<u>Couche anti reflets</u>

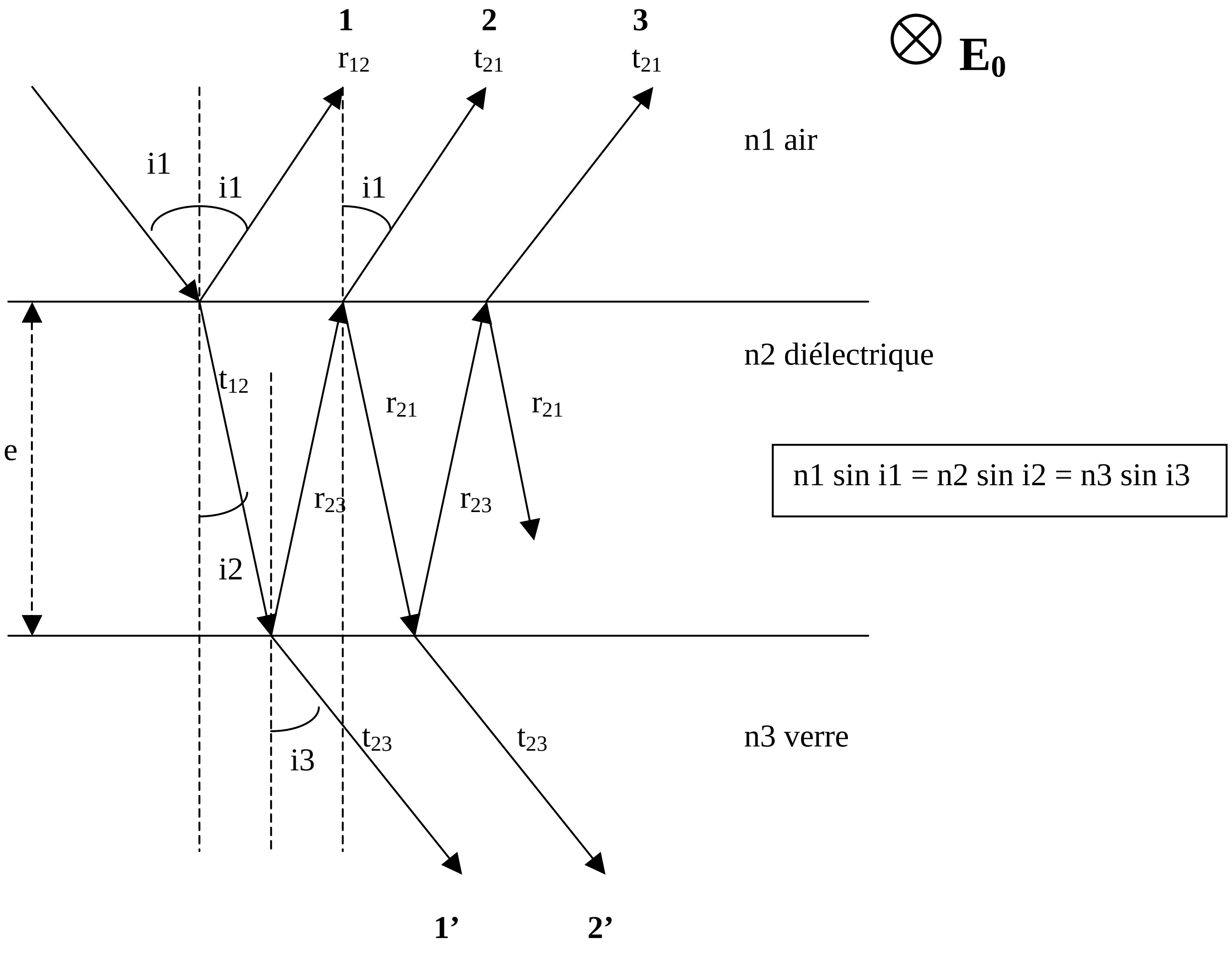
Jean-Marie Malherbe, Août 2007

I - Position du problème

La clarification consiste à déposer sur le verre une couche anti reflets qui fonctionne par interférences destructives pour la réflexion.

II - Principe

On dépose sur du verre d'indice n3 une couche fine diélectrique d'indice n2.



Le déphasage entre les rayons réfléchis 1-2, 2-3, … et transmis 1'-2', 2'-3', … est égal à :

$\boldsymbol{\delta = (4\,\pi / \lambda)\ n2 \cos i2}$

Soit r_{ij} et t_{ij} les coefficients de réflexion et transmission du milieu i vers le milieu j en supposant le champ éléctrique $\mathbf{E_0}$ incident perpendiculaire au plan d'incidence :

r_{12} = (n1 cos i1 – n2 cos i2) / (n1 cos i1 + n2 cos i2)
r_{21} = (n2 cos i2 – n1 cos i1) / (n1 cos i1 + n2 cos i2) = - r_{12}

$r_{23} = (n2 \cos i2 - n3 \cos i3) / (n2 \cos i2 + n3 \cos i3)$

$t_{12} = 2\, n1 \cos i1 / (n1 \cos i1 + n2 \cos i2)$
$t_{21} = 2\, n2 \cos i2 / (n1 \cos i1 + n2 \cos i2)$
$t_{23} = 2\, n2 \cos i2 / (n3 \cos i3 + n2 \cos i2)$

Champ réfléchi:

On a $E_r = E_0 [\, r_{12} + t_{12}\, r_{23}\, t_{21}\, e^{i\delta} (1 + r_{21}\, r_{23}\, e^{i\delta} + (r_{21}\, r_{23})^2 e^{i2\delta} + (r_{21}\, r_{23})^3 e^{i3\delta} + ...)]$

Il y a dans le second terme une progression géométrique de premier terme 1 et de raison $r_{21}\, r_{23}\, e^{i\delta}$ de module < 1, donc convergente vers 0. On en déduit :

$E_r = E_0 [\, r_{12} + (t_{12}\, r_{23}\, t_{21}\, e^{i\delta}) / (1 - r_{21}\, r_{23}\, e^{i\delta})]$

Champ transmis:

On a $E_t = E_0\, t_{12}\; t_{23} (1 + r_{21}\, r_{23}\, e^{i\delta} + (r_{21}\, r_{23})^2 e^{i2\delta} + (r_{21}\, r_{23})^3 e^{i3\delta} + ...)$

Soit $E_t = E_0\, t_{12}\, t_{23} / (1 - r_{21}\, r_{23}\, e^{i\delta})]$

Intensités

Les intensités réfléchies et transmises sont données par $I_r = E_r\, E_r^*$ et par $I_t = E_t\, E_t^*$

$I_r = I_0 [r_{12}^2 + ((t_{12}\, r_{23}\, t_{21})^2 + 2\, r_{12}\, r_{23}\, t_{12}\, t_{21} (\cos \delta - r_{12}\, r_{23})) / ((1 - r_{21}\, r_{23})^2 + 4\, r_{21}\, r_{23} \sin^2(\delta/2))]$

$I_t = I_0\, (t_{12}\, t_{23})^2 / \; ((1 - r_{21}\, r_{23})^2 + 4\, r_{21}\, r_{23} \sin^2(\delta/2))$

En incidence normale,

$r_{12} = (n1 - n2) / (n1 + n2)$
$r_{21} = (n2 - n1) / (n1 + n2) = - r_{12}$
$r_{23} = (n2 - n3) / (n2 + n3)$

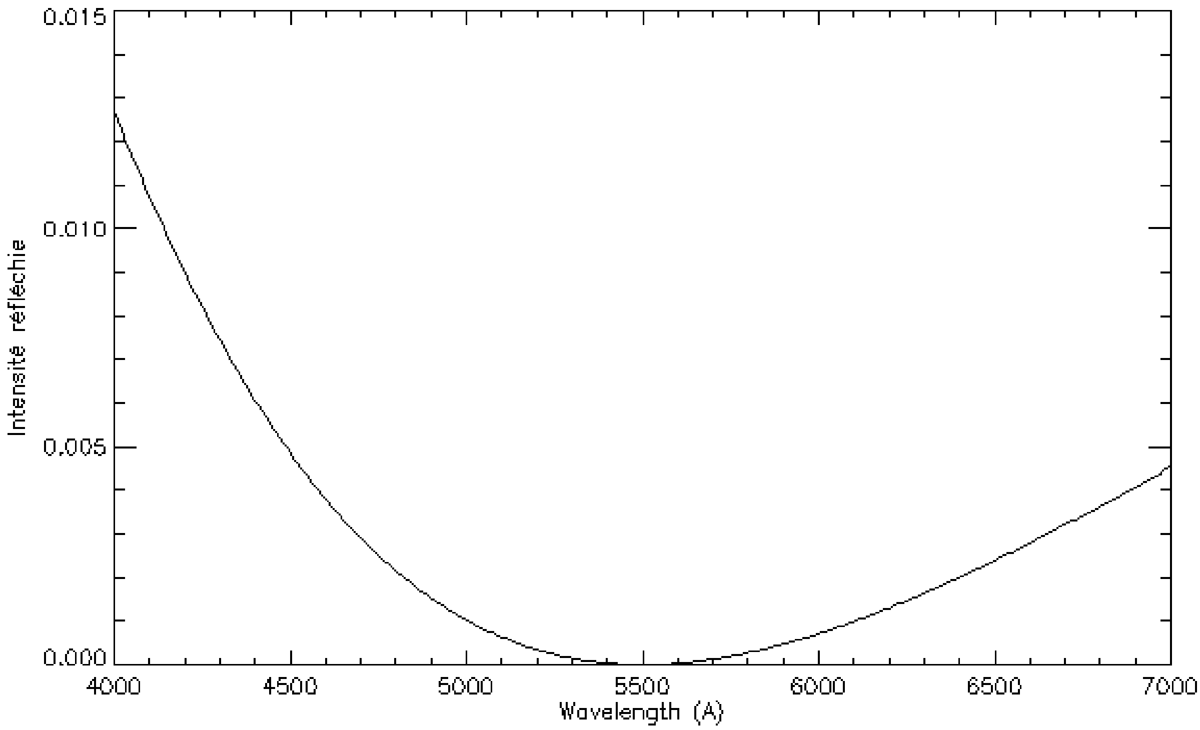
$t_{12} = 2\, n1 / (n1 + n2)$
$t_{21} = 2\, n2 / (n1 + n2)$
$t_{23} = 2\, n2 / (n3 + n2)$

Il n'y a pas de réflexion si interférence destructive, soit si $\boldsymbol{\delta = \pi}$ ce qui donne la relation :

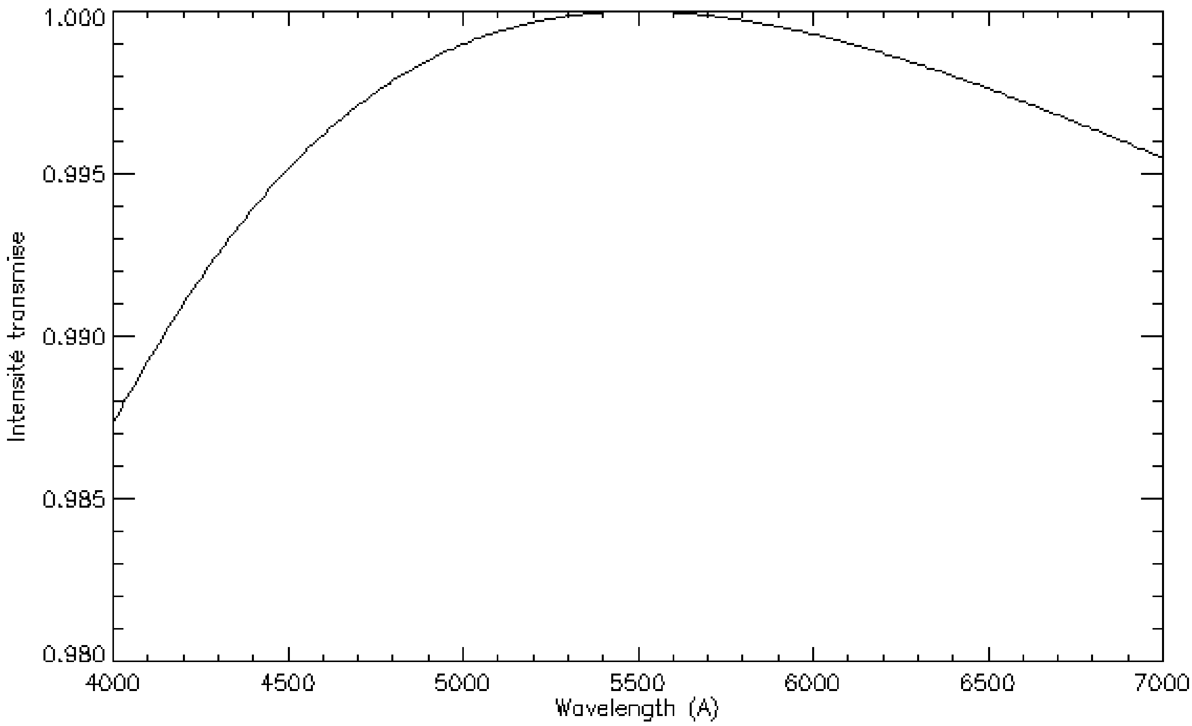
$\boldsymbol{e = \lambda / (4\, n2)}$

Dans ce cas, $E_r = 0$ entraîne $\boldsymbol{n2 = (n1\, n3)^{1/2}}$

On a tracé ci dessous, pour n1 = 1 (air) et n3 = 1.5 (verre) les intensités réfléchies et transmises par une **couche quart d'onde** d'épaisseur $\boldsymbol{e = \lambda_0 / (4\, (n1\, n3)^{1/2})}$**, pour** $\boldsymbol{\lambda_0 = 550}$ **nm**. La couche n'est anti reflet que pour la seule longueur d'onde $\boldsymbol{\lambda_0}$. Elle remonte dans le rouge et le bleu, c'est pourquoi les optiques traitées ont une apparence pourpre.



Intensité réfléchie en fonction de la longueur d'onde (pour comparaison, elle est de 0.04 pour le verre non traité anti reflet)



Intensité transmise en fonction de la longueur d'onde