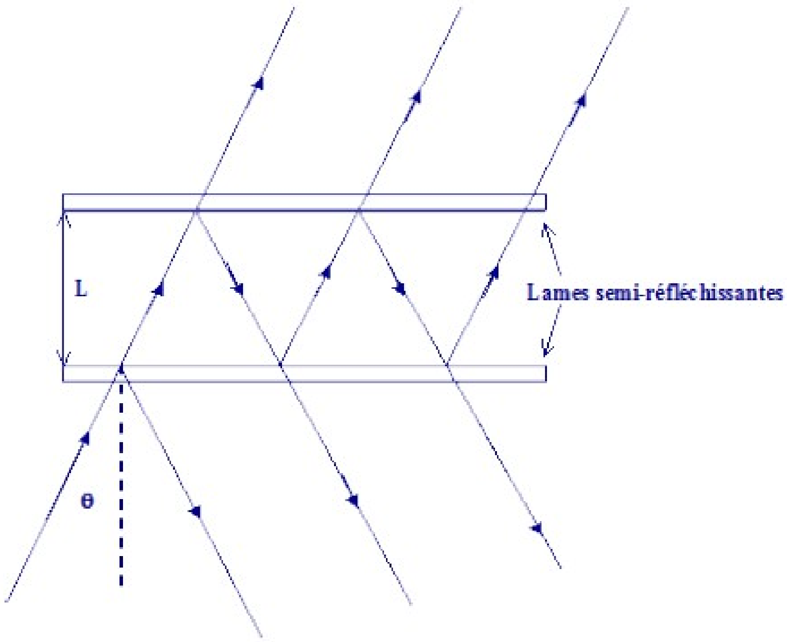
Animation

Filtre interférentiel

Menu

par Gilbert Gastebois

1. Schéma



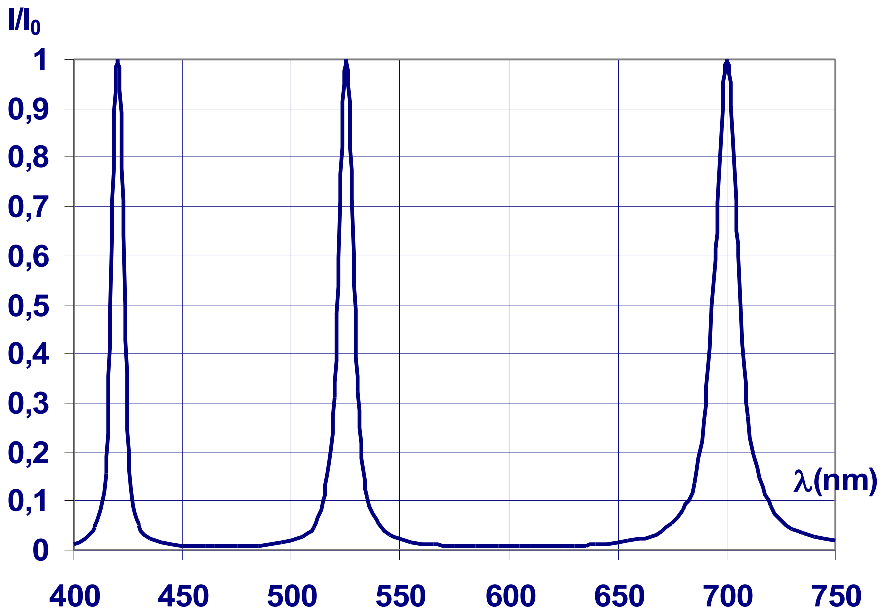
Un filtre interférentiel est constitué de deux lames semi-réfléchissantes parallèles séparées d'une distance L entre lesquelles se trouve un milieu transparent d'indice n qui peut être de l'air.
Le coefficient de réflexion des lames est voisin de 95%
Un rayon qui entre entre les deux lames se réfléchit un très grand nombre de fois avant de sortir.
A chaque réflexion, une portion R de l’intensité est réfléchie et une portion (1 - R) est transmise.
Les rayons qui sortent interférent à l'infini ou dans le plan focal d'une lentille.
L’interférence multiple ne peut être constructive que si tous les rayons sont approximativement en phase et ceci d'autant plus que le nombre de rayons est important donc que R est grand.
Sur le schéma, l'angle θ a été fortement exagéré pour des raisons de visibilité. En réalité, il est très proche de 0.
Les rayons ne sont en phase que pour certaines longueurs d'onde λ particulières qui dépendent de L. On a donc un dispositif qui sélectionne certaines longueurs d'onde, voire une seule si L est assez petit.

2. Intensité de la lumière sortante

L'angle θ étant nul, la différence de marche entre deux rayons consécutifs correspond simplement à un aller-retour dans un milieu d'indice n. Elle vaut :
$\delta = 2nL$

Soit A_0 l'amplitude de la lumière entrante.
A chaque réflexion l'intensité est multipliée par R donc l'amplitude est multipliée par $R^{1/2}$ et à chaque transmission, l'amplitude est multipliée par $(1 - R)^{1/2}$.
Donc après p allers-retours entre les deux lames (et 2 transmissions),
$A_n = (1 - R)\, A_0\, R^p\, e^{-jp\varphi}$ φ étant le déphasage entre deux rayons sortants successifs.
$\varphi = 2\pi\, \delta/\lambda = 4\pi\, nL/\lambda$
$A_n = (1 - R)\, A_0\, R^p\, e^{-jp\varphi} = (1 - R)\, A_0\, (R\, e^{-j\varphi})^p$
$A = \Sigma\, A_n = (1 - R)\, A_0 (1 - R^N\, e^{-jN\varphi}) / (1 - R\, e^{-j\varphi})$ N est le nombre maximal d'allers retours, ce nombre étant très grand car R proche de 1, $R^N << 1$. On arrondit donc à :
$A = (1 - R)\, A_0 / (1 - R\, e^{-j\varphi})$
$I = AA^* = (1 - R)^2\, A_0^2 /((1 - R\, e^{-j\varphi})\, (1 - R\, e^{j\varphi})) = (1 - R)^2\, I_0 /((1 - R(e^{j\varphi} + e^{-j\varphi}) + R^2)$
$I = (1 - R)^2\, I_0 /((1 - 2R \cos\varphi + R^2)$
$I = (1 - R)^2\, I_0/((1 + R^2 - 2R(1 - 2\sin^2(\varphi/2)) = (1 - R)^2\, I_0/((1 - R)^2 + 4R\sin^2(\varphi/2))$
$I = I_0/(1 + 4R/(1 - R)^2\ \sin^2(\varphi/2))$

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{I_0}}{\mathbf{1} + \dfrac{\mathbf{4R}}{(\mathbf{1-R})^2}\,\mathbf{\sin^2}\left(\dfrac{\mathbf{2\pi n L}}{\boldsymbol{\lambda}}\right)}$$



R = 85%

L = 1,05 µm

λ = 0,70 µm (k = 3)
λ = 0,525 µm (k = 4)
λ = 0,42 µm (k = 5)

Si R est voisin de 1, I n'est significativement différent de zéro que si :
$2\, nL/\lambda = k$ k entier > 0
Les seules longueurs d'onde transmises sont telles que :
$\boldsymbol{\lambda = 2\ n\ L/k}$
Exemple : n = 1 L = 1,05 µm
Les longueurs d'onde visibles qui peuvent être transmises sont :
λ = 0,70 µm (k = 3) λ = 0,525 µm (k = 4) λ = 0,42 µm (k = 5)