III) franges d'égale épaisseur:

introduction: Quand on éclaire avec une source monochromatique une lame d'épaisseur très légèrement variable, on obtient des franges d'égale épaisseur localisées au voisinage de la lame.

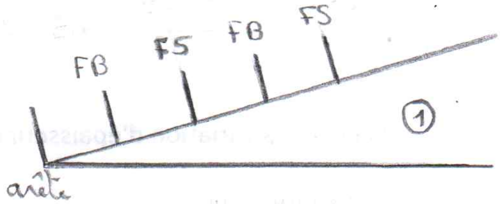
Les franges sont alternativement sombres et brillantes et présentent des formes qui dépendent de la géométrie de la lame.

A) coin d'air:

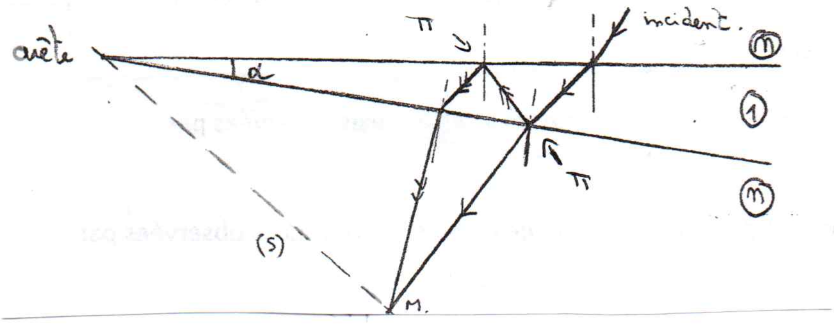
le coin d'air est un prisme d'angle α, défini entre 2 lames de verres à faces planes.

Les franges sont localisées au voisinage du coin, rectilignes, parallèles à l'arête du coin et équidistantes

exemple:

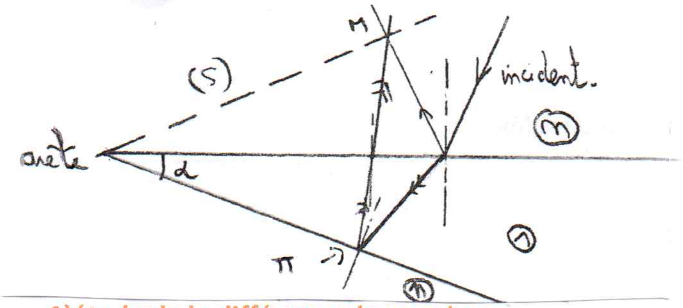


exemple de coin d'air éclairé quasi normalement et interférences par transmission:



(S) : surface
α : angle

exemple de coin d'air éclairé quasi normalement et interférences par réflexion:



1)étude de la différence de marche:

en incidence normale, on aura en transmission :

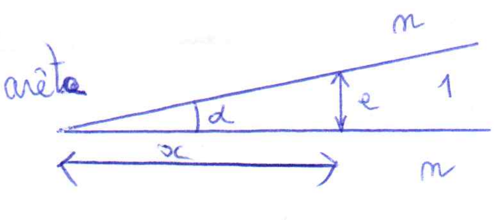
$$\delta = 2e$$ (2 déphasages de π rad donc au total pas de déphasage)

en incidence normale, on aura en réflexion :

$$\delta = 2e + \frac{\lambda}{2}$$ (il y a un déphasage de π rad)

2)étude des franges:

remarque: l'interfrange est la distance entre 2 franges de même nature (successive)



α est très faible
$\tan\alpha = \alpha_{rad}$.
$\alpha_{(rad)} = \frac{e}{x}$
$e = \alpha_{rad} \cdot x$.

x : distance de la frange à l'arête
e : épaisseur

Etudes des franges par transmission:

$\delta = 2.e$ or $p = \frac{\delta}{\lambda}$ donc $p\lambda = 2e$ puis $p = \frac{2e}{\lambda}$

quand $e = 0$, on a $p = 0$ (frange brillante au niveau de l'arête)

franges brillantes :

calcul de x : soit $p = k$ avec k entier, $k \in \mathbb{N}$

alors $k = \frac{2e}{\lambda}$ or $e = \alpha_{rad}\, x$

donc : $k = \frac{2\alpha_{rad} x}{\lambda}$ et $x = \frac{k\lambda}{2(\alpha_{rad})}$

calcul de l'interfrange:

$i = x_2 - x_1$ et k varie de 1 donc

$i = \frac{(k+1)\lambda}{2\alpha(rad)} - \frac{k\lambda}{2\alpha(rad)} = \frac{k\lambda + \lambda - k\lambda}{2(\alpha\, rad)}$

$i = \frac{\lambda}{2\alpha_{rad}}$

calcul de la variation d'épaisseur e correspondant

à une interfrange:

on a $x = \frac{k\lambda}{2\alpha_{rad}}$ puis $x\alpha_{rad} = \frac{k\lambda}{2}$

$e = \frac{k\lambda}{2}$

comme k varie de 1 alors l'épaisseur e varie de $\frac{\lambda}{2}$

franges sombres:

calcul de x : soit $p = k + \frac{1}{2}$ avec k entier, $k \in \mathbb{N}$

alors $k + \frac{1}{2} = \frac{2e}{\lambda}$ or $e = \alpha_{rad}.x$

donc $k + \frac{1}{2} = \frac{2\alpha_{rad} x}{\lambda}$ puis $x = \frac{(k + 1/2)\lambda}{2\alpha_{rad}}$

calcul de l'interfrange:

$i = x_2 - x_1$ et k varie de 1 donc

$i = \frac{(k + 1/2 + 1)\lambda}{2\alpha(rad)} - \frac{(k + 1/2)\lambda}{2\alpha(rad)} = \frac{k\lambda + 1{,}5\lambda - k\lambda - 0{,}5\lambda}{2\alpha_{rad}}$

$i = \frac{\lambda}{2\alpha(rad)}$

calcul de la variation d'épaisseur e correspondant

à une interfrange:

$x = \frac{(k + 1/2)\lambda}{2\alpha_{rad}}$ puis $x\alpha_{rad} = \frac{(k + 1/2)\lambda}{2}$

$e = \frac{(k + 1/2)\lambda}{2}$

comme k varie de 1 alors l'épaisseur e varie de $\frac{\lambda}{2}$

Etudes des franges par réflexion:

$\delta = 2e + \frac{\lambda}{2}$ or $p = \frac{\delta}{\lambda}$ donc $p\lambda = 2e + \frac{\lambda}{2}$ puis $p = \frac{2e}{\lambda} + \frac{1}{2}$

quand $e = 0$, on a $p = \frac{1}{2}$ (frange sombre au niveau de l'arête).

franges brillantes :

calcul de x : soit $p = k$ avec k entier, $k \in \mathbb{N}$

alors $k = \frac{2e}{\lambda} + \frac{1}{2} = \frac{2\alpha_{rad} x}{\lambda} + \frac{1}{2}$

puis $\left(k - \frac{1}{2}\right) = \frac{2\alpha_{rad}.x}{\lambda}$ donc $x = \frac{(k - 1/2)\lambda}{2\alpha_{rad}}$

calcul de l'interfrange:

$i = x_2 - x_1$ et k varie de 1 donc :

$i = \frac{(k - 1/2 + 1)\lambda}{2\alpha_{rad}} - \frac{(k - 1/2)\lambda}{2\alpha_{rad}} = \frac{k\lambda + 0{,}5\lambda - k\lambda + 0{,}5\lambda}{2\alpha_{rad}}$

$i = \frac{\lambda}{2\alpha_{rad}}$

calcul de la variation d'épaisseur e correspondant

à une interfrange:

$x = \frac{(k - 1/2)\lambda}{2\alpha_{rad}}$ puis $\frac{e}{\alpha_{rad}} = \frac{(k - 1/2)\lambda}{2\alpha_{rad}}$

$e = \frac{(k - 1/2)\lambda}{2}$

comme k varie de 1 alors l'épaisseur e varie de $\frac{\lambda}{2}$

franges sombres:

calcul de x : soit $p = k + \frac{1}{2}$ k entier, $k \in \mathbb{N}$

alors $k + \frac{1}{2} = \frac{2e}{\lambda} + \frac{1}{2} = \frac{2\alpha_{rad} x}{\lambda} + \frac{1}{2}$

puis $k = \frac{2\alpha_{rad} x}{\lambda}$

donc $x = \frac{k\lambda}{2\alpha_{rad}}$

calcul de l'interfrange:

$i = x_2 - x_1$ et k varie de 1 donc :

$i = \frac{(k+1)\lambda}{2\alpha_{rad}} - \frac{k\lambda}{2\alpha_{rad}} = \frac{k\lambda + \lambda - k\lambda}{2\alpha} = \frac{\lambda}{2\alpha_{rad}}$

calcul de la variation d'épaisseur e correspondant

à une interfrange:

$x = \frac{k\lambda}{2\alpha_{rad}}$ puis $\frac{e}{(\alpha_{rad})} = \frac{k\lambda}{2\alpha_{rad}}$

$e = \frac{k\lambda}{2}$

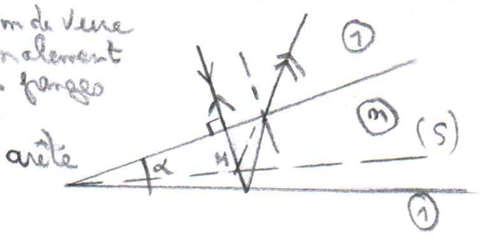
comme k varie de 1 alors l'épaisseur e varie de $\frac{\lambda}{2}$

B) coin de verre:

Il s'agit d'un prisme de verre (indice n) d'angle α très petit .

Les franges sont localisées au voisinage du coin, rectilignes, parallèles à l'arête du coin et équidistantes.

exemple de coin de verre éclairé normalement et observation des franges par réflexion.



1) étude de la différence de marche:

en incidence normale, on aura en transmission :

$$\delta = 2ne$$

en incidence normale, on aura en réflexion :

$$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$$

2) étude des franges:

on reprend la méthode précédente puis on trouvera:

Etudes des franges par transmission:

$\delta = 2ne$ or $p = \frac{\delta}{\lambda}$ donc $p\lambda = 2ne$ puis $\frac{2ne}{\lambda} = p$.

quand $e = 0$, on a $p = 0$ (frange brillante au niveau de l'arête)

franges brillantes :

calcul de x : $x = \frac{k\lambda}{2n\alpha(rad)}$

calcul de l'interfrange: $i = \frac{\lambda}{2n\alpha(rad)}$

calcul de la variation d'épaisseur e correspondant

à une interfrange: $e = \frac{k\lambda}{2n}$

k varie de 1, e varie de $\frac{\lambda}{2n}$.

franges sombres:

calcul de x : $x = \frac{(k + 1/2)\lambda}{2n\alpha_{rad}}$

calcul de l'interfrange: $i = \frac{\lambda}{2n\alpha_{rad}}$

calcul de la variation d'épaisseur e correspondant

à une interfrange: $e = \frac{(k + 1/2)\lambda}{2n}$.

k varie de 1, e varie de $\frac{\lambda}{2n}$.

Etudes des franges par réflexion:

$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$ or $p = \frac{\delta}{\lambda}$ donc $p\lambda = 2ne + \frac{\lambda}{2}$ puis $p = \frac{2ne}{\lambda} + \frac{1}{2}$

quand $e = 0$, on a $p = \frac{1}{2}$ (frange sombre au niveau de l'arête)

franges brillantes :

calcul de x : $x = \frac{(k - 1/2)\lambda}{2n\alpha_{rad}}$

calcul de l'interfrange: $i = \frac{\lambda}{2n(\alpha_{rad})}$

calcul de la variation d'épaisseur e correspondant

à une interfrange:

$$e = \frac{(k - 1/2)\lambda}{2n}.$$

comme k varie de 1, alors e varie de $\frac{\lambda}{2n}$.

franges sombres:

calcul de x : $x = \frac{k\lambda}{2n\alpha_{rad}}$

calcul de l'interfrange: $i = \frac{\lambda}{2n\alpha_{rad}}$

calcul de la variation d'épaisseur e correspondant

à une interfrange:

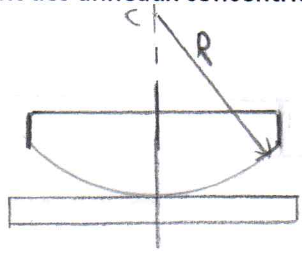
$$e = \frac{k\lambda}{2n}.$$

k varie de 1, e varie de $\frac{\lambda}{2n}$.

C) anneaux de Newton:

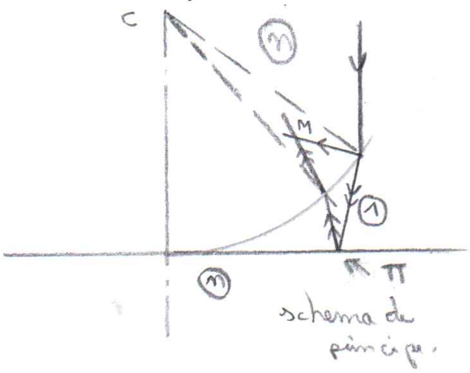
C'est une variente du coin d'air. Pour le dispositif de base, c'est une lentille plan convexe posée sur une lame.

Les franges sont localisées au voisinage de la lame d'air, et se sont des anneaux concentriques de centre O et qui se resserent de plus en plus du centre vers la périphérie.



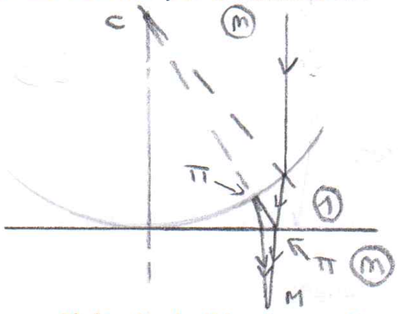
1) étude de la différence de marche:

anneaux de Newton par réflexion:



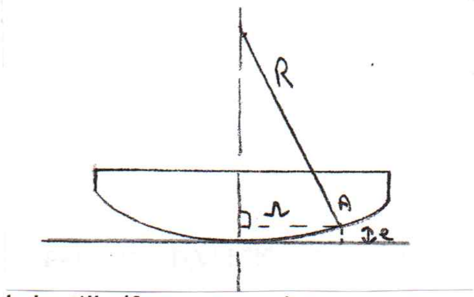
en incidence normale: $\delta = 2e + \frac{\lambda}{2}$

anneaux de Newton par transmission:



en incidence normale: $\delta = 2e.$

2) étude de l'épaisseur du coin d'air en fonction du rayon de l'anneau:



pour simplifier, on considère la frange d'interférence situé en A.

R: rayon de la lentille (face convexe)

r: rayon de l'anneau

e: épaisseur du coin d'air

D'après le théorème de Pythagore: $R^2 = r^2 + (R-e)^2$

$r^2 = R^2 - (R-e)^2 = R^2 - (R^2 + e^2 - 2Re)$

$r^2 = -e^2 + 2Re$

or $e \ll 2R$ donc $r^2 = 2Re$

$e = \frac{r^2}{2R}$

ou bien $r = \sqrt{2Re}$

3) calcul des anneaux:

pour la transmission:

$\delta = 2e$ puis $p\lambda = 2e$ puis $p = \frac{2e}{\lambda}$ puis d'après l'expression précédente :

$p = \frac{r^2}{\lambda R}$ puis $r = \sqrt{p\lambda R}$

quand $e = 0$ alors $\delta = 0$ et $p_0 = p = 0$ (ordre au centre, point brillant).

quand $r \nearrow$, $e \nearrow$, $p \nearrow$

$p \geq p_0$.

pour la réflexion:

$\delta = 2e + \frac{\lambda}{2}$ puis $p = \frac{2e}{\lambda} + \frac{1}{2}$ puis d'après l'expression précédente :

$p = \frac{r^2}{\lambda R} + \frac{1}{2}$

puis $r = \sqrt{(p - 0{,}5)\lambda R}$.

quand $e = 0$ alors $\delta = \frac{\lambda}{2}$ donc $p = p_0 = \frac{1}{2}$ (ordre au centre, point sombre).

quand $r \nearrow$, $e \nearrow$, $p \nearrow$.

$p \geq p_0$.

ex : $p_0 = 0{,}5$.

1° AS : $p_1 = 1{,}5$	1er A.B : $p_1 = 1$
2° AS : $p_2 = 2{,}5$.	2ème A.B : $p_2 = 2$