

Les ondes mécaniques dans la matière

1. Exemple d'ondes mécaniques dans la matière

Voir Activité « Les messages des ondes sismiques ».

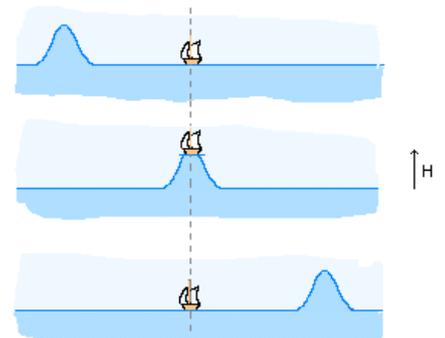
La houle, les tremblements de terre, le son, peuvent être décrits par des ondes mécaniques car ces phénomènes se manifestent par la propagation d'une déformation dans un milieu matériel élastique.

2. Les ondes progressives

1. Expériences

- Voir http://clemspcreims.free.fr/simul_ostralo/onde_corde.swf
- On déplace verticalement et sèchement l'extrémité d'une corde (type corde d'escalade) marquée d'un point de repère.
- On place un bouchon de liège à la surface de l'eau d'une cuve à ondes.
- On place une bougie allumée devant un haut parleur émettant des ondes sonores de basse fréquence et d'amplitude importante.

On observe que



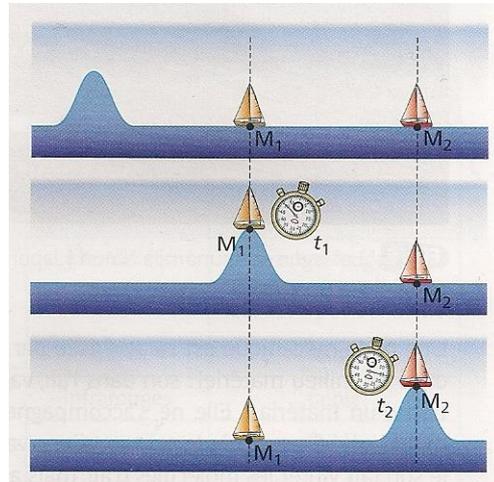
On en conclut qu'une onde progressive est le phénomène de propagation d'une perturbation. Elle s'accompagne d'un transport d'énergie sans transport de matière, dans toutes les directions possibles à partir d'une source.

Remarque

Une progressive ne se propageant que dans une seule direction est dite onde progressive à une dimension (Onde dans la corde).

2. Notion de retard

Le retard d'une onde se propageant entre un point M_1 et un point M_2 correspond à l'intervalle de temps τ nécessaire à l'onde pour parcourir la distance entre ces deux points.



Extrait du manuel Hatier TS

Pour une onde passant en M_1 à la date t_1 , puis en M_2 à la date t_2 , le retard est $\tau = t_2 - t_1$.

3. Célérité d'une onde progressive

La vitesse de propagation de l'onde est aussi appelée célérité de l'onde. Elle correspond au rapport de la distance parcourue entre deux points M_1 et M_2 sur le temps mis par l'onde pour effectuer ce trajet :

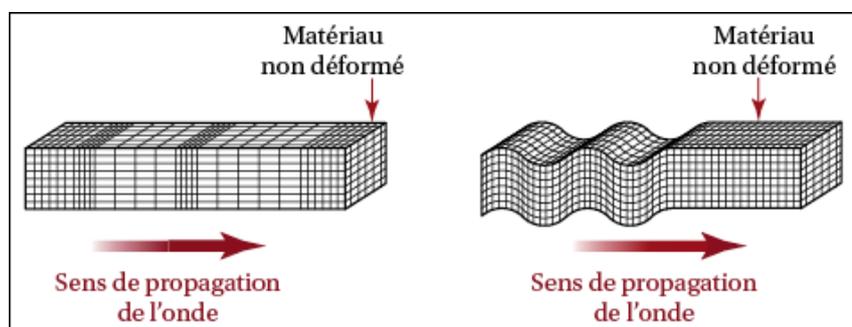
$$v = \frac{M_1 M_2}{\tau}$$

$M_1 M_2$ s'exprime en m, τ s'exprime en s et la célérité en m.s^{-1} .

4. Ondes mécaniques transversales et longitudinales

Pour une onde mécanique longitudinale, la déformation du milieu se fait dans la même direction que la propagation.

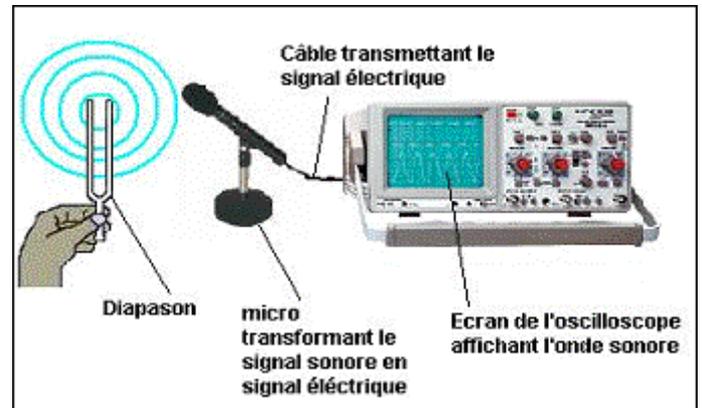
Pour une onde mécanique transversale, la déformation du milieu se fait dans une direction perpendiculaire à la propagation.



3. Les ondes progressives périodiques

1. Exemple d'ondes progressives périodiques

On visualise sur un oscilloscope l'onde sonore émise par un diapason.

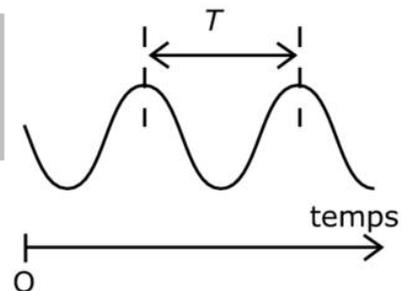


Extrait du site magictigus.free.fr

2. Période, fréquence et longueur d'onde d'une onde progressive périodique

Une onde progressive est périodique lorsque la perturbation se reproduit identique à elle-même au cours du temps.

La période T est le plus petit intervalle de temps qui sépare deux instants pour lesquels les perturbations du milieu sont les mêmes. Elle s'exprime en secondes.

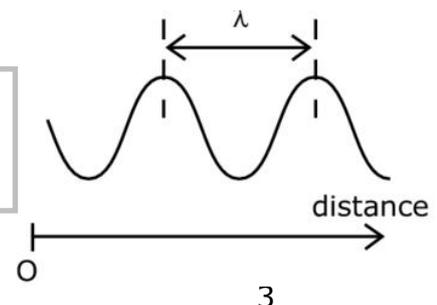


La fréquence f de l'onde est le nombre de répétitions de la perturbation par seconde. Période et fréquence sont reliées par la relation :

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

La fréquence s'exprime en Hertz (Hz) et la période en seconde (s).

La longueur d'onde λ est la plus petite distance qui sépare deux points pour lesquels les perturbations du milieu sont les mêmes. Elle s'exprime en mètres.



On peut aussi dire que la longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant le temps T à la vitesse v :

$$\lambda = v.T$$

4. Caractéristiques des ondes sonores et ultrasonores

1. Les ondes sonores

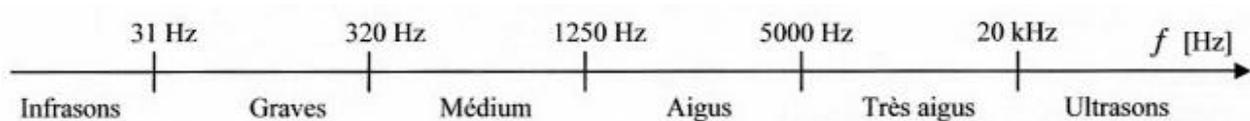
Une onde sonore est une onde mécanique, de compression dilatation du milieu, qui se propage dans un milieu matériel.

http://www.ostralo.net/3_animations/swf/onde_sonore_plane.swf

2. Caractéristiques d'un son

- Sa fréquence, ce que l'on appelle la « hauteur » d'un son. Les sons audibles par l'homme se situent dans le domaine de fréquences comprises entre 20 Hz et 20000 Hz.

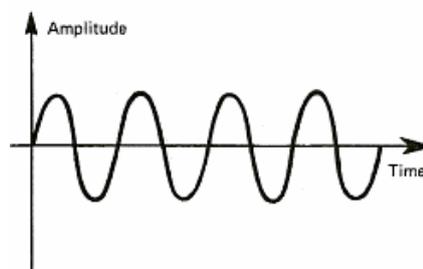
On définit les domaines de fréquences de la manière suivante :



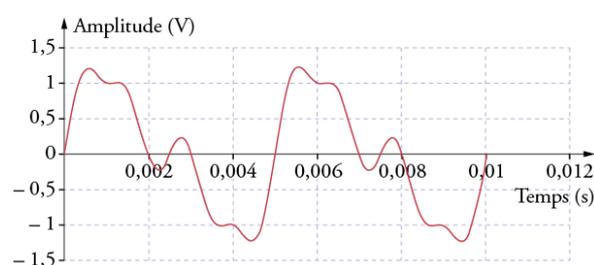
- Son timbre, lié à la nature du son.

3. Analyse temporelle d'un son

On distingue les sons purs, caractérisés par une vibration simple, sinusoïdale :



et les sons complexes, non sinusoïdaux mais périodiques :



4. Analyse spectrale d'un son

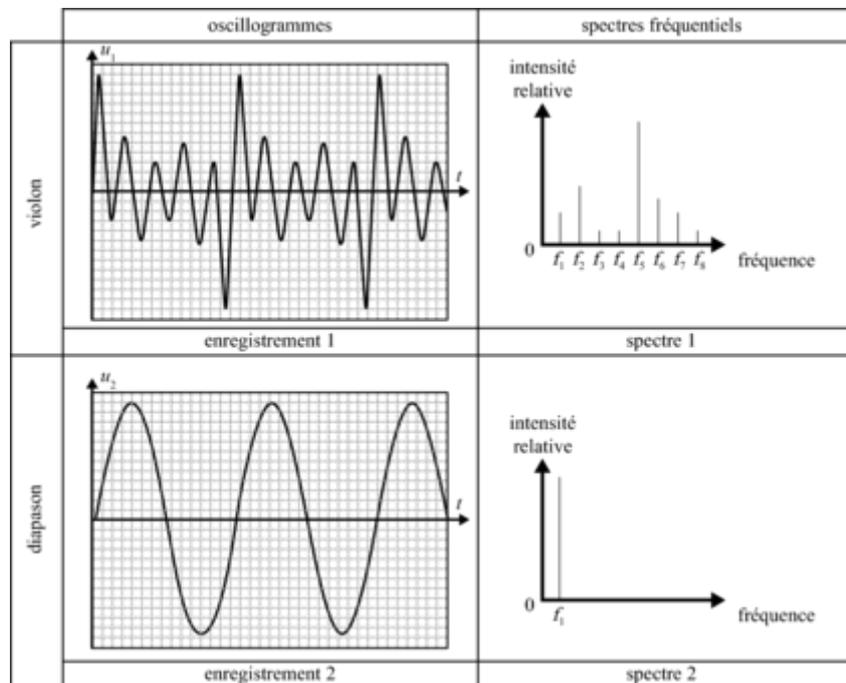
En 1822, le mathématicien J Fourier a montré qu'un signal périodique peut s'exprimer comme une somme de fonctions sinusoïdales dont chacune des fréquences f_n est un multiple de la fréquence f_1 du signal, appelée fréquence fondamentale. Les fréquences f_n s'appellent les harmoniques.

$$f_n = n \cdot f_1 \text{ avec } n \text{ entier naturel différent de zéro.}$$

Une transformée de Fourier permet d'obtenir le spectre en fréquences d'un son qui est la représentation graphique de l'amplitude de ses composantes sinusoïdales en fonction de la fréquence.

Exemples

Un son pur n'a qu'une seule fréquence, son spectre n'a qu'un seul pic alors qu'un son complexe en a plusieurs.



La hauteur d'un son est liée à la fréquence du fondamental.

Le timbre est lié au nombre et à l'amplitude des harmoniques.

5. Le niveau d'intensité sonore

Deux sons peuvent être perçus par l'oreille de façon plus ou moins intense.

L'intensité sonore I caractérise l'intensité du signal reçu par l'oreille. Elle s'exprime en $W \cdot m^{-2}$.

Les intensités perceptibles par l'humain sont comprises entre $1,0 \cdot 10^{-12} W \cdot m^{-2}$ (seuil d'audibilité) et $25 W \cdot m^{-2}$ (seuil de douleur).

Le niveau sonore L est relié à l'intensité acoustique par l'expression :

$$L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Avec $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

L s'exprime en décibels (dB).

Le niveau d'intensité sonore se mesure directement avec un sonomètre.

Question

Comment évolue le niveau sonore si l'intensité est doublée ? si l'intensité est multipliée par 10 ?

Voici enfin quelques valeurs représentatives de niveaux sonores :

Niveau en dB	Exemples	Conséquences	Conversation
140	Explosions, armes à feu, pétards	Destruction de l'oreille	Impossible.
130	Réacteur d'avion à 1 m	Seuil de la douleur	
120	Coups de marteau sur acier à 1m	Séquelles irréversibles très rapides sans protection adéquate	
110	Freinage d'un train à 1 m	Début de la nocivité pour le système auditif. Protection nécessaire en cas d'exposition prolongée	En criant.
100	Marteau piqueur à 3 m		
90	Bruits intenses : activité industrielle, amplification musicale...	Bruits supportables mais forts : augmentation significative de la fatigue	À voix forte.
80	Circulation intense à 10 m		
70	Conversation à 1 m Téléviseur à 1 m		
60	Lave-vaisselle (55 dB)	Bruits courants : niveau maximum recommandé pour le bien-être	À voix normale.
50	Fenêtre d'appartement ouverte sur lieu de vie actif		
40	Pièce de vie tranquille	Calme.	À voix chuchotée
30	Ventilateur boîtier d'ordinateur	Très calme ; propice au sommeil	
20	Désert		
10	Laboratoire d'acoustique	Silence anormal : perception auditive de la circulation sanguine	
0	Seuil d'audibilité		