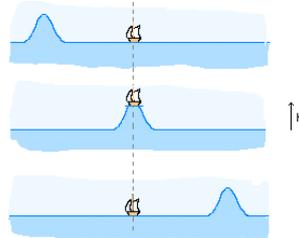


## Cours 2 : Caractéristiques des ondes

### I. Qu'est ce qu'une onde progressive ?

#### TP Onde progressive et échographie.



**Définition d'une onde :** On appelle onde mécanique le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu sans transport de matière, mais avec transport d'énergie.

### II. Propriétés générales des ondes mécaniques progressives.

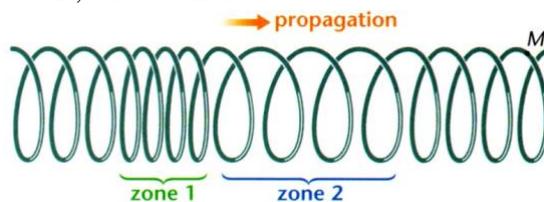
#### A. Direction de propagation

Une onde se propage, à partir de la source, **dans toutes les directions qui lui sont offertes**. On distinguera ainsi les ondes à une, deux ou trois dimensions.

- ✓ Onde à une dimension. ; la propagation a lieu dans une seule direction (onde se propageant le long d'une corde).
- ✓ Onde à deux dimensions ; la propagation a lieu dans un plan (l'onde qui est engendrée à la surface de l'eau lorsqu'on y jette une pierre).
- ✓ Onde à trois dimensions : la propagation a lieu dans l'espace à trois dimensions (onde sonore).

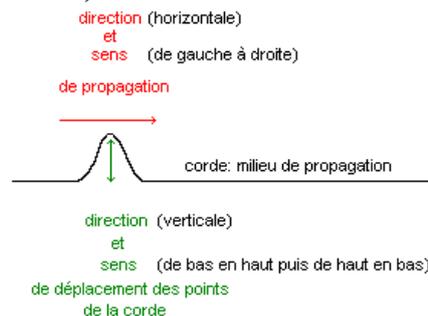
Les ondes qui se propagent **parallèlement** à la perturbation sont des ondes **longitudinales**.

Exemple : onde dans un ressort, onde sonore.



Les ondes qui se propagent **perpendiculairement** à la perturbation sont des ondes **transversales**.

Exemple : Onde le long d'une corde, onde dans l'eau



## B. Célérité de l'onde.

On appelle célérité  $v$  de l'onde la vitesse de propagation de l'onde.

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

On préfère le mot célérité au mot vitesse auquel est associée la notion de déplacement de matière (vitesse d'une automobile, d'une particule etc...).

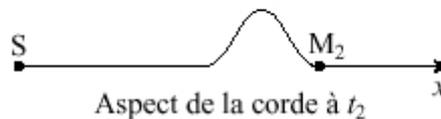
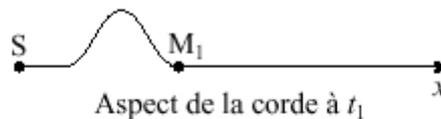
La célérité de l'onde est une propriété du milieu de propagation et ne dépend pas de la façon dont la source a engendré l'onde. Elle est donc constante dans un milieu donné dans des conditions données.

Par exemple la célérité du son dans l'air dépend de sa température. La célérité d'une onde se propageant sur une corde dépend de sa tension et de sa masse linéique (masse par unité de longueur).

## C. Onde progressive à une dimension : Notion de retard.

<http://clemspcreims.free.fr/Simulation/OMPretard.swf>

Soit une onde émise par la source S et se propageant avec la célérité finie  $v$  le long d'une corde. Cette onde se propage de proche en proche dans le milieu de propagation. Elle atteint le point M à la date  $t$  et le point M' à la date ultérieure  $t'$ . Cela revient à dire que le point M' subit la même perturbation que le point M (si l'on néglige toute forme d'amortissement) avec un certain retard que nous noterons  $\tau$ .



$t_2 - t_1$  est le retard de M<sub>2</sub> sur M<sub>1</sub>.

$$\tau = t_2 - t_1.$$

On a donc :

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

### Application :

Lors d'un orage, un éclair foudroie un arbre tandis que simultanément le tonnerre éclate. Déterminer le retard avec lequel une personne entend le tonnerre si elle se trouve à 1,40 km de l'arbre.

Données : vitesse du son dans l'air dans ces conditions :  $v = 343 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### III. Ondes mécaniques progressives périodiques

[http://clemspcreims.free.fr/simul\\_ostralo/onde\\_corde.swf](http://clemspcreims.free.fr/simul_ostralo/onde_corde.swf)

#### A. Périodicité d'ondes progressives périodiques

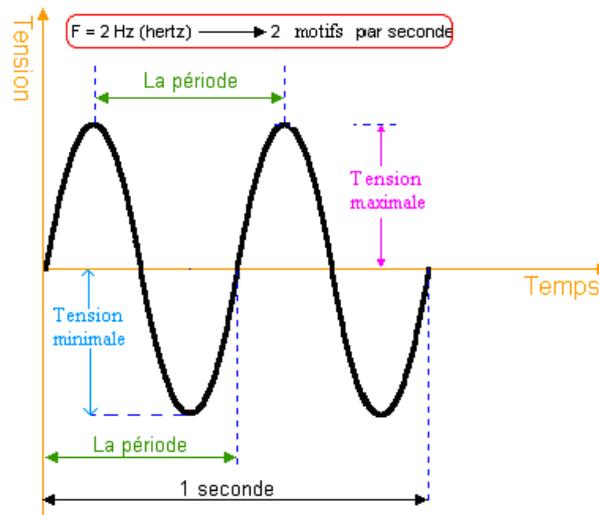
##### 1. Périodicité temporelle

**Un phénomène est périodique** s'il se répète identique à lui-même au cours du temps.

**La période** est la durée d'un motif elle se note T et s'exprime en seconde (s)

**La fréquence** est le nombre de motifs effectués en une seconde, elle se note f ou  $\nu$  et s'exprime en Hertz (Hz)

$$f = \nu = 1/T$$

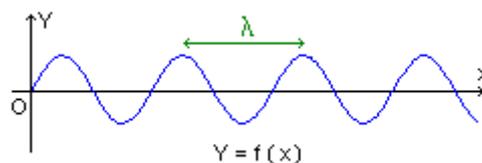


Ex : si un disque fait 45 tours à la minute, quelle est la fréquence et la période du phénomène ?

##### 2. Périodicité spatiale

**Voir :** <http://fpassebon.pagesperso-orange.fr/animations/son.swf>

**La longueur d'onde  $\lambda$**  est la distance parcourue par l'onde pendant une période T. Elle s'exprime en m



### 3. Relation entre la période temporelle et la période spatiale.

L'onde parcourt une distance  $\lambda$  pendant un intervalle de temps  $T$ , donc la célérité de cette onde est :

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \times \nu$$

Remarque : La fréquence est une caractéristique de l'onde, elle ne change pas avec la nature du milieu.

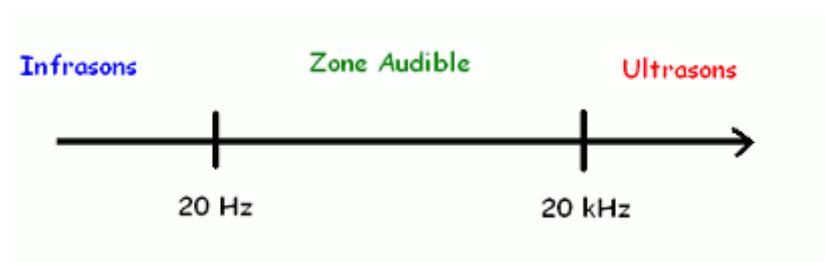
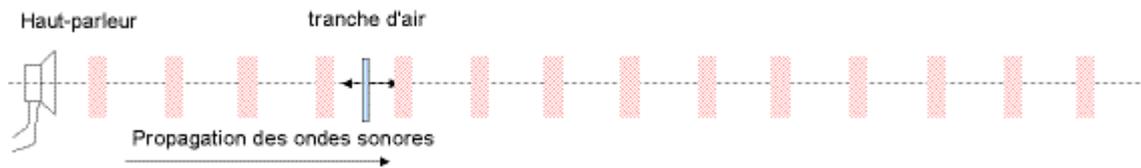
En revanche, cette même onde n'aura ni la même vitesse ni la même longueur d'onde en changeant de milieu. La longueur d'onde et la célérité dépendent du milieu de propagation.

**Exercice 6,7 p 50 et 10,12 p 51**

#### IV. Caractéristiques des ondes sonores et ultrasonores.

##### TP Acoustique musicale.

Les ondes sonores : sont des ondes progressives de compression dilatation des molécules d'air. [http://www.ostralo.net/3\\_animations/swf/onde\\_sonore\\_plane.swf](http://www.ostralo.net/3_animations/swf/onde_sonore_plane.swf)



##### A. Hauteur d'un son.

La hauteur d'un son est caractérisé par sa fréquence, plus f est grande plus le son est aigüe, plus f est petit plus le son est grave.

Rq 2 sons de même fréquence ont la même hauteur.

##### B. Timbre d'un son.

[http://clemspcreims.free.fr/Anim-JPFournat/clavier\\_p.swf](http://clemspcreims.free.fr/Anim-JPFournat/clavier_p.swf)

On remarque que l'impression auditive est différente bien que la note soit la même.

Le timbre caractérise l'allure de la courbe c'est ce qui permet à l'oreille de distinguer deux instruments différents jouant la même note de musique.

##### C. Intensité sonore

L'intensité d'un son est d'autant plus grande que son amplitude de vibration est grande. On la note I elle s'exprime en  $W.m^{-2}$ .

Le seuil d'audibilité est obtenu pour une intensité de référence  $I_0 = 10^{-12} W.m^{-2}$ .

##### D. Niveau sonore

Pour une intensité I, la sensation physiologique du son est traduite par le niveau sonore L (exprimé en dB)

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

**Attention on peut additionner les intensités sonores mais pas les niveaux sonores.**

$$I = I_0 10^{\frac{L}{10}}$$

### E. Analyse spectrale d'un son.

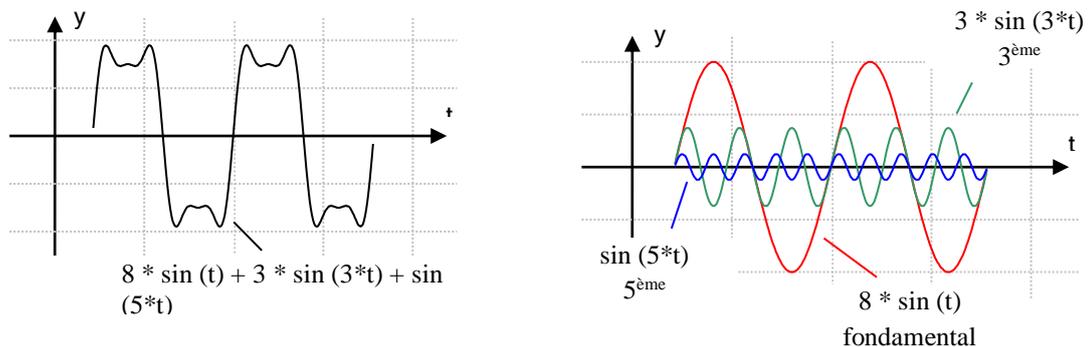
Lors de l'enregistrement du la3 du diapason on observe **un signal sinusoïdal** : c'est **un son pur**.

Lors de l'enregistrement du la d'un instrument on observe **un signal périodique qui n'est pas sinusoïdal** : c'est **un son complexe**.

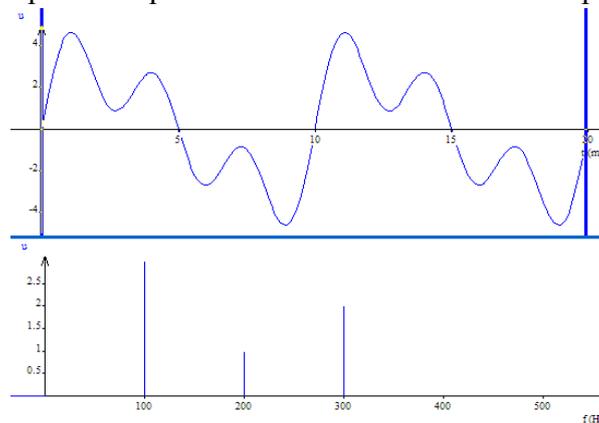
Ce signal est la superposition du mode fondamentale et d'harmoniques.

Cette superposition des modes de vibration produit une vibration périodique complexe dont la fréquence **est égale à celle du mode fondamental**.

Ex :



Un son peut être décomposée selon la transformée de Fourier et on obtient un spectre dont l'axe des abscisses indique la fréquence et l'axe des ordonnées l'amplitude de chaque mode.



[http://clemspcreims.free.fr/simul\\_ostralo/harmoniques.swf](http://clemspcreims.free.fr/simul_ostralo/harmoniques.swf)

L'analyse spectrale d'un son permet de caractériser :

- La hauteur du son, liée à la fréquence  $f_1$  de son fondamental.
- Le timbre du son, lié au nombre et à l'amplitude des harmoniques.

**Exercice 17,20 p52 27 et 29p55**