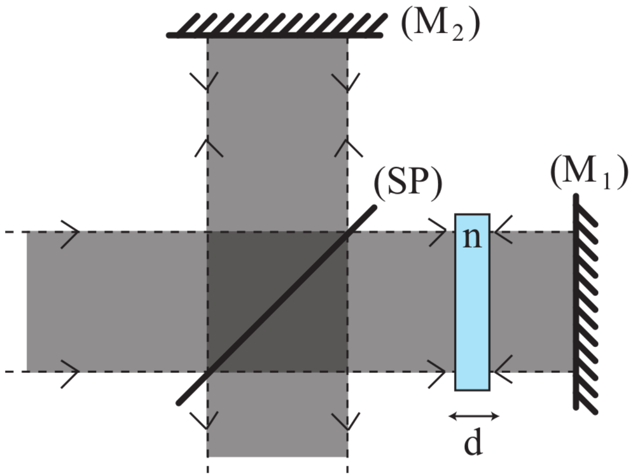
Mesure de l'épaisseur d'une lame

L'interféromètre de Michelson a été réglé en lame d'air à faces parallèles. Les miroirs sont éclairés sous incidence normale par un faisceau de rayons lumineux parallèles monochromatiques.

1) Comment a-t-on réalisé le faisceau d'éclairage ?

2) Décrire la répartition de l'intensité lumineuse sur l'écran.

3) On déplace le miroir M_1 de façon à ce que son image par la séparatrice coïncide avec le miroir M_2. Comment appelle-t-on cette configuration et quelle est la valeur de l'éclairement sur l'écran ?



À partir la configuration précédente, on place maintenant sur la voie 1 de l'interféromètre une lame de verre transparente d'indice $n = 1,5$, à faces parallèles et d'épaisseur d et on la suppose traversée sous incidence normale.

4) Déterminer la différence de marche supplémentaire due à la lame. Décrire alors la nouvelle répartition de l'intensité lumineuse sur l'écran.

5) En supposant que l'on observe une figure entièrement noire sur l'écran, que peut-on dire sur l'épaisseur de la lame ?

On utilise finalement un laser accordable dont on peut faire varier légèrement la longueur d'onde (les longueurs seront supposées suffisamment proches pour pouvoir négliger la variation d'indice de la lame). On observe deux figures entièrement noires pour $\lambda_1 = 726,5$ nm et $\lambda_2 = 737,2$ nm (avec $\lambda_2 > \lambda_1$), et on n'observe pas de figure entièrement noire pour $\lambda \in [\lambda_1 ; \lambda_2]$.

6) Déterminer l'épaisseur d de la lame.

Correction

Correction

1) On place une source ponctuelle au point focal objet d'une lentille mince convergente.

2) Pour une lame d'air d'épaisseur e (distance entre M_1' et M_2, où M_1' est l'image de M_1 à travers la séparatrice) ,la différence de marche vaut :

$$\delta = 2e\,\cos(i)$$

Or ici l'incidence est normale pour $i = 0$. Donc :

$$\delta = 2e$$

On observe sur l'écran un éclairement uniforme, dont l'intensité dépend de la valeur de e :

$$I = 2I_0\left[1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}2e\right)\right]$$

3) Il s'agit du cas où $e = 0$. C'est le contact optique.

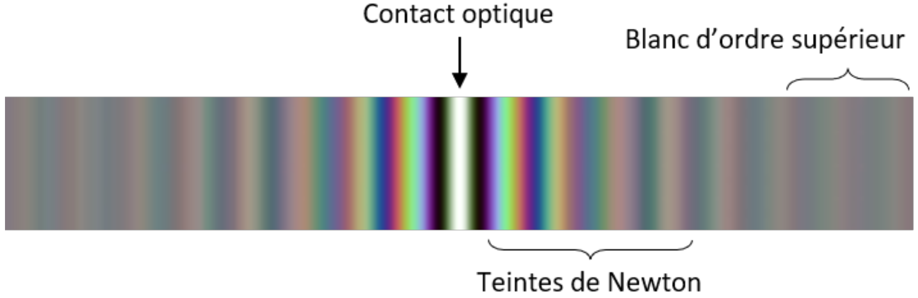
4) Dans l'un des bras, le rayon parcourt deux fois (aller et retour) l'épaisseur d d'indice n tandis que dans l'autre bras, le rayon parcourt deux fois l'épaisseur d d'indice 1. On en déduit :

$$\boxed{\delta = 2d\,(n-1)}$$

L'intensité observée sur l'écran vaut :

$$I = 2I_0\left[1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}2d\,(n-1)\right)\right]$$

On observe de nouveau un éclairement uniforme. Compte tenu de la taille typiquement des lames de verre ($d > 10$ µm) la différence de marche ajoutée est tellement grande que l'on a passé les teintes de Newton et que l'on se trouve dans le blanc d'ordre supérieur.



5) Dans le cas où $I = 0$, on a :

$$\boxed{p = \frac{\delta}{\lambda} = k + \frac{1}{2} \quad \text{avec :} \quad k \in \mathbb{Z}}$$

Pour la suite :

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{2k+1}{2\delta} \quad \text{avec :} \quad \delta = 2d\,(n-1)$$

6) On note k l'entier responsable de l'annulation de la longueur d'onde λ_2. Puisqu'il n'y a pas d'annulation entre λ_1 et λ_2, l'entier $k+1$ est responsable de l'annulation de la longueur d'onde λ_1 Ainsi :

$$\frac{1}{\lambda_2} = \frac{2k+1}{2\delta} \quad \text{et} \quad \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2\,(k+1)+1}{2\delta}$$

On élimine k de l'équation puis on isole d (qui se trouve dans δ).

$$\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} = \frac{2}{4d\,(n-1)} \quad \Rightarrow \quad \boxed{d = \frac{1}{2\,(n-1)}\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right)^{-1} = 50\ \text{µm}}$$