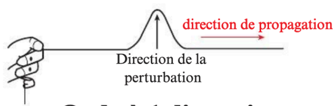
Onde à la surface de l'eau

A un instant t donné :

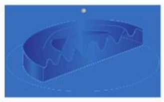


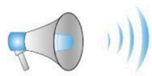
Exemples d'onde mécanique	Onde le long d'une corde 	Onde le long d'un ressort 	Onde sonore dans l'air 
Milieu élastique de propagation	Corde	Ressort	Air
Élongation (grandeur physique qui varie)	Distance d'un point de la corde par rapport à sa position de repos	Distance de la position d'une spire par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

- La propagation de l'onde peut se produire dans un espace à plusieurs dimensions :



Onde à 1 dimension

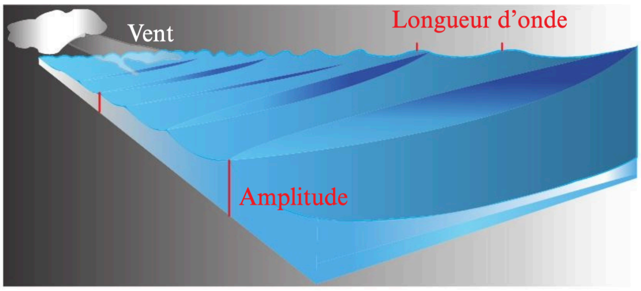

Onde à 2 dimensions


Onde à 3 dimensions

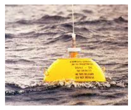
2. Exemples

- La houle :

  c'est le mouvement ondulatoire de la surface de la mer, causée par le vent. On peut la détecter à l'aide de bouées houlographes ou de radars.

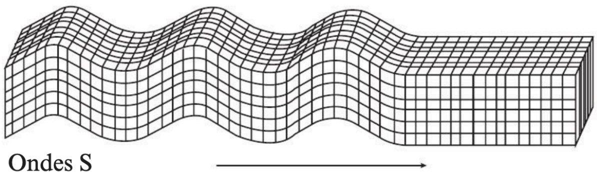


Formation de la houle



- Les ondes sismiques :

  Lors d'un séisme, les déformations subies par la Terre à l'épicentre se propagent sous forme d'ondes de différents types. Elles sont détectées à l'aide d'un sismomètre.



Un exemple d'onde sismique

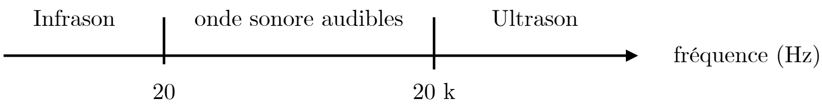
Il existe aussi les ondes P, L et R

- Les ondes sonores :

  Elles correspondent à la propagation d'une variation de pression.

Compression et dépression des molécules présentes dans l'air

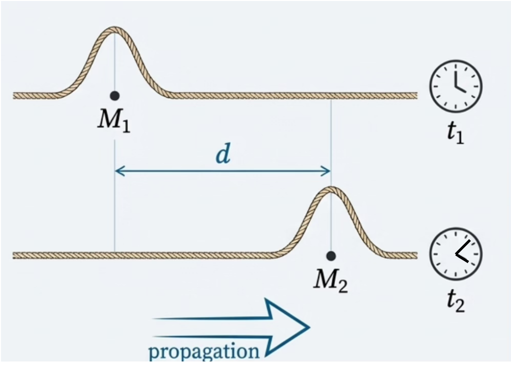
Rappel :



II. Célérité des ondes mécaniques progressives

1. Définition

- Soit la propagation d'une perturbation le long d'une corde vibrante :



- Soit t_1 et t_2, les instants où l'onde progressive atteint respectivement les points M_1 et M_2. On a v la célérité de cette :

$$v = \frac{d}{\Delta t} \qquad \left| \begin{array}{l} d \text{ en m} \\ \Delta t = t_2 - t_1 \text{ en s} \\ v \text{ en m.s}^{-1} \end{array} \right.$$

Remarque : On préfère le mot célérité au mot vitesse auquel est associée la notion de déplacement de matière.

- La célérité de l'onde est influencée par les caractéristiques du milieu de propagation (compressibilité, température...), ainsi que par sa nature (eau, air...). => v dépend du milieu (pour une même onde).

2. Notion de retard

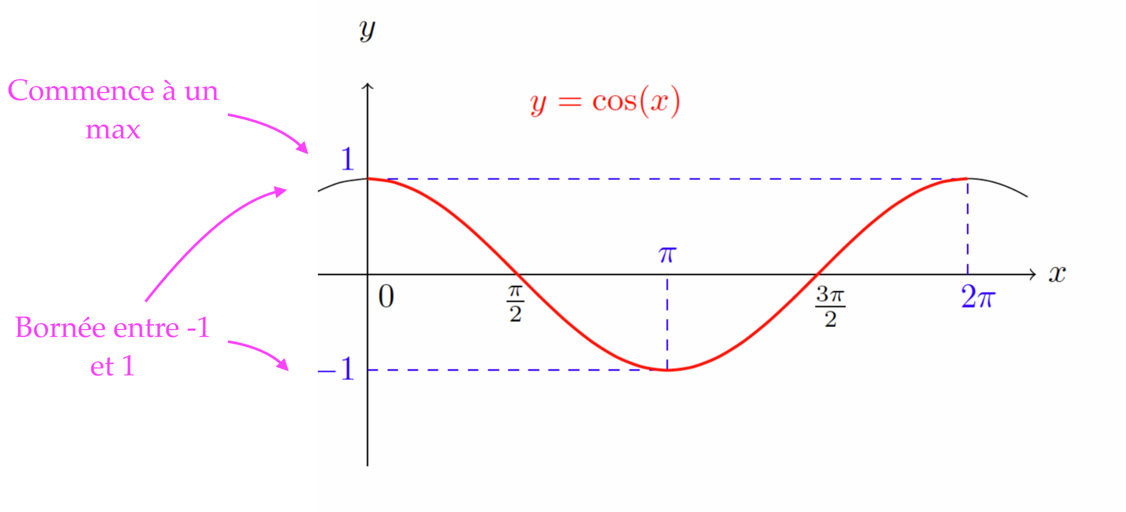
- Lorsqu'une onde de célérité v se déplace, la perturbation qu'elle provoque en un point M_2 est la même que celle observée en M_1, mais décalée dans le temps. Ce décalage est appelé retard et noté τ (*tau*)

$$\tau = \frac{M_1M_2}{v} \qquad \left| \begin{array}{l} M_1M_2 \text{ en m} \\ \tau \text{ en s} \\ v \text{ en m.s}^{-1} \end{array} \right.$$

III. Caractéristiques des ondes mécaniques progressives

- Une onde progressive est **périodique (OPP)** si la perturbation se répète, **identique** à elle-même, **régulièrement** au cours du temps.
- Elle est **sinusoïdale** si les variations de la perturbation se font en suivant la fonction mathématique **cosinus**.

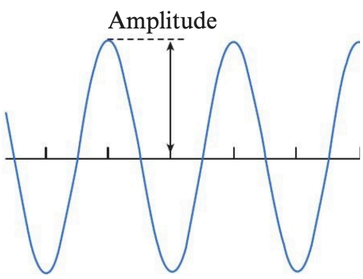
Maths : la fonction cosinus



1. Amplitude

C'est l'ampleur de la perturbation infligée par l'onde sur son milieu de propagation.

C'est la différence entre élongation maximale et élongation médiane (très souvent 0 pour nous).



2. Période temporelle

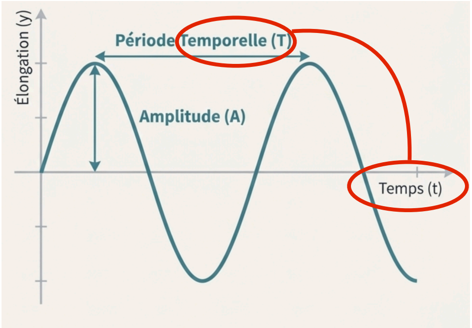
La période est la plus petite durée au bout de laquelle un point du milieu se retrouve dans le même état vibratoire.

Elle est noté T et s'exprime en seconde.

2. Période

La période est la plus petite durée au bout de laquelle un point du milieu se retrouve dans le même état vibratoire.

Elle est noté T et s'exprime en seconde.



IMPORTANT : La période est **caractéristique** de l'onde. Elle ne dépend pas du milieu de propagation.

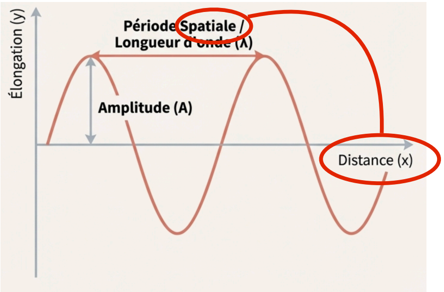
Concept lié : la **fréquence.**

La **fréquence** f est **l'inverse** de la **période** T :

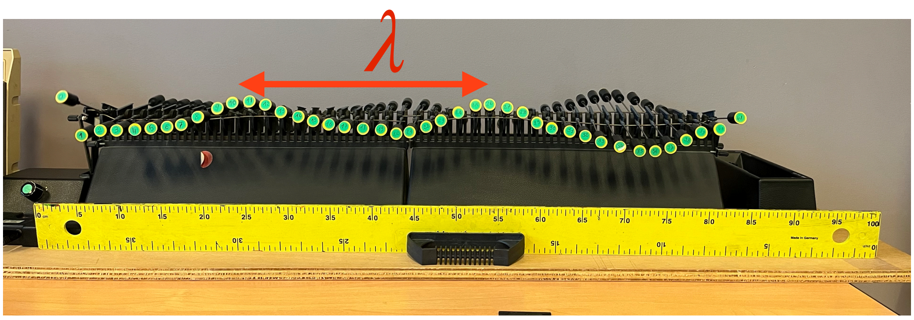
$$f = \frac{1}{T} \quad \left| \begin{array}{l} T \text{ en s} \\ f \text{ en Hz} \end{array} \right.$$

4. Période spatiale (longueur d'onde)

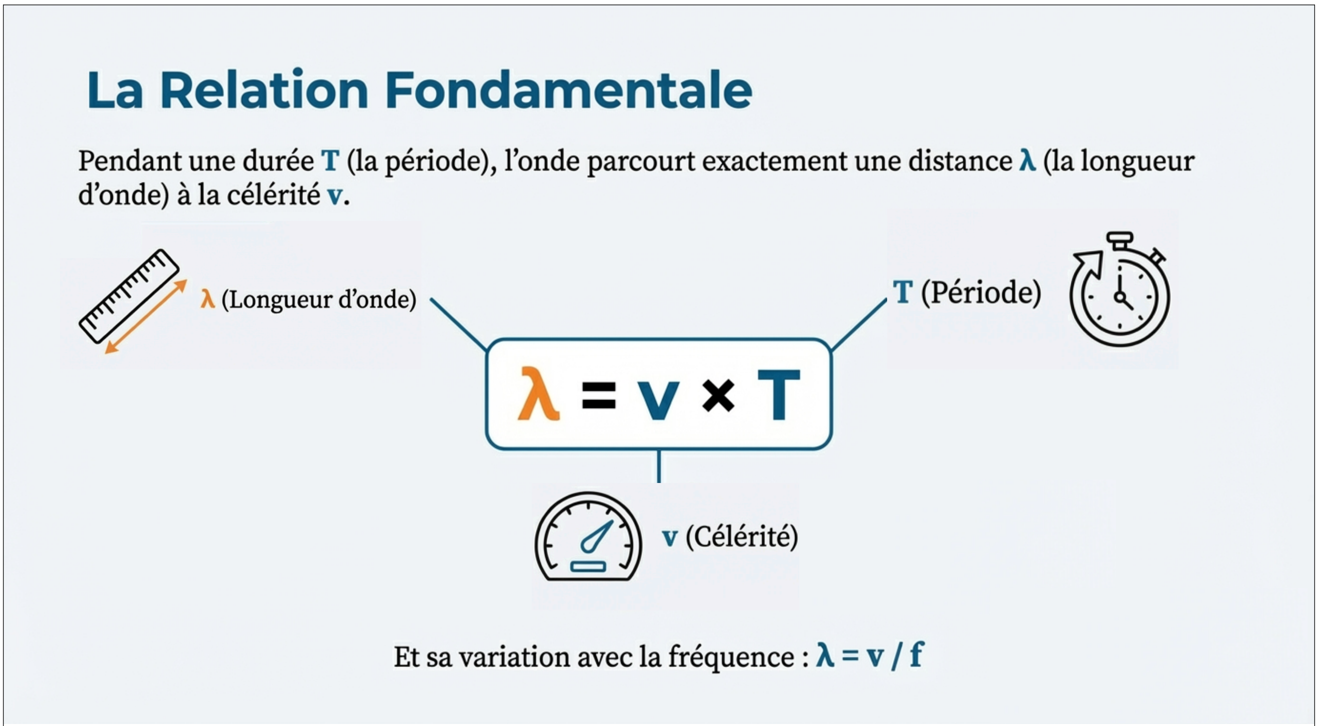
La longueur d'onde est la plus petite distance séparant deux points du milieu qui vibrent en phase (dans le même état vibratoire) au même instant.



« Photographie » de l'onde à un instant t



Remarque : La célérité de l'onde dépend du milieu de propagation, donc la longueur d'onde en dépend aussi (contrairement à la période T).

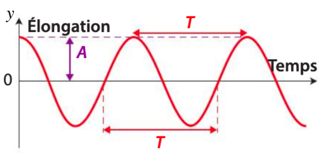


5. Modélisation

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**.

- Modélisation temporelle : élongation y d'un point en fonction du temps t s'écrit :



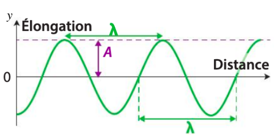
$$y(t) = A \times cos(\frac{2\pi}{T} \times t + \phi)$$

phase à l'origine (décrit l'état initial)

Amplitude

période

- Modélisation spatiale : élongation y en fonction de la position x s'écrit :



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

phase à l'origine (décrit l'état initial)

Amplitude

longueur d'onde (période spatiale)

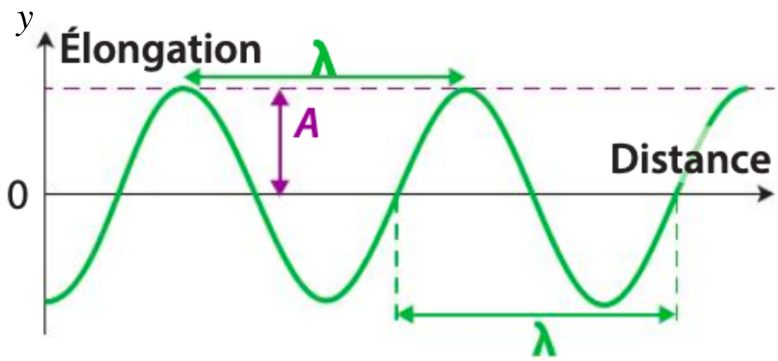
- Modélisation spatiale : « Photographie » de l'onde à un instant t, l'élongation yen fonction de la position x s'écrit :

phase à l'origine (décrit l'état initial)

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

Amplitude

longueur d'onde (période spatiale)



<u>Astuce pour trouver la phase à l'origine :</u>

<u>Modélisation</u> : il faut **<u>calculer</u>** y(t) (ou y(x)) pour t=0 (ou x=0)

$y(t) = Acos(\frac{2\pi}{T} \times t + \phi)$

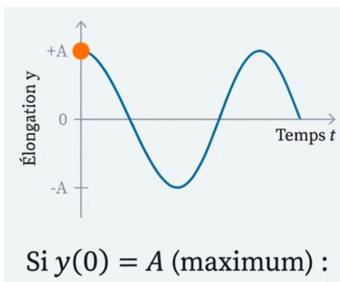
$y(0) = Acos(\frac{2\pi}{T} \times 0 + \phi)$

$y(0) = Acos(\phi)$

<u>Lecture graphique</u> : On **<u>lit</u>** la valeur de y à l'origine.

Si à l'origine la courbe commence par un maximum :

$y(0) = A$



On a donc : $y(0) = A$

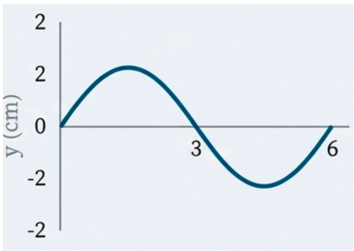
$y(0) = Acos(\phi)$

$A = Acos(\phi)$

$cos(\phi) = 1$

$\phi = 0$ rad

Si la courbe passe par 0 à l'origine :



$$y(0) = 0$$

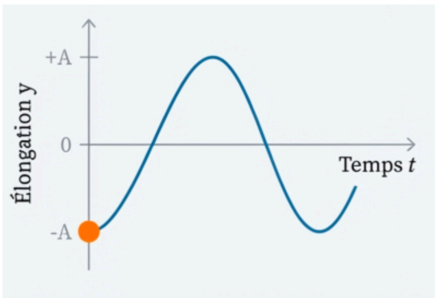
On a donc : $y(0) = A\cos(\phi)$

$$0 = A\cos(\phi)$$

$$\cos(\phi) = 0$$

$$\phi = \frac{\pi}{2}$$

Si la courbe commence par un minimum à l'origine :



$$y(0) = -A$$

$$y(0) = A\cos(\phi)$$

$$-A = A\cos(\phi)$$

$$\cos(\phi) = -1$$

$$\phi = \pi$$