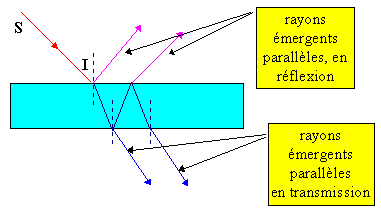
**Chapitre 4 : Interférences localisées : Lame à faces parallèles**

1. **Expérience**

Soit une lame à faces parallèles, d’épaisseur e, formée d’un milieu transparent et isotrope d’indice n. La lame baigne dans l’air.



Un rayon incident SI sur la lame parallèle donne par réflexion et par transmission 2 familles de rayons :

- Une famille de rayons réfléchis et cohérents entre eux : R1 ; R2 ; R3…

- Une famille de rayons transmis et cohérents entre eux : T1 ;T2 ; T3….

Les rayons réfléchis vont interférer entre eux. De même pour les rayons transmis. Les rayons R1 ; R2 ; R3… sont parallèles entre eux. De même les rayons transmis T1 ; T2 ; T3… sont parallèles entre eux.

On dit que R1 ; R2 ; R3… et que T1 ; T2. T3… interférent à l’infini (ils se coupent à l’infini)

A travers une lame à faces parallèles, on observe des interférences localisées à l’infini.

1. **Observation**

En faisant l’expérience, on s’aperçoit que l’intensité des rayons réfléchis R1 ; R2 ; R3… et celle des rayons transmis T1 ; T2 T3… diminue jusqu’à être quasiment nulle.

IR1 > IR2> IR3….>…>…

n1

Io IR IR < Io et IT<Io

dioptre

n2

IT

Quand un rayon incident arrive sur un dioptre séparant 2 milieux d’indices différents, l’intensité du rayon réfléchi IR et celle du rayon transmis IT sont différentes de celle du rayon incident.

Ceci est dû au coefficient de réflexion R du dioptre et au coefficient de transmission T du dioptre.

A chaque rayon correspond une intensité et une amplitude I = a2

Soit a l’amplitude du rayon incident.

L’amplitude de R1 est a1, de T1 est a2, de R2 est a3, de T2 est a4…..

Lorsqu’un rayon subit une réflexion, l’amplitude initiale a est modifiée, à cause du coefficient de réflexion de la lame.Il en est de même pour les rayons transmis.

* Le coefficient de réflexion en amplitude est r =
* Le coefficient de réflexion en intensité est R = r2
* Le coefficient de transmission en amplitude est t =
* Le coefficient de transmission en intensité est T = t2

On a **T = 1- R** et **R =( )2**(pour un dioptre séparant n1 de n2)

a1 = r. a a2 = t2 .a

a3 = r.t2 .a a4 = r2t2.a

a5 = r3.t2.a a6 = r4 t2.a

Application :

n =1.5 La lame baigne dans l’air.

* Calculer le facteur de Réflexion
* Calculer le facteur de transmission
* Calculer les l’amplitude a1, a2, a3, a4, a5 et a6 de chaque rayon, en fonction de a l’amplitude du rayon incident.

Conclusion : Par la suite, seuls les 2 premiers rayons réfléchis R1 et R2 (ou transmis T1 et T2) seront schématisés.

Les amplitudes de R3 ; R4… T3 ; T4…. étant négligeables.

1. Dispositif expérimental

Afin d’observer les franges localisées à l’infini obtenues soit en réflexion soit en transmission, on utilise une lentille convergente. Si un écran est placé dans le plan focal image de celle-ci, la figure d’interférences est alors projetée sur l’écran.

1. Observation en transmission

e

1 1 M

n T1

r i F’L

r

r i i

i r T2

[L]

1. Observation en réflexion

F’L M Ecran

[L]

i i i i 1

e r r n

r

1

1. Etude théorique
2. Calcul de l’intensité

I = a12 +a22+2a1a2 cos Δφ

a1 et a2 amplitudes de R1 et R2 si étude en réflexion

a1 et a2 amplitudes de T1 et T2 si étude en transmission

avec Δφ =

1. Etude de la différence de marche

*On ne démontre plus δT = δ géométrique + δ physique mais le schéma est obligatoire.*

Comme pour l’interféromètre de Young, on va étudier la différence de marche en fonction des caractéristiques de la lame et déterminer la forme des franges.

On calculera la différence de chemin optique entre les 2 rayons R1 et R2.

**δT = δ géométrique + δ physique**

A

S R1 R2 B

1 i i (SCHEMA OBLIGATOIRE)

I i K

n e r

J

1

**Démonstration :**

Le chemin optique de R1 est (SIHA). Celui de R2 est (SIJKB).

δ géo = (SIJKB) –(SIHA)

= (SI) +(IJ) +(JK) +(KB) –(SI) – (IH) – (HA)

Avec (KB) = (HA) et (IJ) = (JK)

δ géo = 2 (IJ) –(IH)

(IJ) est le chemin optique dans la lame : (IJ) = n. IJ et (IH) = IH car n=1

Alors δ = 2n IJ -IH

* Calcul de IJ : cos r = alors IJ =
* Calcul de IH : sin i = alors IH = sin I . IK
* Détermination de IK: IK = 2KL et tan r = alors KL = e. tan r

IK = 2 e. tan r

Alors IH = sin i . 2e.tan r

δ géo = 2n – sin i. 2e.tan r or sin i .2e. tan r = sin i .2e et sin i = n. sin r

= 2n.e

δ géo = 2n 2n.e = (1-sin2 r) = cos2 r

**δ géo = 2n.e cos r**

La différence de marche physique δphysique doit être automatiquement ajoutée à δ géometrique. Elle est dûe à la réflexion.

* Si la réflexion se fait sur un milieu + réfringent δphy =
* Si la réflexion se fait sur un milieu – réfringent δphy = 0

Exemples :

Remarque : est à ajouter lorsque les 2 réflexions en I et en J sont de natures opposées.

Si les 2 réflexions en I et en J sont de même nature, δT = δgéo

La différence de marche en réflexion et en transmission varie de

**δT = δgéo (+**

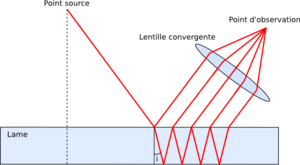
1. Forme des franges d’interférences

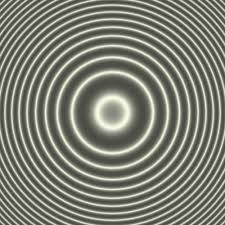
Les points situés sur la même frange ont la même intensité et le même ordre d’interférence : **ils sont dans le même état d’interférence**. Pour ces points I = constante

Si I= cte 🡪 cos Δφ= cte 🡪 Δφ= cte 🡪 δ= cte 🡪 2n.e cos r = cte 🡪r =cte 🡪 i = cte

Sur l’écran, la figure d’interférences est représentée par des anneaux alternativement brillants et sombres. Ces franges d’interférences sont appelées **anneaux d’égale inclinaison**.

Tous les rayons transmis ou réfléchis qui interférent au niveau d’un même anneau ont des rayons incidents inclinés d’un même angle. Ces anneaux **ne sont pas équidistants** les uns des autres.



 Système d’anneaux à centre sombre (Fabry Perrot)

 Système d’anneaux à centre brillant (Michelson)

* Aspect de la frange centrale :

Elle est définie pour une incidence normale, alors i = 0°

F’L

Ecran

1 I

n

e

1 J

Soit p0 l’ordre d’interférence pour la frange centrale.

Soit p0 = si δT = δgéo ,

Soit p0= +1/2 si δT = δgéo +1/2 =2n.e +1/2

Si i = 0 🡪 r = 0

δT = δgéo + (λ/2)

= 2n.e cos r + (λ/2)

= 2n.e + (λ/2)

**Suivant la valeur de p0, on pourra déterminer l’aspect de la frange centrale.**

**-Si p0 est un nombre entier, l’interférence est constructive, la frange centrale est brillante.**

**-Si p0 est un nombre entier +1/2, l’interférence est destructive, la frange centrale est sombre.**

1. Détermination du rayon de valeur x d’un anneau donné

1 1 M M

n x

F’L x F’L

e Ecran Ecran vu de face

tan i = i est petit 🡪 i = alors x = i. f’L

calcul de l’angle i :

en M : pM = = en p0 = =

= =

Remarque : Quand i =0 ; r = 0 ; cos r =1 (valeur maximum de cos r )

Alors δgéo = 2 n e est la valeur maximum alors p0 > pM

p0 - pM = -

= (1- cos r)

Au voisinage du centre, les angles sont petits et on peut écrire cos r 1 –

Ainsi p0 - pM = (1-( 1-))

=

En approximant la loi de Descartes par la loi de Kepler (i = n.r),

on peut écrire r =

Alors p0 -pM = .

=  **i =**

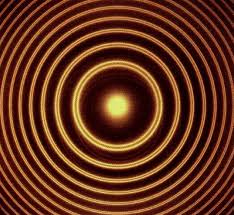
Ainsi x = i . f’L

**x = . f’L**

Attention :

* Si p0-pM est un nombre entier, alors l’anneau en M est de même nature que le centre.
* Si p0-pM est un nombre entier +1/2 l’anneau en M est de nature opposée à celle du centre.

L’ordre d’intensité p décroit à partir du centre.



Ordre 2

Ordre 1

Ordre 0

Remarque : Plus on s’éloigne du centre, plus les anneaux se rapprochent.

* Entre un anneau brillant et un anneau sombre consécutifs :
* **Δφ varie de π**
* **δ varie de λ/2**
* **p varie de ½**

Δp entre 2 anneaux consécutifs de natures opposées est Δp = ½

* Entre 2 anneaux de même nature :
* **Δφ varie de 2π**
* **δ varie de λ**
* **p varie de 1**

Remarque : Les anneaux n’étant pas équidistants, on ne parle pas d’interfrange.

Application :

Soit une lame à faces parallèles : n =1.5 e= 0.1mm

On observe le phénomène d’interférences en transmission sur un écran grâce à une lentille convergente f’L = 20cm

On utilise λ= 400 nm

1. Faire un schéma de l’ensemble
2. Déterminer δ
3. Déterminer la nature de la frange centrale
4. Déterminer le rayon du 6è anneau brillant observé sur l’écran
5. Déterminer l’ordre d’interférence de ce 6è anneau brillant
6. Même question que 3) et 4) pour le 5è anneau sombre

Exercice :

Deux lames à faces parallèles délimitent une lame d’air à faces parallèles d’épaisseur e. L’ensemble est éclairé par un faisceau lumineux cylindrique monochromatique de longueur d’onde λ= 0,546

1. Faire un schéma de l’ensemble
2. Démontrer que l’expression de la différence de marche entre deux rayons interférant est de la forme :

δ = 2e cos i + λ/2

1. On photographie les interférences avec un objectif de 50mm de distance focale. Où faut-il faire la mise au point ?
2. Le négatif est agrandi 5 fois. On mesure sur la photographie le rayon du premier et du cinquième anneau brillant à partir du centre. On trouve R1 = 20mm et R5 =38.6 mm.

En déduire l’épaisseur e de la lame.