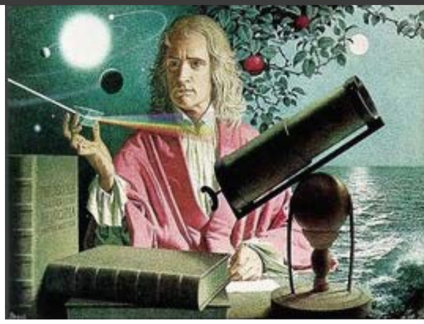
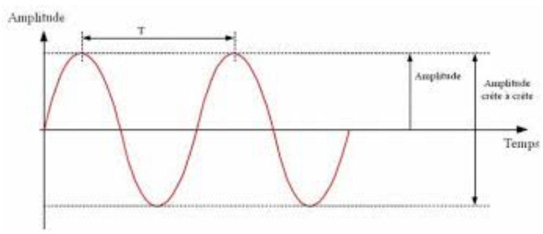
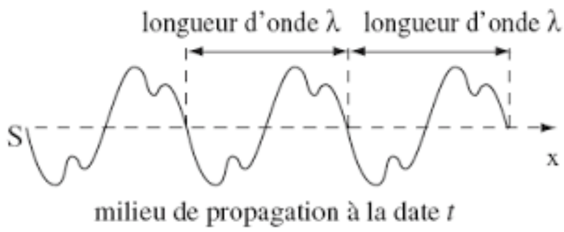
SciencesOz



Spécialité 1ère

P6
Ondes mécaniques





Nadia LAVOIGNAT
Lycée Ozanam MACON

P6 - ONDES MECANIQUES

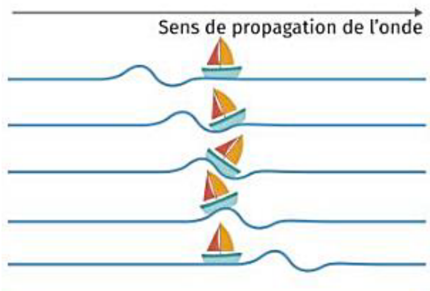
I. Ondes mécaniques progressives

1. Définition

Quand on jette un caillou sur une surface parfaitement calme d'un lac, on crée une **perturbation** : plusieurs petites vagues circulaires se forment et se **propagent**. Au bout de quelques instants, le calme revient, la perturbation a cessé. Cette perturbation qui se propage **dans un milieu matériel** s'appelle une **onde mécanique.**

Un bateau peut être soulevé par une vague. Celle-ci transporte donc avec elle de l'**énergie**. Le bateau revient ensuite à sa position d'équilibre. La vague ne le transporte pas avec elle sur son trajet.

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



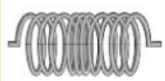
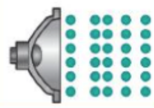
Quand une perturbation se propage, les molécules ou atomes du milieu se déplacent puis reviennent à leur position d'équilibre. Ce déplacement local met alors en mouvement les particules voisines, qui poussent à leur tour les voisines. La perturbation se propage de proche en proche : l'onde est **progressive**.

L'onde mécanique ne s'accompagne donc pas d'un déplacement global de la matière, mais seulement d'un déplacement local et temporaire de particules.

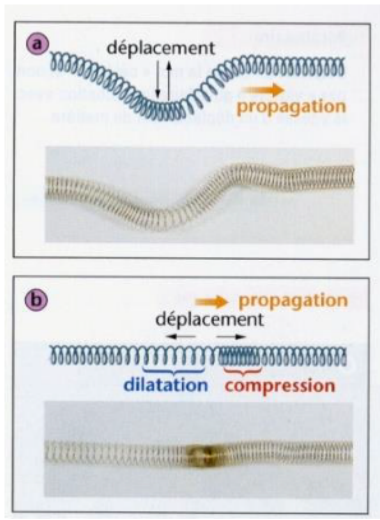
Une onde mécanique progressive est une perturbation qui se propage dans un milieu matériel, sans transport global de matière mais avec transport d'énergie.

Remarque :

Les ondes mécaniques ont besoin d'un support matériel pour se propager (air, eau, métal, bois,…), contrairement aux ondes électromagnétiques qui peuvent se propager dans le vide.

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

2. Ondes transversales et longitudinales



Une onde <u>mécanique progressive</u> est :

- (a) **transversale** <u>si la direction de la perturbation est orthogonale (= perpendiculaire) à la direction de propagation.</u>

Une onde <u>mécanique progressive</u> est :

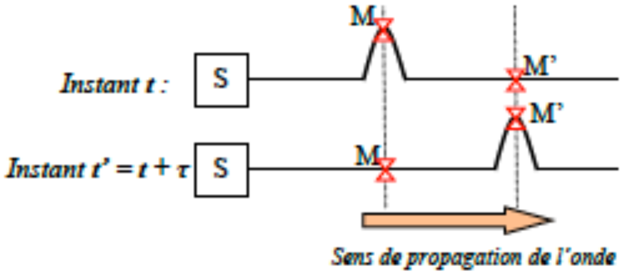
- (b) **longitudinale** <u>si la direction de la perturbation est colinéaire (= parallèle) à la direction de propagation</u>.

Remarque : La perturbation s'accompagne de compressions et dilatations du milieu dans le cas d'une onde longitudinale.

II. Célérité d'une onde mécanique

1. Notion de retard

Lorsqu'une perturbation atteint un point M à la date $\boldsymbol{t}$ puis un point M' à la date $\boldsymbol{t'}$, on peut dire que M' reproduit le mouvement de M avec un **retard** $\boldsymbol{\tau}$



2. La célérité

La célérité d'une onde dépend des caractéristiques du milieu (densité, rigidité…) mais pas de celles de la perturbation (amplitude). Elle reste constante dans un milieu homogène et isotrope.

Ex : célérité du son à 20 °C dans l'air : $v_{air} = 340\ m.s^{-1}$

dans l'eau : $v_{eau} = 1\ 500\ m.s^{-1}$

dans les solides : $v_{solides} = 3\ 000 - 5\ 000\ m.s^{-1}$

Remarque :

Le mot vitesse est utilisé quand il y a un déplacement de matière comme pour le vent ou un véhicule mécanique ; pour les ondes, on préfère le mot célérité.

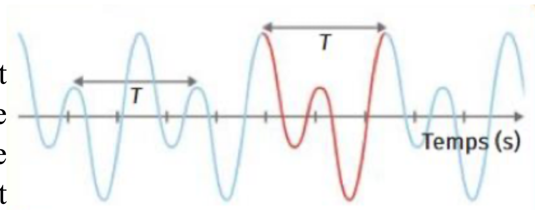
Une onde se propageant d'un point M à un point M' avec un retard τ a une célérité :

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

MM' ou d en m
τ en seconde (s)
v en $m.s^{-1}$

III. Ondes mécaniques progressives périodiques

Quand le phénomène qui crée l'onde mécanique est périodique, chaque point du milieu de propagation subit une perturbation périodique. On peut donc dire que l'onde mécanique qui en résulte est périodique. Sa période est imposée par la source de la perturbation.



Un motif qui se répète est représenté en rouge.

Une onde mécanique progressive est périodique quand la perturbation se répète, identique à elle-même sur un intervalle de temps régulier : la période T.

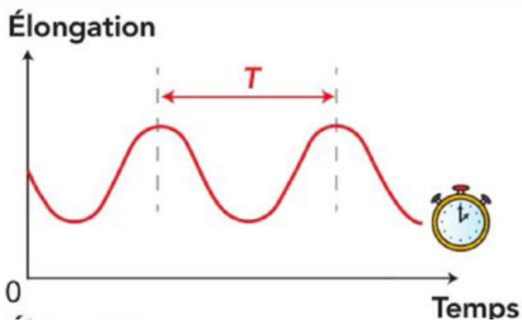
1. La double périodicité des ondes périodiques

Une onde mécanique progressive possède une **double périodicité** :

La ***période temporelle T*** est invariable pour une onde donnée, quel que soit le milieu de propagation.

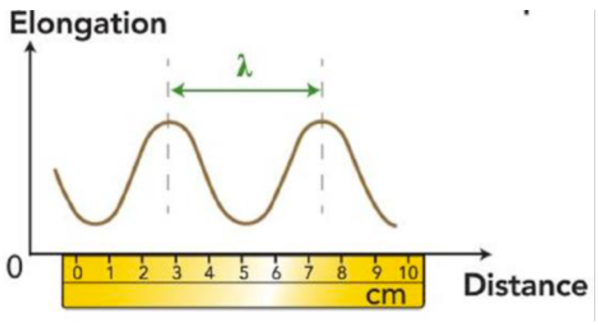
La ***fréquence*** de l'onde est le nombre de périodes par seconde. Elle se note f et se mesure en hertz.

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



La ***période spatiale λ*** correspond à la distance constante séparant deux motifs identiques consécutifs. On parle de la ***longueur d'onde λ***. Elle s'exprime en mètre (*m*).

Par conséquent, deux points du milieu de propagation distants d'une longueur d'onde *λ* vibrent toujours en phase et ont le même mouvement à chaque instant.



<u>Remarques :</u>

- *Les milieux où la célérité de l'onde dépend de sa fréquence sont dits **<u>dispersifs</u>**. Il en est ainsi pour l'eau qui disperse la lumière blanche et révèle des arcs-en-ciel*
- *On peut utiliser le symbole ν (nu) pour la fréquence.*
- *Une nouvelle fois, toutes les caractéristiques restent valables pour toutes les ondes, quelle que soit leur dimension.*

2. Relation entre période, longueur d'onde et célérité

On considère une onde mécanique progressive périodique qui se déplace avec la célérité v :

La longueur d'onde λ correspond à la distance parcourue par l'onde pendant une période T.

distance — temps

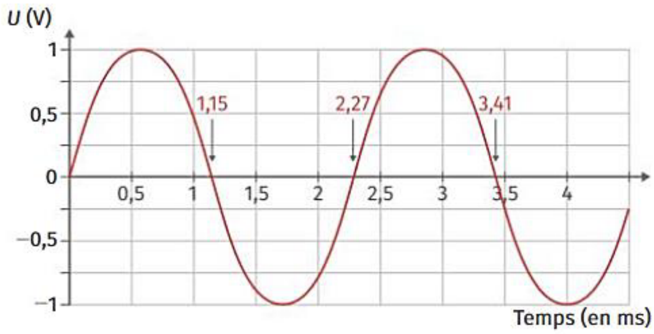
On a donc la relation : $v = \frac{\lambda}{T}$

$$\boxed{\lambda = v \times T = \frac{v}{f}}$$

λ en mètre (m)
v en mètre par seconde ($m.s^{-1}$)
T en seconde (s)
f en hertz (Hz)

3. Les ondes sinusoïdales

Une onde sinusoïdale est un cas particulier d'ondes périodiques pour lequel les variations de la perturbation se font en suivant la fonction mathématique sinus.



<u>Remarques :</u>

- *En pratique, peu d'ondes dans la nature ont une allure sinusoïdale. Toutefois, il est possible de montrer mathématiquement que n'importe quel signal périodique peut être considéré comme une somme de signaux sinusoïdaux.*
- *On peut alors analyser l'onde en étudiant chaque onde sinusoïdale qui la compose.*

<u>Application</u> :

- Donner la période puis la fréquence du son émis par le diapason, dont le signal est donné ci-dessus.
- A quelle note correspond sa hauteur ?
- Calculer sa longueur d'onde dans l'air.

Données

• **Célérité du son dans l'air :** $v_{air} = 340\ m{\cdot}s^{-1}$;

Note	Do3	Ré3	Mi3	Fa3	Sol3	La3	Si3
***f*(Hz)**	262	294	330	349	392	440	494