Franges d'égale inclinaison, lame à faces parallèles

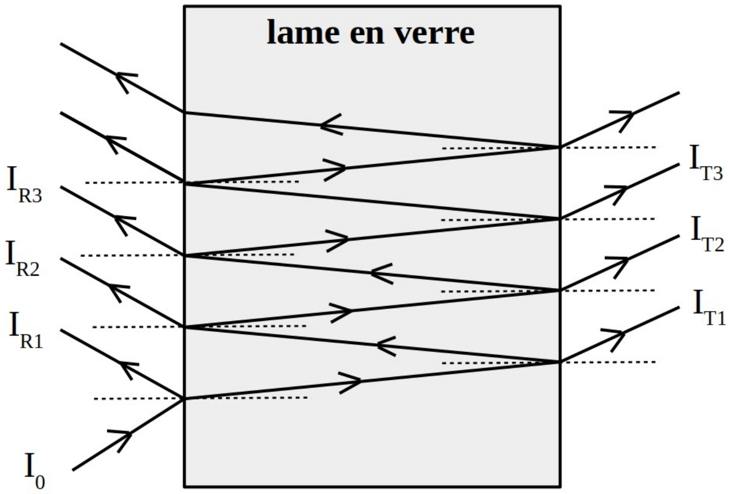
Étude de la figure d'interférence

Intensité des faisceaux réfléchis et transmis par la lame

Supposons l'angle d'incidence faible, dans se cas, si n désigne l'indice optique de la lame, les coefficients de réflexion R et de transmission T du dioptre air/verre sont :

$$R=\left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2 \qquad T=\frac{4n}{(n+1)^2}$$

Si $n=1,5$ on obtient : $R=0,04$ et $T=0,96$. Donc

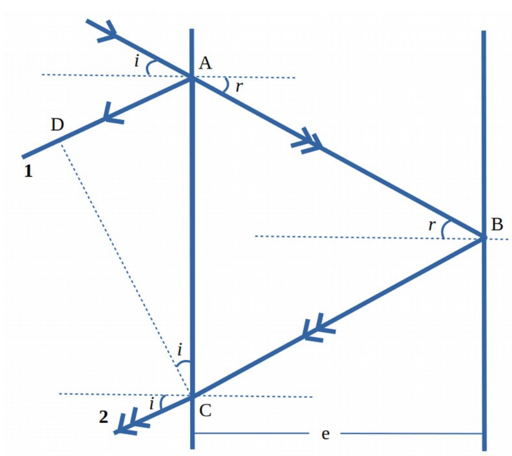


- $I_{R1} = I_0R = 0,04\ I_0$
- $I_{R2} = I_0T^2R = 0,037\ I_0$
- $I_{R3} = I_0T^2R^3 = 0,000061\ I_0$
- $I_{T1} = I_0T^2 = 0,92\ I_0$
- $I_{T2} = I_0T^2R^2 = 0,0015\ I_0$
- $I_{T3} = I_0T^2R^4 = 0,0000024\ I_0$

Les **faisceaux transmis** par la lame ont des intensités extrêmement **différentes**, ils peuvent interférer, mais le **contraste** est si **faible** qu'aucune figure d'interférence n'est observable.

En revanche, $\mathbf{I_{R1}}$ et $\mathbf{I_{R2}}$ sont **presque identiques**, l'**interférence** est donc parfaitement **visible**. L'intensité I_{R3} est plus de 1000 fois inférieure aux deux précédents et ne joue aucun rôle.

Différence de marche optique



- La différence de marche optique δ entre le faisceau 1 et 2 est :

$$\delta=n(AB+BC)-AD$$

- $AD=AC\sin i \qquad AC=2e\tan r$
- $\sin i=n\sin r$ donc $AD=2ne\dfrac{\sin^2 r}{\cos r}$
- $AB=BC=\dfrac{e}{\cos r}$ et donc

$$\delta=2ne\cos r$$

Inversion du champ électrique lors d'une réflexion

On doit également prendre en compte que tout réflexion sur un milieu d'indice plus élevé s'accompagne d'une inversion du champ électrique : c'est le cas du faisceau 1. Le faisceau 2 n'est pas inversé. On a donc dans ce cas :

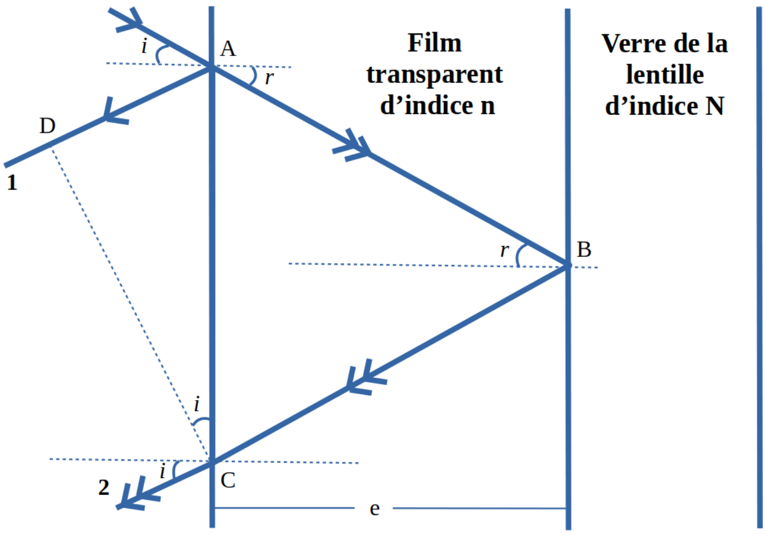
$$\boxed{\delta = 2ne\cos r + \frac{\lambda}{2}}$$

Si les deux faisceaux 1 et 2 sont en phase (les deux sont inversés, par exemple) alors :

$$\boxed{\delta = 2ne\cos r}$$

Application : traitement antireflet

La face d'entrée de la lentille est recouverte par un film très fin d'indice optique n , par exemple du fluorure de magnésium MgF_2.
L'indice optique n et l'épaisseur e de ce film sont choisis de sorte que l'interférence entre les deux rayons réfléchis 1 et 2 soit destructive, il n'y aura alors aucun reflet.



Choix de l'indice optique du film

Pour que les faisceaux 1 et 2 interfèrent efficacement, leurs intensités lumineuses respectives doivent être très proches.
Dans les conditions de Gauss, sous incidence normale, les coefficients de réflexion et de transmission sont :

$$R_{air/film} = \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2 \qquad R_{film/verre} = \left(\frac{N-n}{N+n}\right)^2 \qquad T_{air/film} = 1 \quad \text{(film transparent)}$$

Les intensités sont :

$$I_1 = I_0 R_{air/film} = I_0 \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2 \qquad \text{et} \qquad I_1 = I_2 T_{air/film} R_{film/verre} T_{air/film} = I_0 \left(\frac{N-n}{N+n}\right)^2$$

L'égalité des intensités se traduit par :

$$\frac{n-1}{n+1} = \frac{N-n}{N+n} \qquad \text{soit} \qquad \frac{n-1}{n+1} = \frac{N-n}{N+n} \qquad \text{et donc} \qquad \boxed{n = \sqrt{N}}$$

Choix de l'épaisseur du film

Sous incidence normale ($i=r=0$), l'interférence entre 1 et 2 est destructive si $\delta=\lambda\left(k+\frac{1}{2}\right)$.

Dans le cas présent $1<n<N$, donc 1 et 2 subissent tous deux une réflexion sur un milieu d'indice plus élevé, il n'y a donc pas de décalage $\frac{\lambda}{2}$ supplémentaire à prendre en compte. Donc

$$\delta=2ne\cos r=\lambda\left(k+\frac{1}{2}\right) \quad \text{avec} \quad r=0 \ , \quad \text{donc} \quad \delta=2ne=\lambda\left(k+\frac{1}{2}\right)$$

L'épaisseur e doit donc vérifier l'égalité suivante :

$$\boxed{e=\frac{\lambda}{2n}\left(k+\frac{1}{2}\right)}$$

Afin de minimiser les défauts, on a intérêt à choisir la plus petite valeur de e , c'est à dire la valeur correspondant à $k=0$: $e=\frac{\lambda}{4n}$.