

Propagation d'un mouvement vibratoire

1. propagation d'une onde

1. qu'est ce qu'une onde ?

C'est une perturbation qui se propage sans transport de matière et avec transport d'énergie.

Exemples : le flash émis par l'appareil photo et reçu par l'œil. Un cri émis par les cordes vocales et reçu par l'oreille.

Voir animation : http://www.ostralo.net/3_animations/swf/onde_corde.swf

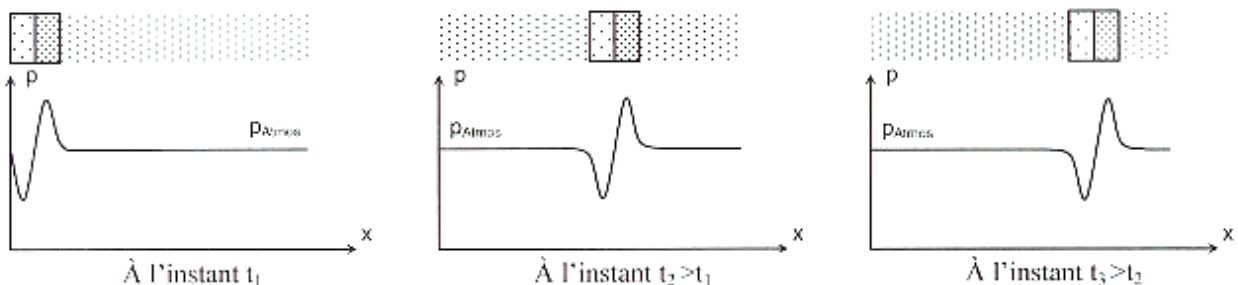
2. Onde transversale, onde longitudinale

Pour une onde transversale la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation. Par exemple, c'est le cas d'une onde se propageant le long d'une corde.

Pour une onde longitudinale la perturbation est parallèle à la direction de propagation. Par exemple, c'est le cas d'une onde se propageant le long d'un ressort ou d'une onde sonore dans l'air.

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

Dans les fluides, les ondes acoustiques sont longitudinales et se traduisent par une petite variation locale de la pression. Cette surpression acoustique reste toujours très inférieure à la pression atmosphérique (de $2 \cdot 10^{-5}$ Pa à 20 Pa).



3. Influence du milieu de propagation

La lumière se propage dans les milieux transparents ainsi que dans le vide, qu'en est-il des ondes sonores ?

On met un petit buzzer sous une cloche à vide et on fait progressivement le vide dans l'enceinte. Le son reçu par l'oreille diminue progressivement au cours de l'expérience. On en conclut que l'onde sonore a donc besoin d'un support pour se propager.

D'autre part, la vitesse de propagation d'une onde sonore dépend de la nature du milieu de propagation, c'est-à-dire de sa rigidité et de sa masse volumique. L'expérience prouve que la vitesse des ondes sonores dans les solides est supérieure à celle des ondes sonores dans les liquides, elle-même supérieure à la vitesse des ondes sonores dans les gaz.

Voici quelques valeurs approchées de vitesses de propagation à la température ambiante (20°C) :

Matériaux	Air	Eau	Béton	Acier
C en m/s	340	1500	1000 à 4000	5500

Par exemple, dans les westerns, les cowboys mettent l'oreille sur le rail pour savoir si le train arrive ou pas. En effet, le son émis par le train arrive plus rapidement jusqu'au cowboy par le rail métallique que par l'air car le son s'y propage plus rapidement.

4. expression de la célérité des ondes sonores

Pour les gaz peu denses, on peut adopter le modèle du gaz parfait. On suppose par ailleurs que les compressions-dilatations subies par le gaz sont adiabatiques, ce qui permet d'aboutir à l'expression suivante :

$$C = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

C désigne la vitesse de propagation des ondes acoustiques (m/s)

γ désigne le coefficient isentropique

R est la constante des gaz parfaits

T la température en Kelvin

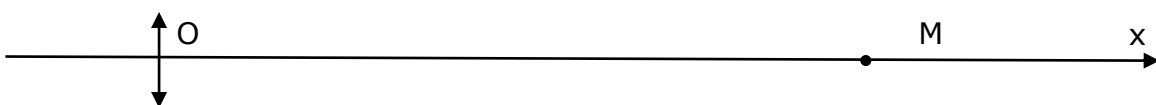
M désigne la masse molaire du gaz en **kg.mol⁻¹**.

Exemple pour l'air :

2. Propagation d'une onde périodique

1. Description du phénomène

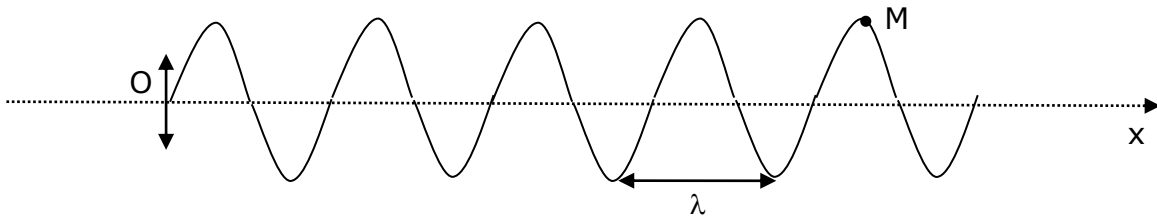
On considère une source en O qui vibre à la fréquence f. la fréquence s'exprime en Hertz (Hz).



Le mouvement de M reproduit le mouvement de O avec un retard appelé τ , $\tau = \frac{OM}{v}$.

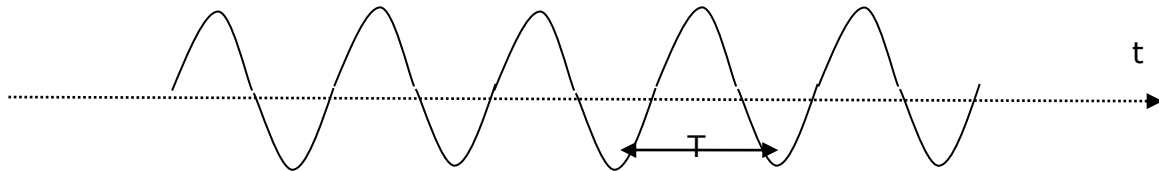
2. grandeurs caractéristiques

A un instant t donné, on prend une photo de la corde, on obtient :



La période spatiale s'appelle la longueur d'onde λ . Elle caractérise la plus petite distance au bout de laquelle la perturbation se reproduit identique à elle-même.
 λ s'exprime en mètres (m).

En un point M fixe de la corde, on regarde comment évolue ce point au cours du temps :



Cette fois ci, c'est donc le temps t qui est en abscisse.

La période temporelle s'appelle la période T . Elle caractérise le plus petit intervalle de temps au bout duquel la perturbation se reproduit identique à elle-même.

La période et la fréquence sont reliées par la relation :

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

f s'exprime en Hertz (Hz)

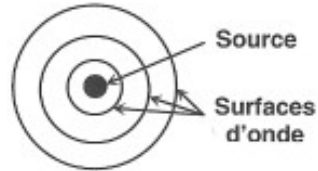
T s'exprime en secondes (s)

Enfin, on peut trouver une relation entre λ et T en disant λ est la distance parcourue par l'onde à la vitesse C pendant le temps T , d'où la relation :

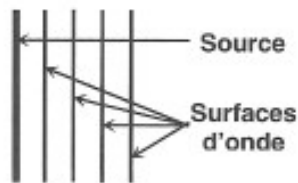
$$\lambda = C.T$$

3. Propagation et obstacles

Les sources rayonnent généralement dans tout l'espace et la surpression acoustique décroît quand on s'éloigne de la source. Le modèle de l'onde sphérique est bien adapté pour décrire cette situation. Les surfaces d'ondes sont des surfaces pour lesquelles la pression acoustique est constante.



Lorsqu'on se place loin de la source, on peut souvent approximer l'onde à une onde plane.



Lorsqu'une onde sonore rencontre un obstacle, comme un mur par exemple, elle se réfléchit sur celui-ci. Si au contraire l'onde rencontre une ouverture, par exemple une porte, il peut se produire un phénomène appelé diffraction.