

Cours ONDES MECANIQUES

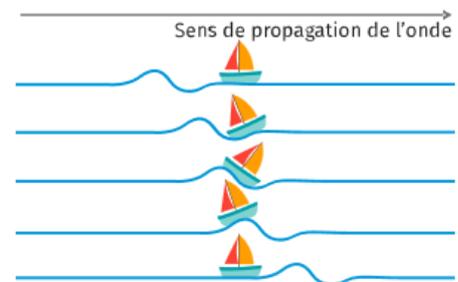
I. ONDES MECANIQUES PROGRESSIVES

1. Qu'est-ce qu'une onde progressive ?

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

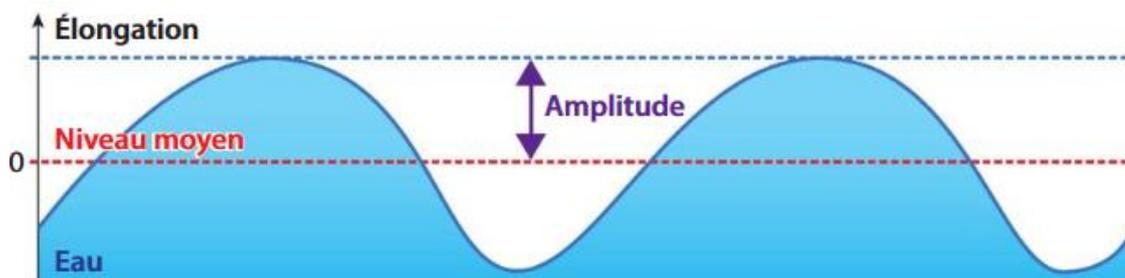
- La perturbation mécanique peut être une variation locale de la position, de la célérité, de la pression, etc.
- L'énergie se transfère de proche en proche mais la matière n'est pas transportée car les points du milieu retrouvent leur position initiale après le passage de la **perturbation**. Un tel milieu qui peut se déformer puis reprendre sa forme initiale est qualifié de milieu **élastique**.

Exemple : Le bateau bouge localement verticalement mais revient à sa position initiale après passage de l'onde

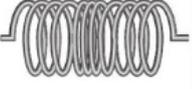
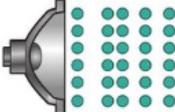


- ✓ La position d'un point du milieu matériel est repérée par son **élongation** : distance entre la position actuelle d'un point et sa position d'équilibre
- ✓ L'élongation maximale est l'**amplitude** de l'onde.

Exemple : La surface de l'eau est schématisée ci-dessous à un instant t



2. Exemples d'ondes mécaniques progressives

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

Les ondes sismiques sont d'autres ondes mécaniques, l'énergie qu'elles transportent peut avoir de graves conséquences

3. Interprétation microscopique

- Lorsqu'un événement perturbe un milieu, ce milieu subit localement une déformation : les entités se déplacent et **s'écartent** 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 **voisins**. De proche en proche, la perturbation se **propage** dans le milieu matériel
- Les entités alors vont et viennent autour de leur position initiale, avec un écart maximal appelé **amplitude**. Ce mouvement est appelé oscillation.

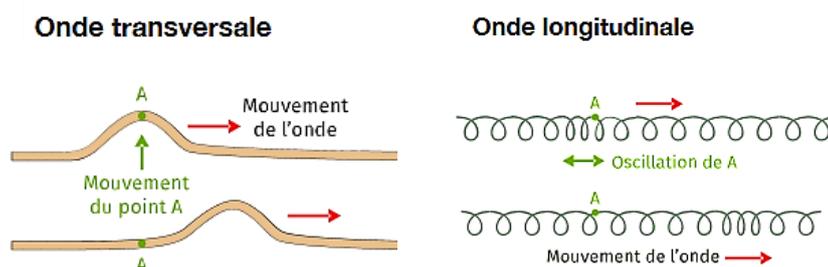
- ✓ Une onde mécanique progressive est la manifestation macroscopique de la modification des **interactions** microscopiques entre les entités du milieu matériel. Écartées de leur position d'équilibre, elles sont soumises à des interactions qui se propagent de **proche en proche**
- ✓ Les ondes mécaniques ont besoin d'un **support** pour se propager (l'air, l'eau, le métal, le bois...)

Remarque : Les ondes électromagnétiques n'ont pas besoin de milieu de propagation. Dans le vide, la lumière se propage, mais pas le **son**.

4. Ondes transversales et ondes longitudinales

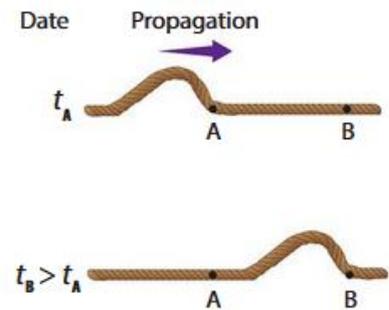
- ✓ Une onde est transversale si la direction de la perturbation est **perpendiculaire** à la direction de propagation de l'onde
- ✓ Une onde est longitudinale si la direction de la perturbation est **parallèle** à la direction de propagation de l'onde

Exemple :



II. CELERITE D'UNE ONDE PROGRESSIVE

- Une perturbation, créée en un point source S, atteint le point A de l'espace à la date t_A et le point B à la date t_B .
- Le décalage temporel entre ces instants est appelé **retard** et noté τ (tau). Il s'exprime en **seconde** dans le système international.



Le retard τ est la durée nécessaire à l'onde progressive pour parcourir la distance d entre 2 points A et B du milieu de propagation :

$$\tau = t_B - t_A$$

Pendant cette durée τ , la perturbation a parcouru la distance d_{A-B} (en mètre).

- ✓ L'onde se propage alors à la **célérité** (vitesse de propagation) : $v_{\text{onde}} = \frac{d_{A-B}}{\tau}$
- ✓ La **célérité** d'une onde dépend du type d'onde et également du **milieu** de propagation

- Plus le milieu est rigide (difficile à déformer) plus la célérité est **grande**. Dans un gaz, plus les particules du milieu sont légères, plus la célérité est grande

Onde	Son	Son	Sismique	Vague
Milieu de propagation	Air	Eau	Terre/roche	Eau
v (m·s ⁻¹)	340	1 500	1 500 à 5 000	0,1 à 10 voire plus

Exemples de domaines d'application :

- la localisation de l'épicentre d'un séisme	- la prévision de l'arrivée d'un tsunami	- l'exploration des organes lors d'une échographie
	<p>2003, 2004 et 2006 : les éruptions de Montserrat et un séisme aux Saintes génèrent des tsunamis avec des vagues atteignant jusqu'à 2 m en Guadeloupe en moins d'une dizaine de minutes.</p>	

III. ONDES MECANIQUES PERIODIQUES

1. Des ondes mécaniques particulières

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.

Exemple : Ondes circulaire à la surface de l'eau. Le goutte à goutte à intervalles de temps réguliers crée une perturbation périodique



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

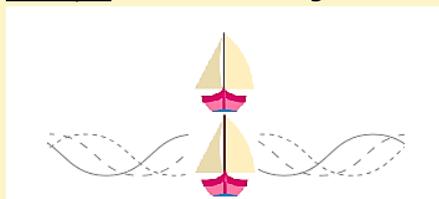
$$f = \frac{1}{T}$$

2. La double périodicité

Une onde périodique présente une double périodicité :

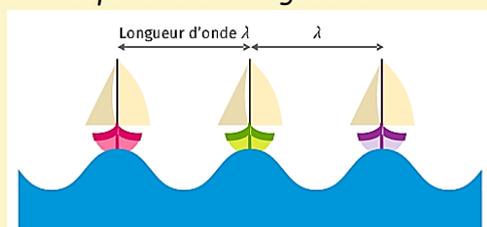
- ✓ Un point, à un instant sur un « sommet » de l'onde périodique, est soumis régulièrement à la même perturbation : il descend, puis remonte en suivant la forme de l'onde. La durée nécessaire pour retrouver la même position est la **période temporelle** (notée T et exprimée en secondes)

Exemple : Le bateau rouge suit la forme de la vague et revient à sa position initiale régulièrement.



- ✓ Deux points espacés qui suivent le même mouvement oscillent de la même façon, avec la même amplitude, en raison de la régularité de l'onde. La distance qui sépare ces points est appelée **longueur d'onde** ou **période spatiale**. On la note λ (lambda) et elle s'exprime en mètre.

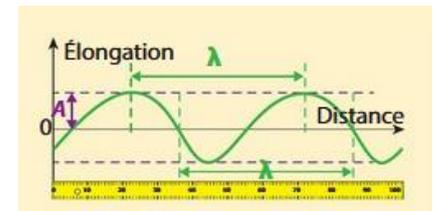
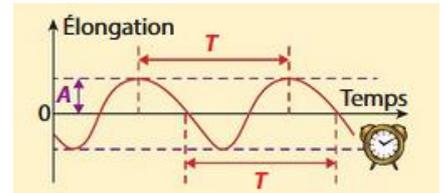
Exemple : Les trois bateaux oscillent simultanément de façon identique. Le bateau rouge et le vert sont séparés d'une longueur d'onde.



La longueur d'onde λ est la distance parcourue par l'onde ayant une célérité v pendant une période T :

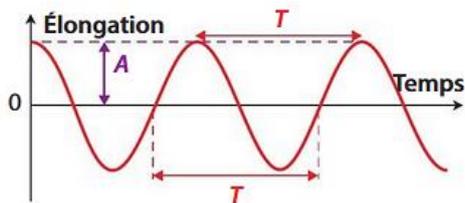
$$\lambda = v \times T$$

- 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 :
- Une représentation spatiale est une « photographie » du milieu à un instant t donné, elle permet de déterminer la longueur d'onde λ et l'amplitude A



3. Ondes sinusoïdales

- L'onde mécanique progressive est dite sinusoïdale si la source vibre selon une fonction sinusoïdale du temps, de période T . Les points du milieu vont vibrer avec une double périodicité temporelle et spatiale. L'évolution temporelle de l'élongation d'un point M du milieu est une fonction sinusoïdale du temps. L'amplitude A de l'onde est la valeur maximale que peut prendre l'élongation.



- L'élongation de chaque point du milieu à une date t est une fonction sinusoïdale de la distance

