LES INTERFERENCES

Les interférences sont des phénomènes lumineux qui se présentent sous forme de variations d'intensité ou de couleur : ce sont les franges d'interférences. Leurs études permettent par exemple de détecter les défauts de surfaces d'un matériau, de comprendre le fonctionnement d'un traitement antireflet, de mesurer l'épaisseur d'une couche mince, de mesurer le rayon de courbure d'un dioptre.

plan du cours:

I) interférences de 2 ondes lumineuses

II) les franges d'égale inclinaison

III) les franges d'égale épaisseur

I) interférences de 2 ondes lumineuses

A) conditions pour obtenir des interférences:

2 vibrations ne peuvent interférer que si elles sont cohérentes:

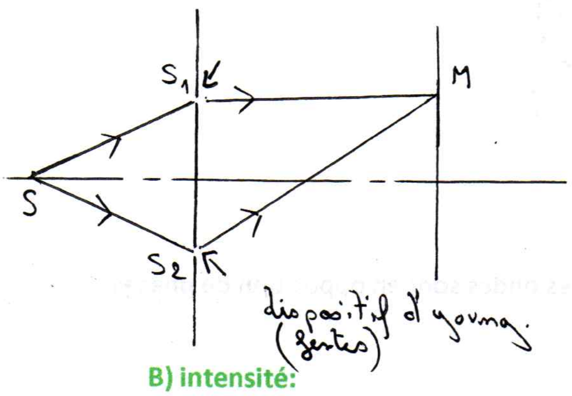
-cohérence temporelle si les vibrations sont monochromatiques

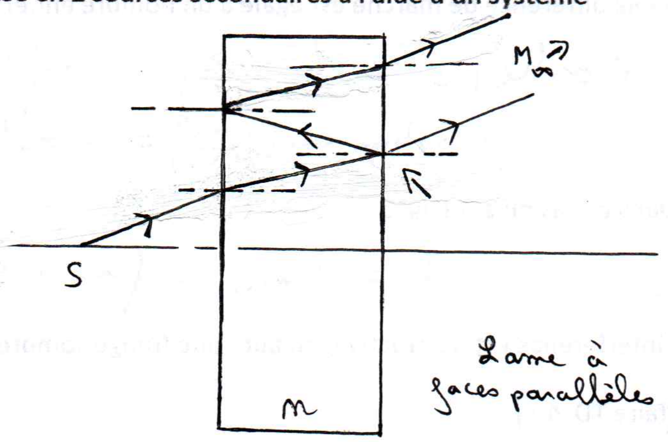
-cohérence spatiale si la source est ponctuelle

Il faut que les 2 sources soient cohérentes (identiques) pour qu'il y ait interférence.

Il n'est pas possible d'obtenir 2 sources cohérentes à partir de 2 sources différentes.

On crée des sources cohérentes à partir d'une seule source que l'on divise en 2 sources secondaires à l'aide d'un système optique:





B) intensité:

lorsqu'il y a interférences, l'intensité lumineuse varie.

Calcul de l'intensité résultante de 2 vibrations cohérentes:

$$I = a^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2\cos(\varphi) \qquad (\text{avec } \varphi = \varphi_1 - \varphi_2).$$

ici la différence de phases ou déphasage des 2 ondes qui interférent est:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \left(\frac{2\pi L_1}{\lambda}\right) - \left(\frac{2\pi L_2}{\lambda}\right) = 2\pi\left(\frac{L_1 - L_2}{\lambda}\right)$$

L1 - L2 est la différence de marche (ou différence de chemin optique) entre 2 vibrations qui intérferent, noté δ.

$$\text{ainsi : } \varphi = \frac{2\pi\delta}{\lambda}$$

remarque: la forme de la figure d'interférence est une sinusoide présentant des maximums et des minimums d'intensité.

on appelle ordre d'interférence, la quantité $p = \frac{\delta}{\lambda}$

p est un nombre attribué a chaque frange.

- si p est un nombre entier: soit $p = k$ avec $k \in \mathbb{Z}$ (entier relatif).

$$\delta = p.\lambda \text{ donc } \delta = k\lambda.$$

>>>la différence de marche est égale a un nombre entier de fois la longueur d'onde.

$$\cos(\varphi) = \cos\left(\frac{2\pi\delta}{\lambda}\right) = \cos(2\pi k) = +1.$$

Dans ce cas on aura $I = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2$

$$I = I_{max} = (a_1 + a_2)^2$$

l'interférence est constructive, on aura une frange claire (brillante), intensité maximum et les ondes sont en phases.

- si p est un nombre demi-entier: soit $p = k + \frac{1}{2}$ avec $k \in \mathbb{Z}$ (entier relatif).

$$\delta = p.\lambda \text{ donc } \delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

>>>la différence de marche est égale a un nombre entier de fois la longueur d'onde plus une demi longueur d'onde.

$$\cos(\varphi) = \cos\left(\frac{2\pi\delta}{\lambda}\right) = \cos\left(2\pi\left(k + \frac{1}{2}\right)\right) = -1$$

$$\left(\text{ou bien } \cos\left(\frac{2\pi\delta}{\lambda}\right) = \cos\left((2k+1)\pi\right) = -1\right)$$

Dans ce cas on aura $I = a_1^2 + a_2^2 - 2a_1a_2$

$$I = I_{min} = (a_1 - a_2)^2$$

l'interférence est déstructive, on aura une frange sombre, intensité minimum et les ondes sont en opposition de phases.

(faire TD 10)

C) le contraste:

$$\Gamma = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} = \frac{2a_1.a_2}{a_1^2 + a_2^2}$$

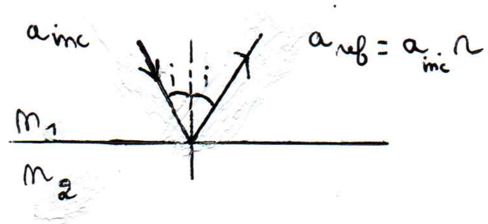
$$0 \leqslant \Gamma \leqslant 1.$$

remarque: $\Gamma = 1$ quand $a_1 = a_2$ -> contraste maximal.

D) coefficient de réflexion et de transmission:

-coefficient de réflexion en <u>amplitude</u>: r

$$r = \frac{a \text{ réfléchi}}{a \text{ incident}} \quad \text{et} \quad r = \frac{|n_2 - n_1|}{n_2 + n_1}$$



-coefficient de réflexion en <u>intensité</u>: R

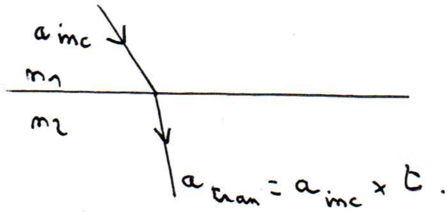
comme $I = a^2$, on a $R = \dfrac{I \text{ réfléchi}}{I \text{ incident}}$

$$\text{et } R = r^2 = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}\right)^2$$

-coefficient de transmission en <u>amplitude</u>: t

$$t = \frac{a \text{ transmis}}{a \text{ incident}}$$

$$t = \sqrt{1 - r^2}$$



- coefficient de transmission en <u>intensité</u>: T

$$T = \frac{I_{\text{transmis}}}{I_{\text{incident}}} \quad \text{et } R + T = 1 \quad \text{donc } T = 1 - R$$

$$\text{et } T = t^2$$

$$(\text{ou } t = \sqrt{T})$$

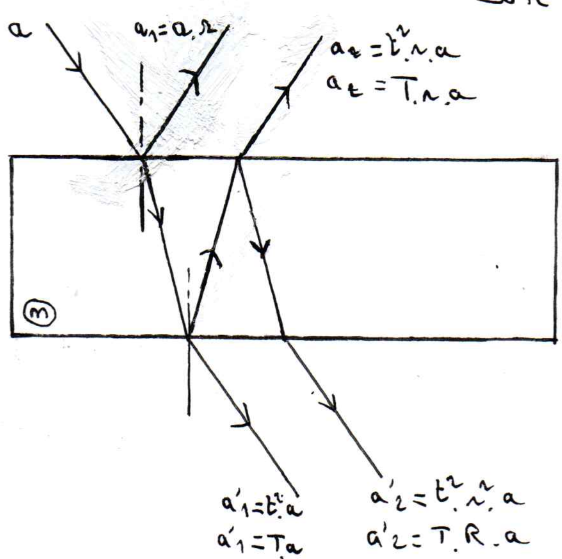
remarque: le coefficient de transmission d'un système composé de plusieurs dioptres est égal au produit des coefficients de chacun des dioptres:

$$T_{syst} = T_1 \times T_2 \times \dots$$

aussi $R_{syst} = 1 - T_{syst}$.

exemple de calcul des amplitudes de 2 rayons réfléchis et de 2 rayons réfractés par une lame à faces parallèles:

Soit $a = a$ inc.



- 1er rayon réfléchi (a_1):
  1 réflexion donc $a_1 = a\,r$.
- 2ème rayon réfléchi (a_2):
  1 transmission, 1 réflexion, 1 transmission
  donc $a_2 = t^2 . r . a$

- 1er rayon transmis (a'_1):
  1 transmission, 1 transmission donc $a'_1 = t^2 a$.
- 2ème rayon transmis (a'_2):
  t, r, r, t donc $a'_2 = t^2 . r^2 a$.