

# I Comportement d'une onde sur un dioptré

## 1) Rappels :

On considère des milieux non absorbants non magnétiques et sans charges ni courants surfaciques.

Relations de continuité :

$$\begin{aligned} \vec{E}_{1t} &= \vec{E}_{2t} \\ \vec{H}_{1t} &= \vec{H}_{2t} \\ \vec{B}_{1n} &= \vec{B}_{2n} \\ \vec{D}_{1t} &= \vec{D}_{2t} \\ \vec{H}_{1n} &= \vec{H}_{2n} \\ \vec{B}_{1t} &= \vec{B}_{2t} \end{aligned}$$

avec  $\vec{B}_1 = \vec{B}_2$

## 2) Loi de Snell Descartes

Les champs électriques sont :

$$\begin{aligned} \vec{E}_1(M,t) &= \vec{E}_1^0 e^{i(\omega t - \vec{k}_1 \cdot \vec{r})} & \text{car } |\vec{k}_1| &= n_1 \frac{2\pi}{\lambda_0} \\ \vec{E}_1'(M,t) &= \vec{E}_1'^0 e^{i(\omega t - \vec{k}_1' \cdot \vec{r})} & \text{car } |\vec{k}_1'| &= n_1 \frac{2\pi}{\lambda_0} \\ \vec{E}_2(M,t) &= \vec{E}_2^0 e^{i(\omega t - \vec{k}_2 \cdot \vec{r})} & \text{car } |\vec{k}_2| &= n_2 \frac{2\pi}{\lambda_0} \end{aligned}$$

D'après la relation de continuité de la composante tangentielle de  $\vec{E}$  ;

$$\vec{E}_{1t} + \vec{E}_{1r} = \vec{E}_{2t}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_1^0 e^{i(\omega t - \vec{k}_1 \cdot \vec{r})} + \vec{E}_{1r}^0 e^{i(\omega t - \vec{k}_1' \cdot \vec{r})} = \vec{E}_2^0 e^{i(\omega t - \vec{k}_2 \cdot \vec{r})}$$

$\vec{V} \in$  dioptrie

$$\begin{cases} (\vec{r}_1 - \vec{r}_1') \cdot \vec{n} = 0 \\ (\vec{r}_1 - \vec{r}_2) \cdot \vec{n} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \vec{r}_1 - \vec{r}_1' = \alpha \vec{n} \\ r_1 - r_2 = \beta \vec{n} \end{cases}$$

1ère loi de Snell. Descartes:

$\vec{r}_1'$  et  $\vec{r}_2$  sont dans le plan d'incidence

2ème loi de Snell. Descartes:

$$\begin{aligned} \vec{r}_1 \cdot \vec{T} &= \vec{r}_1' \cdot \vec{T} \Rightarrow i_1 = i_1' \quad (|\vec{r}_1| = |\vec{r}_1'| = n_1 \frac{2\pi}{\lambda_0}) \\ \vec{r}_1 \cdot \vec{T} &= \vec{r}_2 \cdot \vec{T} \Rightarrow n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \end{aligned}$$

3) Onde évanescente et réflexion totale

$$i_{\max} = \arcsin \frac{n_2}{n_1} \quad (i_2 = 0)$$

Pour  $i_1 > i_{\max}$  → Phénomène de réflexion totale  
Applic<sup>o</sup> télémètre laser

$$\text{Pour } i_1 > i_{\max} \rightarrow \sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin i_1 > 1$$

$$\text{alors } \cos i_2 = \pm \sqrt{1 - \sin^2 i_2} = \pm i m \quad m = \sqrt{\sin^2 i_2 - 1}$$

$$\vec{h} \cdot \vec{T} = \frac{2\pi}{\lambda_0} (\cos(i_2) \vec{U}_1 + \sin(i_2) \vec{U}_2)$$

$$\text{et } \vec{E}_t = \vec{E}_r e^{\pm i (2\pi \frac{n_2}{\lambda_0} m y)} e^{i (\omega t - 2\pi \frac{n_1}{\lambda_0} \sin i_1 z)}$$

Microscopie  
dans prisme

Onde évanescente. Transport moyen nul  
stationnaire

II Polarisation TE et TM

1) Incidence de Brewster

• Onde TM.

On projette la composante tangentielle de  $\vec{E}$

$$E_1^0 \cos i_1 - E_{1'}^0 \cos i_1' = E_2^0 \cos i_2$$

On note  $r = \frac{E_{1'}^0}{E_1^0}$   $t = \frac{E_2^0}{E_1^0}$

$$\text{D'où } \cos i_1 (1 - r) = t \cos i_2 \quad (1)$$

D'après la relation de structure du champ

$$\vec{B}_1 = n_1 \vec{E}_1 \vec{u}_z$$

$$\vec{B}_{1'} = \frac{n_1}{c} \vec{E}_{1'} \vec{u}_z$$

$$\vec{B}_2 = \frac{n_2}{c} \vec{E}_2 \vec{u}_z$$

D'après la relation de passage vue précédemment:  $\vec{B}_1 + \vec{B}_{1'} = \vec{B}_2$

$$\text{D'où } 1 + r = \frac{n_2}{n_1} t \quad (2)$$

→ Diapo

On a  $r=0$  ~~et~~ n. peut avoir  $r_{TM}=0$

pour  $\theta = \theta_p$   $i = i_p = \arctan \frac{n_2}{n_1}$

→ St

Onde TE

→ Diapo

Aspect  ~~$R_{TE} = 1$~~  pour

2) Aspect Énergétique en incidence normale

Vecteur de Poynting  $\langle \vec{R} \rangle = \frac{1}{2} \text{Re} \left( \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}^*}{\mu_0} \right)$   
(Pour un champ  $\vec{E}$ )

$$\langle \vec{R} \rangle = \frac{1}{2} n \epsilon_0 c |\vec{E}|^2 \vec{u}$$

JP  
Tchao

Puissance moyenne rayonnée ( $i=0$ )

Geraldine  $\langle dP \rangle = \langle \vec{R} \rangle \cos \theta$   $\Rightarrow$

Conservation de l'énergie  $R + T = 1$

iii) Application : couche anti-reflet

Franch

Relation de structure passage :

$$\text{en } x=0 \quad \begin{aligned} \bar{E}_1|_{x=0} &= \bar{E}_2|_{x=0} + \bar{E}_3|_{x=0} \\ B_1|_{x=0} &= B_2|_{x=0} + B_3|_{x=0} \end{aligned}$$

$$\text{en } x=e \quad \begin{aligned} \bar{E}_2|_{x=e} + \bar{E}_3|_{x=e} &= \bar{E}_4|_{x=e} \\ B_2|_{x=e} + B_3|_{x=e} &= B_4|_{x=e} \end{aligned}$$

Diapo

Deux possibilités,  $e^{-4\pi N d/\lambda} = 1$

Alors  $(N-1)(n+N) = (N-1)(N-n)$ , Développement  
 $2N(n-1) = 0$

$N=0$  impossible au  $n=1$  verre = vide ?  
 $e^{-4\pi N d/\lambda} = -1$

Alors  $N = \sqrt{n}$  (indice de la couche)  
et  $\frac{-4\pi N d}{\lambda} = (2p+1)\pi \quad p \in \mathbb{N}$

$$\text{et } d = (2p+1) \frac{\lambda}{4N}$$

AN : Pour un verre  $n=1,9$   
 $N=1,38$   
et  $d=98 \text{ nm}$

( $\lambda=540 \text{ nm}$ )

On peut utiliser du  $\text{MgF}_2$  Diapo

Matériau en couche min.  
Proches au début  
 $\vec{E}_0$   
 $\vec{E}_0$