

# Chap. 2 : Ondes mécaniques progressives périodiques



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

Nous avons vu dans le premier chapitre, qu'une perturbation provoquée par une source génère une onde qui se propage dans un milieu élastique, à partir de la source dans toutes les directions qui lui sont offertes. Que se passe-t-il si la perturbation créée est périodique (c'est-à-dire si elle se répète à intervalles de temps égaux) ?

### 1.1. Généralités

On appelle **période**  $T$ , la plus petite durée nécessaire pour que la perturbation se reproduise identique à elle-même.

L'inverse de la période représente la **fréquence**, noté  $\nu$  (nu) ou  $f$ , du phénomène :  $\nu = \frac{1}{T}$

La fréquence  $\nu$  s'exprime en hertz de symbole Hz ( $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$ ) si la période est exprimée en seconde (s).

Une onde progressive émise par une source animée d'un mouvement périodique est une **onde périodique**.

### 1.2. Périodicité temporelle

Une onde mécanique progressive périodique présente une périodicité temporelle.

La période  $T$ , identique en tout point du milieu, est la **période temporelle**.

**Rem.** : On peut mesurer la période temporelle  $T$  d'une onde périodique en *figeant* la propagation avec un éclairage stroboscopique : si la période entre deux éclairs du stroboscope est égale à  $T$ , le milieu semble immobile.

La période temporelle  $T$  **est une caractéristique** de la source car tout point du milieu, atteint par la perturbation oscille avec la même période que la source (donc la fréquence est une caractéristique de la source).

### 1.3. Périodicité spatiale

Lorsque l'on réalise une photographie d'une onde mécanique périodique, on fige le temps. On remarque que l'onde présente une périodicité dans l'espace : elle se reproduit identique à elle-même à des intervalles de distance égaux.

On appelle **période spatiale**, notée  $\lambda$ , d'une onde mécanique progressive périodique, la plus petite distance séparant deux points du milieu dans le même état vibratoire (c'est-à-dire vibrant en phase).

### 1.4. Existe-t-il une relation entre la période temporelle et la période spatiale ?

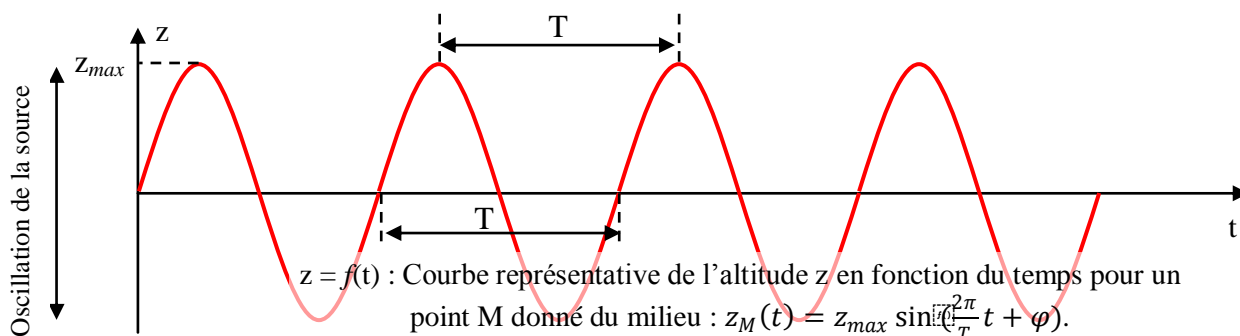
Une onde périodique progressive présente donc une double périodicité : spatiale et temporelle.

La période spatiale est égale à la distance  $\lambda$  parcourue par l'onde pendant une période temporelle  $T$ . L'onde se déplaçant avec la célérité  $v$ , caractéristique du milieu de propagation :  $\lambda = v \times T = \frac{v}{\nu}$

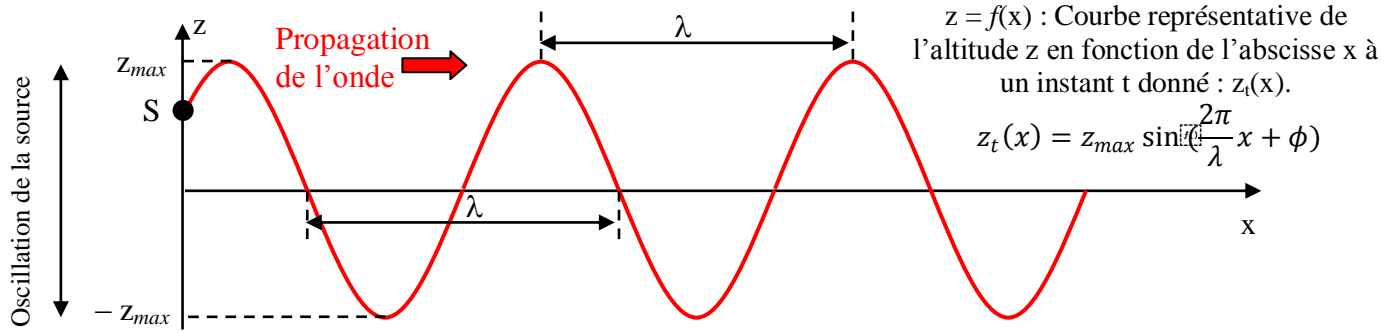
**Rem.** : La fréquence d'une onde ne change pas lorsque l'on change de milieu de propagation : elle ne dépend que de la source qui lui a donné naissance. En revanche, la longueur d'onde  $\lambda$  dépend donc du milieu de propagation : elle est modifiée lors d'un changement de milieu.

## 2. Cas d'une onde progressive sinusoïdale

Lorsque la source est animée d'un mouvement sinusoïdal, un point  $M$  quelconque du milieu possède le même mouvement que la source avec un retard  $\tau = \frac{SM}{v}$  ( $SM$  : distance de  $M$  à la source).  $z_M(t)$  est sinusoïdale de période  $T$  :



En photographiant une cuve à onde, ou une corde, le mouvement de la source étant sinusoïdal, on obtient une courbe telle que celle-ci :



La source S oscille (verticalement) sinusoïdalement en fonction du temps : l'onde créée est une onde progressive sinusoïdale de période spatiale  $\lambda$  : la fonction  $z_t(x)$  est sinusoïdale de période  $\lambda$ .

### 3. Le phénomène de dispersion

Un milieu est dit **dispersif** si la célérité  $v$  d'une onde dépend de sa fréquence  $\nu$ . En effet des ondes de fréquences différentes ne se propagent pas à la même vitesse dans un tel milieu et subissent alors une dispersion.

**Rem. 1** : L'eau est un milieu dispersif<sup>2</sup> : des ondes à la surface de l'eau ne se propagent pas à la même vitesse suivant leur fréquence.

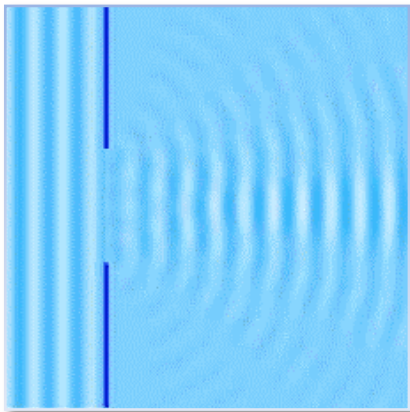
**Rem. 2** : L'air est, généralement, considéré comme un milieu non dispersif : on peut assister à un concert que l'on soit proche ou loin de la scène car toutes les fréquences sonores arrivent simultanément.

En revanche, pour des intensités sonores très grandes, l'air humide est dispersif : lors d'un orage<sup>3</sup> le son du tonnerre est bref si l'on est proche de la source ; si l'on est loin : le bruit du tonnerre est dispersé (grondement) car les sons aigus se propagent plus vite que les graves.

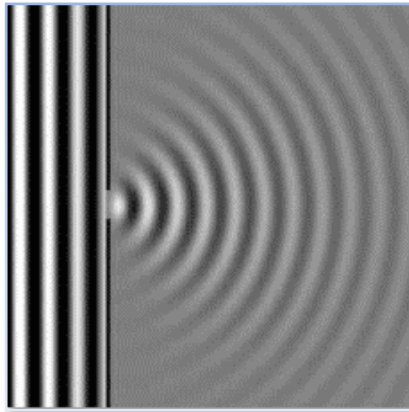
### 4. Le phénomène de diffraction

Lorsque la largeur d'un obstacle est inférieure ou de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde, l'onde subit un phénomène de diffraction.

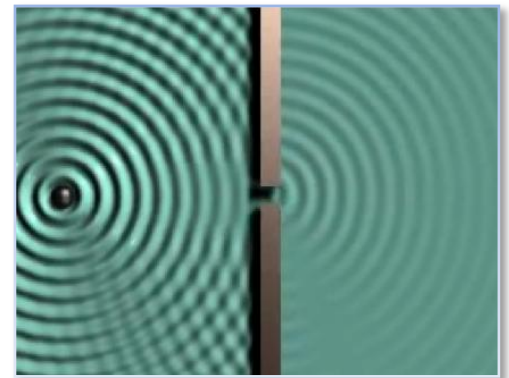
L'onde diffractée possède la même fréquence et donc la même longueur d'onde que l'onde incidente.



Onde rectiligne : la largeur de la fente est nettement supérieure à la longueur d'onde  $\lambda$



Onde rectiligne : La largeur de la fente est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde  $\lambda$



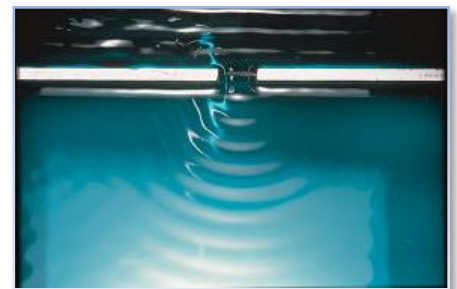
Onde circulaire : La largeur de la fente est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde  $\lambda$

La diffraction est caractéristique de la propagation des ondes.

Le phénomène de diffraction est plus marqué lorsque la largeur  $a$  de la fente diminue et lorsque la longueur d'onde augmente (voir T.P.) !

Animation : les ondes ultrasonores (revoir le T.P. sur la mesure de célérité) :

<http://perso.orange.fr/fpassebon/animations/US.swf>



<sup>1</sup> Article de Wikipedia sur la dispersion : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Dispersion>

<sup>2</sup> Dispersion à la surface de l'eau: [mms://stream.pedagogie.ac-aix-marseille.fr/lyc-vauvenargues/exovideo\\_ts/TP\\_phys/dispers\\_onde\\_mecM1.wmv](mms://stream.pedagogie.ac-aix-marseille.fr/lyc-vauvenargues/exovideo_ts/TP_phys/dispers_onde_mecM1.wmv)

<sup>3</sup> En savoir plus sur les orages – Wikipedia : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Orage>

<sup>4</sup> Article de Wikipedia sur la diffraction : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Diffraction>

<sup>5</sup> Animation sur la diffraction (en anglais) – université de Salford : <http://www.acoustics.salford.ac.uk/feschools/waves/diffract3.htm>