



# LES ONDES



**ONDES MECANIQUES** (acoustiques, sismiques, surface eau, corde) milieu élastique pour se propager  
**ONDES EM** peut se propager dans le vide  
**Onde transporte de l'énergie mais pas de matière**

**MODE PROPAGATION LONGITUDINAL**: vibration parallèle sens de propagation. Compression (ressort, son air)  
**MODE PROPAGATION TRANSVERSAL**: Vibration perpendiculaire au sens de propagation. Cisaillement (corde, oem)

## VITESSE DE PROPAGATION

Onde longitudinale  $v = \sqrt{\frac{KL}{\mu}}$   
 Onde Transversale  $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$  (K raideur, L allongement,  $\mu$  masse linéique)

## DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

$$\Psi(x, t) = f\left(t - \frac{x}{v}\right) \left(\text{resp } f\left(t + \frac{x}{v}\right)\right) \quad (x \text{ croissant droite, décroissant})$$

Equation de d'Alembert aux dérivées partielles:  $\frac{\delta^2 \psi}{\delta x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\delta^2 \psi}{\delta t^2}$  avec  $v = \sqrt{\frac{1}{k}}$

Solution générale de l'équation:  $\Psi(x, t) = f\left(t - \frac{x}{v}\right) + g\left(t + \frac{x}{v}\right)$

## DIRECTION PROPAGATION

Si milieu HTI ts points st atteints en même tps s/ sphère  $\rightarrow$  surface onde  
 (Densité énergie onde proportionnelle à son amplitude)

**EFFET MILIEU : IMPEDANCE** (mesure facilité déformation milieu) Plus Z est grand, plus v est faible  
**Mécanique**:  $Z = \frac{Fy}{\delta \psi} = \frac{T}{c} = \sqrt{T\mu}$   
**OEM**:  $Z = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = \mu_0 c$

## EFFET MILIEU : REFLEXION ET TRANSMISSION

$r = \frac{A_r}{A_t} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$   $t = \frac{A_t}{A_i} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$

- $Z_2 > Z_1$   $\mu_2 > \mu_1$   $c_2 < c_1$   $\rightarrow$  Réflexion partielle avec changement de signe. **t et r**  $\searrow$
- $Z_2 < Z_1$   $\mu_2 < \mu_1$   $c_2 > c_1$   $\rightarrow$  Réflexion partielle sans changement de signe. **t  $\nearrow$  et r  $\searrow$**

- Extrémité fixe**  $Z_2 = \infty$   $\rightarrow$  Réflexion totale avec changement de signe
- Extrémité libre**  $Z_2 = 0$   $\rightarrow$  Réflexion totale sans changement de signe

## ONDES PROGRESSIVES SINUSOIDALES

$$\Psi(x, t) = f\left(t - \frac{x}{v}\right) = A \sin\left[\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{v}\right) + \varphi\right]$$

Puissance moyenne transportée par onde

progressive sinusoidale:  $P = \frac{1}{2} Z A^2 \omega^2$

Discontinuité entre 2 milieux:  $P_i = P_t + P_r$

$$\frac{P_r}{P_i} = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}\right)^2 \quad \frac{P_t}{P_i} = \frac{4Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

## ONDES STATIONNAIRES

Quand un OPS rencontre  $Z \infty$  en  $x=0$  une onde réfléchie se superpose à l'onde incidente et l'onde totale s'écrit:

$$\psi = \psi_i + \psi_r$$

$$\psi = A \sin(\omega t + kx) - A \sin(\omega t - kx) = 2A \sin kx \cos \omega t$$

2 points d'amplitude nulle (nœuds) consécutifs sont séparés de

$$d = \frac{\lambda}{2} \quad \text{Fréquence propre: } \nu = \frac{nc}{2L} = n\nu_1$$

**OEM** (propagation champ E et B dans le vide)

$$\text{Vitesse dans la matière } v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$$

$$\text{Vitesse dans milieu non magnétique } v = \frac{c}{\epsilon_r} = \frac{c}{n}$$

$$\text{Réflexion et réfraction } \frac{I_r}{I_i} = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}\right)^2$$

Loi Snell-Descartes  $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$   $n_2 < n_1$  réflexion totale à partir d'un certain angle d'incidence  $i_m$  tel que  $\sin i_m = \frac{n_2}{n_1} < 1$

## MOMENT MAGNETIQUE PARTICULE CHARGEE

$$\vec{\mu} = \frac{q}{2m} \vec{L}$$

Cas électron, magnéton Bohr  $\mu_e = \frac{e\hbar}{2m_e}$

## MOMENT MAGNETIQUE INTRINSEQUE

Electron:  $\vec{\mu}_s = -g_e \frac{e}{2m_e} \vec{S}$  (S spin)

Proton:  $\vec{\mu}_s = -g_p \frac{e}{2m_p} \vec{S}$   $g_p = 5,58$