

1 Propagation d'une onde mécanique progressive

► Onde mécanique progressive

Une onde mécanique est le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel dit « compressible » ou « élastique » pour permettre une perturbation.

Remarque. Par définition, une onde mécanique ne peut exister que dans un milieu matériel contrairement à une onde électromagnétique, comme la lumière visible, qui peut se propager dans le vide : la lumière du Soleil traverse le vide de l'espace avant de nous parvenir.

On parlera d'onde mécanique progressive quand la perturbation se propage de proche en proche.

Il est important de noter que c'est bien une perturbation qui se propage dans un milieu et non la matière qui se propage (FIG. 1).

Une onde mécanique progressive est le phénomène de **propagation d'une perturbation dans un milieu matériel** (sans transport de matière).

APPROFONDISSEMENT SCIENTIFIQUE

Lorsque la perturbation a la même direction que celle de la propagation de l'onde, on dit qu'elle est **longitudinale** (FIG. 2 A). Lorsqu'elle a une direction perpendiculaire on dit qu'elle est **transversale** (FIG. 2 B).

► Célérité

Le terme « célérité » est employé pour désigner la vitesse d'une onde. Il permet d'insister sur le fait qu'il n'y a pas propagation de matière.

La relation entre la célérité v d'une onde mécanique progressive, onde sonore, la distance d parcourue par la perturbation et la durée Δt de propagation est la suivante :

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

célérité de l'onde (en $m \cdot s^{-1}$) → $v = \frac{d}{\Delta t}$ ← distance parcourue par la perturbation (en m)
 ↑ durée pour parcourir la distance d (en s)

► Retard

Une perturbation qui se propage selon une seule direction atteint un point M à l'instant t , puis elle atteint un point M' à l'instant t' . La grandeur $\tau = t' - t$ est appelée le retard (FIG. 3).

Le retard est la **différence de temps** ou durée que met une perturbation pour se propager dans une direction donnée d'un point à un autre.

On parle de retard car la perturbation se transmet de proche en proche et le mouvement du point M' est le même que celui de M mais avec un décalage dans le temps.

La célérité peut s'écrire alors :

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

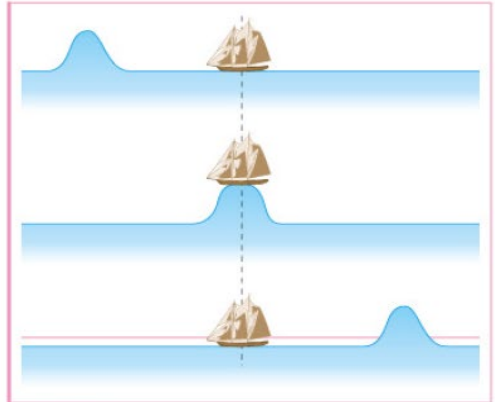


FIG. 1 La perturbation s'est propagée à la surface, l'objet flottant a retrouvé sa position initiale.

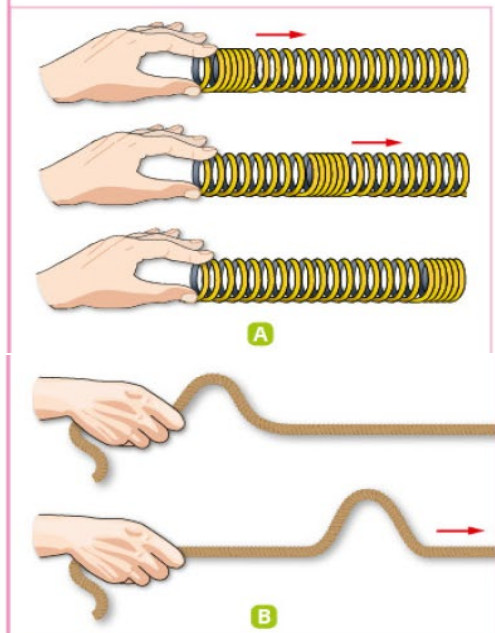


FIG. 2 Propagation d'une onde le long d'un ressort A et le long d'une corde B.

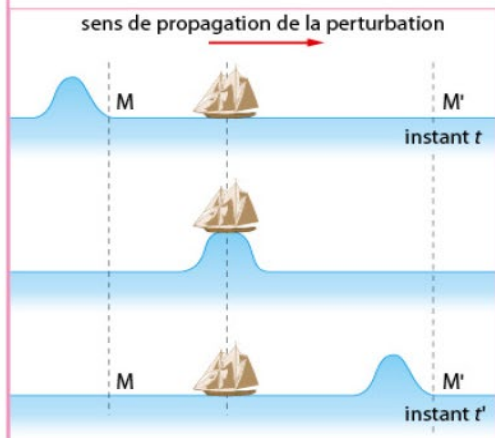


FIG. 3 La grandeur $\tau = t' - t$ est appelée le retard.

2 Onde mécanique périodique, onde sinusoïdale

► Onde périodique

Un phénomène périodique se reproduit régulièrement.

Une onde mécanique progressive est qualifiée de périodique si **la perturbation** qu'elle génère en un point quelconque du milieu de propagation est **périodique**.

Un phénomène périodique est caractérisé par la durée au bout de laquelle il se répète. Cette durée s'appelle la période.

On parle d'onde mécanique sinusoïdale quand **la perturbation** qu'elle génère en un point quelconque du milieu de propagation est **une fonction sinusoïdale du temps**.

Un ébranlement à la surface de l'eau peut provoquer la propagation d'une onde sinusoïdale sur une certaine durée (FIG. 4).

► Période et fréquence

La **période T** d'un phénomène périodique est le plus petit intervalle de temps au bout duquel le phénomène se reproduit identique à lui-même. La période s'exprime en **seconde (s)**.

Sa **fréquence f** est le nombre de fois que le phénomène se reproduit en 1 seconde. La fréquence s'exprime en **Hertz (Hz)**.

La fréquence est l'inverse de la période. On a la relation suivante :

$$\text{fréquence (en Hz)} \longrightarrow f = \frac{1}{T} \longleftarrow \text{période (en s)}$$

En chaque point du milieu de propagation, la perturbation créée par une onde mécanique progressive périodique a la **même période** que la vibration de la source qui émet l'onde.

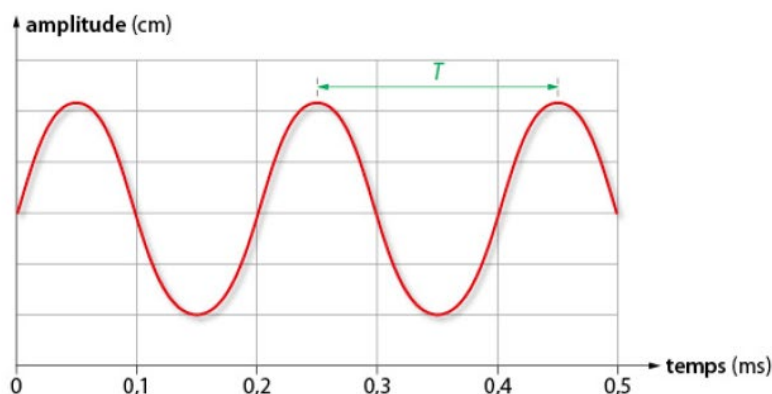
EXEMPLE

Un papillon tombé à l'eau bat des ailes à raison de 5 battements par seconde, générant ainsi une onde progressive de fréquence 5 Hz (FIG. 5).

La période correspondante est donnée par l'inverse de la fréquence :

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

$$\text{AN : } T = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ s.}$$



UN PONT VERS LES MATHS

Une courbe est dite sinusoïdale lorsqu'elle a l'allure suivante :



Une telle courbe peut être décrite par la fonction sinus : $f(x) = \sin x$. Le tracé d'une tension sinusoïdale en fonction du temps est une courbe sinusoïdale.



FIG. 4 Propagation d'une onde sinusoïdale sur une certaine durée.

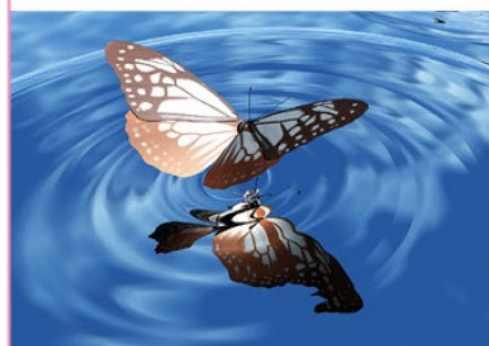


FIG. 5 La fréquence de l'onde générée par le papillon est égale à celle du battement de ses ailes.

3 Longueur d'onde

► Période temporelle et période spatiale

On considère un milieu matériel compressible dans lequel se propage une onde mécanique progressive périodique.

La longueur d'onde λ est la **plus petite distance** séparant deux points qui vibrent **en phase** (de la même manière et en même temps) (FIG. 6).

Deux points du milieu de propagation distants d'une longueur d'onde vibrent en phase. C'est pourquoi on qualifie la longueur d'onde de **période spatiale**.

EXEMPLE

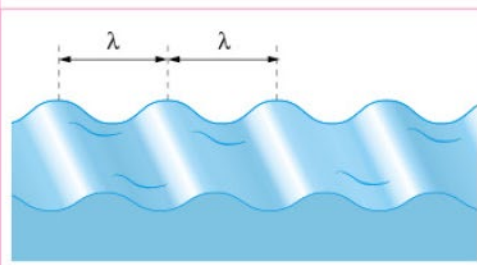
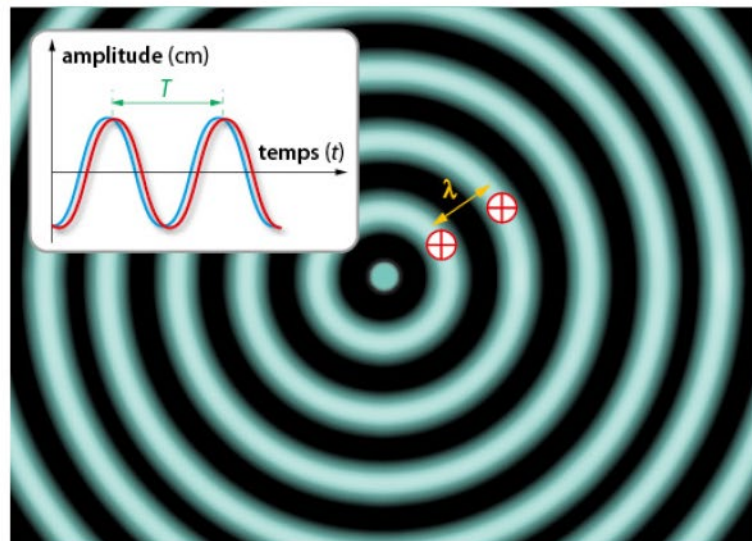


FIG. 6 Longueur d'onde λ d'une onde progressive sinusoïdale à la surface de l'eau.

► Célérité, période et longueur d'onde

On considère une onde mécanique progressive périodique se déplaçant avec une célérité constante v .

Au cours d'une période T , elle a parcouru une distance $v \cdot T$.

Cette distance est la longueur d'onde λ .

La célérité d'une onde progressive, sa période et sa longueur d'onde sont reliées par la relation :

$$\begin{array}{l} \text{célérité de l'onde} \longrightarrow \\ \text{périodique (en } \mathbf{m \cdot s^{-1}} \text{)} \end{array} \longrightarrow \mathbf{v = \frac{\lambda}{T}} \begin{array}{l} \longleftarrow \text{longueur d'onde (en } \mathbf{m} \text{)} \\ \longleftarrow \text{période (en } \mathbf{s} \text{)} \end{array}$$

EXEMPLE

Les dauphins sont capables d'émettre et de capter des ultrasons leur permettant de se localiser par écho (FIG. 7).

Ils émettent ainsi des ondes progressives sinusoïdales de fréquence 50 kHz, qui se propagent dans l'eau avec une célérité de $1\,500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

La longueur d'onde correspondante est : $\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f}$

$$\text{AN : } \lambda = 1\,500 \times \frac{1}{(50 \times 10^3)} = 3,0 \times 10^{-2} \text{ m} = 3,0 \text{ cm.}$$

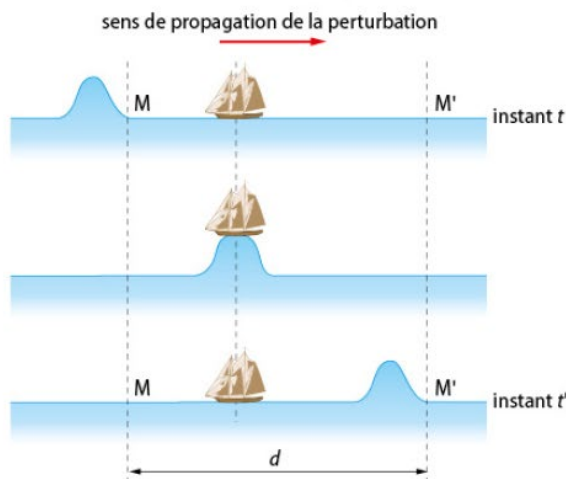
Remarque : Comme la longueur d'onde d'une onde ultrasonore est de l'ordre de grandeur du centimètre, on parle aussi d'onde centimétrique pour la qualifier.



FIG. 7 Un dauphin se repère dans l'espace grâce à des ondes progressives sinusoïdales.

1 Propagation d'une onde mécanique progressive

▶ Une **onde mécanique progressive** est le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel (sans transport de matière).



▶ Une perturbation se propage d'un point M, atteint à un instant t , à un point M', atteint à un instant t' . La grandeur $\tau = t' - t$ est appelée le **retard**.

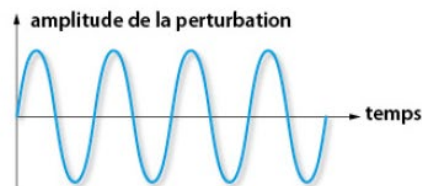
▶ La **célérité** (ou vitesse de propagation) d'une onde mécanique progressive est donnée par la relation :

$$\text{célérité de l'onde (en } \mathbf{m \cdot s^{-1}} \text{)} \rightarrow \mathbf{v = \frac{d}{\Delta t}}$$

← distance parcourue par la perturbation (en m)
← durée pour parcourir la distance d ou retard (en s)

2 Onde mécanique périodique, onde sinusoïdale

▶ Une onde mécanique progressive est **périodique** si la perturbation qu'elle génère en un point du milieu de propagation est périodique. Elle est **sinusoïdale** si cette perturbation est une fonction sinusoïdale du temps.



Évolution de la perturbation en un point

▶ La **période T** d'un phénomène périodique est le plus petit intervalle de temps au bout duquel le phénomène se reproduit identique à lui-même. Elle s'exprime en seconde (s).

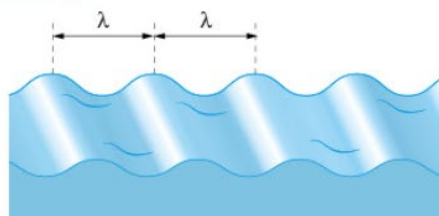
▶ Sa **fréquence f** est le nombre de fois que le phénomène se reproduit à l'identique en 1 seconde. Elle s'exprime en hertz (Hz).

▶ La fréquence et la période d'un phénomène périodique sont liées par la relation :

$$\text{fréquence (en Hz)} \rightarrow \mathbf{f = \frac{1}{T}} \leftarrow \text{période (en s)}$$

3 Longueur d'onde

▶ La **longueur d'onde λ** est la plus petite distance séparant deux points qui vibrent en phase (de la même manière et en même temps).



▶ Une onde mécanique progressive périodique, de période T , qui se déplace avec une célérité v , se propage d'une distance $v \cdot T$ pendant une durée T . Cette distance est la longueur d'onde λ .

▶ La **célérité** d'une onde mécanique progressive périodique, sa période et sa longueur d'onde sont reliées par la relation :

$$\begin{array}{l}
 \text{célérité de l'onde} \\
 \text{périodique (en } \mathbf{m \cdot s^{-1}} \text{)}
 \end{array}
 \rightarrow \mathbf{v = \frac{\lambda}{T}}$$

← longueur d'onde (en m)
← période (en s)

POUR VISUALISER

