

3.4 Filtre interférométrique

Note historique. Premiers filtres interférentiels à couches minces à la fin des années 1930 (Geffcken, 1939) ; les miroirs multicouches diélectriques, développés ensuite, donnent des bandes de l'ordre du nanomètre.

3.4.1 Principe

Un filtre interférométrique est un Fabry-Pérot à couches minces : les deux « lames » sont des **miroirs de Bragg**, empilements de couches diélectriques d'indices alternés et séparées par une couche d'épaisseur e , l'espaceur. Il ne transmet qu'une bande étroite autour de λ_0 , avec $2ne = p\lambda_0$ et un ordre p petit (1 ou 2).

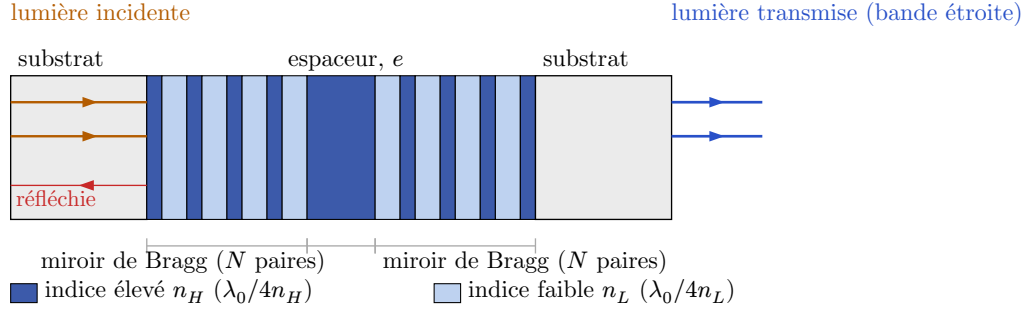


Fig. 31. – Filtre interférométrique : espaceur demi-onde entre deux miroirs de Bragg à couches quart d'onde (échelle non respectée).

3.4.2 Miroirs de Bragg

Chaque couche a une épaisseur optique $\lambda_0/4$: un aller-retour ajoute une différence de marche $\lambda_0/2$, soit un déphasage de π . Le coefficient de réflexion change de signe d'une interface à la suivante, ce qui ajoute un second déphasage de π : toutes les ondes réfléchies sont en phase. Le coefficient de réflexion R tend vers 1 avec le nombre N de paires, sur une zone de largeur relative

$$\frac{\Delta\lambda_B}{\lambda_0} = \frac{4}{\pi} \arcsin\left(\frac{n_H - n_L}{n_H + n_L}\right), \quad (43)$$

soit environ 29% pour $n_H = 2,3$ (TiO_2) et $n_L = 1,46$ (SiO_2).

3.4.3 Bande passante

L'espaceur est une cavité de Fabry-Pérot : on retrouve la fonction d'Airy, avec des miroirs de réflectance R très proche de 1. La bande transmise a pour largeur $\delta\lambda = \lambda_0/(pF)$, où $F = \pi\sqrt{R}/(1-R)$ est la finesse. Comme p est petit, l'intervalle spectral libre λ_0/p est immense : une seule bande dans le visible.

Largeur de la bande passante

$$\delta\lambda = \frac{\lambda_0}{pF}, \quad F = \frac{\pi\sqrt{R}}{1-R} \quad (44)$$

Ordre de grandeur : $R = 0,99$ donne $F \simeq 310$; avec $p = 1$ et $\lambda_0 = 550$ nm, la bande passante vaut $\delta\lambda \simeq 1,8$ nm.

3.4.4 Incidence oblique

La condition de transmission devient $2ne \cos \theta' = p\lambda$, où θ' est l'angle de réfraction dans l'espaceur. La longueur d'onde transmise diminue donc quand on incline le filtre :

$$\lambda_0(\theta) \simeq \lambda_0 \left(1 - \frac{\sin^2 \theta}{2n^2}\right). \quad (45)$$

Pour $n = 2$ et $\theta = 10^\circ$, le décalage vaut environ -2 nm, comparable à la bande passante : on peut accorder le filtre en l'inclinant.

En résumé : Fabry-Pérot à miroirs de Bragg et à espaceur très mince, de bande passante de quelques nanomètres, pour isoler une raie ou séparer des canaux.

Pour aller plus loin. H. A. Macleod, *Thin-Film Optical Filters*, CRC Press ; M. Born et E. Wolf, *Principles of Optics*, Cambridge University Press.