

INTERFERENCES SUR LAMES MINCES

Configuration de « Fabry-Pérot »

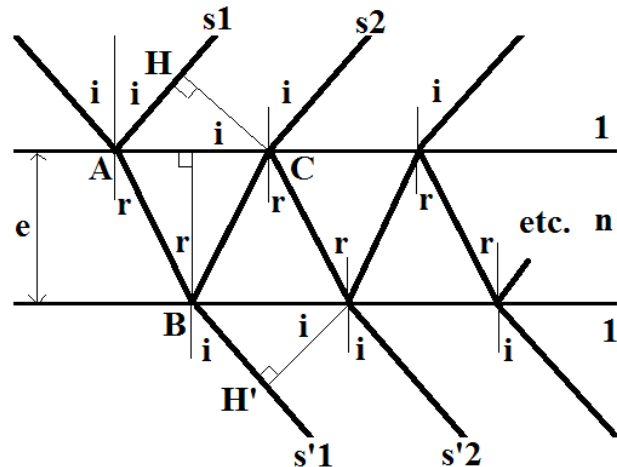
1- Observation d'une lame mince à faces parallèles

1.1- Franges d'égale inclinaison observées en réflexion, en transmission

Q1a- Une lame de verre à faces parallèles, d'indice n et d'épaisseur e , est entourée d'air. Elle est éclairée sous un angle d'incidence i par un faisceau monochromatique.

On observe a priori une « infinité » de rayons réfléchis parallèles entre eux. Il en est de même pour les rayons transmis.

On raisonne d'abord de façon à ne pas avoir à tenir compte de la répartition de l'énergie initiale entre les différents rayons.



Rappel : un **déphasage supplémentaire d'une demi-période** est ajouté lorsqu'une onde se réfléchit sur un dioptré séparant le milieu d'origine d'un milieu plus réfringent.

* Montrer que la différence de marche entre deux rayons réfléchis successifs est $\delta = n (AB + BC) - 1 \times AH + \lambda/2$. Préciser où a lieu le déphasage supplémentaire à la réflexion.

* Montrer que $\delta = 2 e n \cos(r) + \lambda/2$. A quelle condition ces interférences multiples sont pleinement « constructives » ? « destructives » ? Où sont localisées les franges d'interférences ?

* Dans cette situation, on parle souvent alors d'interférences **d'égale inclinaison**. Justifier ce nom. Expliquer comment observer en transmission des franges en forme d'anneaux.

1.2- Exemple : couleurs interférentielles

Q1b- Pour une couche mince d'épaisseur e , quelles couleurs forment-elle des interférences pleinement « constructives » ? Que se passe-t-il si la couche, d'épaisseur convenable, est éclairée par de la lumière solaire ?



Image composite de mouche prise sur fond blanc et noir (cliché PNAS)
(responsable : membrane de chitine)



Bulle d'eau savonneuse

1.3- Application : couche(s) antireflet(s)



A gauche : un verre non traité présente un large reflet dans la partie inférieure gauche.
A droite : un verre traité « multicouches ». La transmission s'est améliorée d'environ 3%.

Q1c- A défaut de pouvoir agir sur tout le spectre visible, la première solution envisagée dès les années 60 était une « simple » couche antireflet conçue pour ne plus refléter la couleur dominante visible du spectre solaire (à savoir une large bande centrée sur le vert à 555 nm).

On considère donc une couche mince d'épaisseur uniforme e et d'indice 1.35 déposée sur un « verre » synthétique d'indice 1.80 .

Pour simplifier, on suppose que les faisceaux réfléchis sur les deux faces de la couche anti-reflet sont de flux comparables et que la lumière solaire incidente est quasi-normale au « verre ».

Quelle doit-être alors l'épaisseur minimale de la couche pour ne plus refléter cette bande verte ?

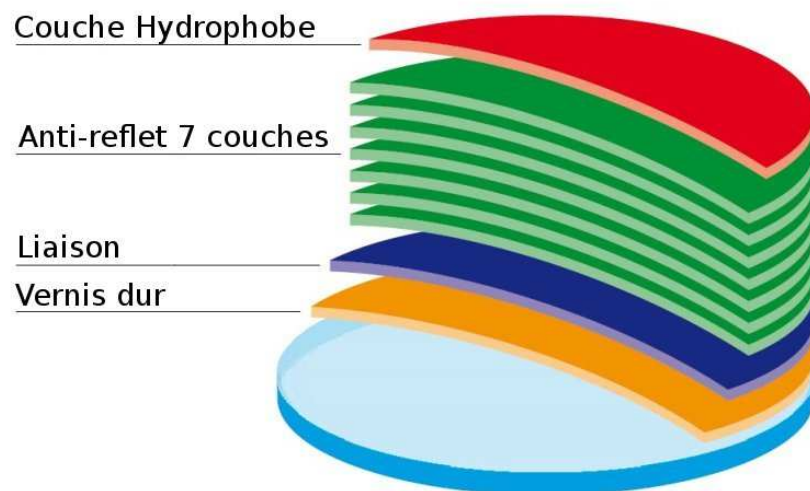
Mes verres de lunettes sont-ils revêtus d'une telle monocouche antireflets ?





Ensemble d'objectifs photo des années 60-80.

Les couleurs complémentaires pourpre-rosées (rouge, jaune, bleu) sont caractéristiques du reflet résiduel sur une monocouche conçue pour ne plus refléter le vert.



Description du « sandwich » de couches minces déposé sur un verre de lunette actuel (chaque couche est bien plus fine que sur le dessin!)

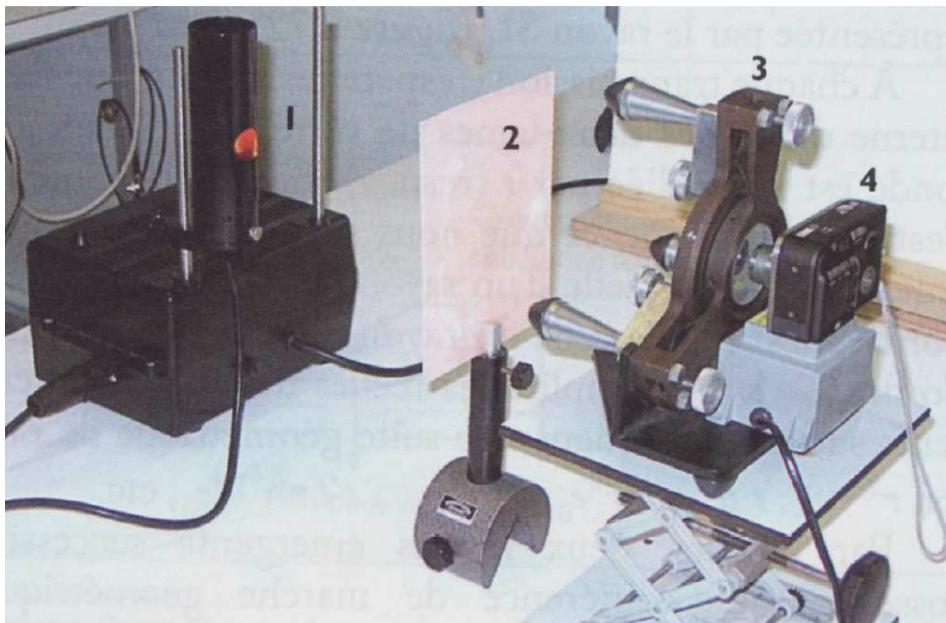
La couleur du reflet résiduel est ajusté par le concepteur selon des critères « marketing » (la « mode » est actuellement au vert, on en trouve aussi avec des reflets bleus)

2- Exemple d'interféromètre de « Fabry-Pérot » : étalon de laboratoire

2.1- Spécifications typiques de ces interféromètres

- Deux miroirs semi-transparents et parallèles réalisent une « lame d'air »
- Traitement des lames $R = 95\%$ dans le visible (5% de l'énergie est transmise)
- Parallélisme : vis de réglages fins de l'orientation des deux lames sur deux axes orthogonaux (H et V) pour plus de simplicité
- Epaisseur de la lame d'air (e) de ≈ 0 à 25 mm, réglable avec une précision micrométrique
- Planéité des éléments optiques $< \lambda/20$

2.2- Mise en œuvre avec une source étendue

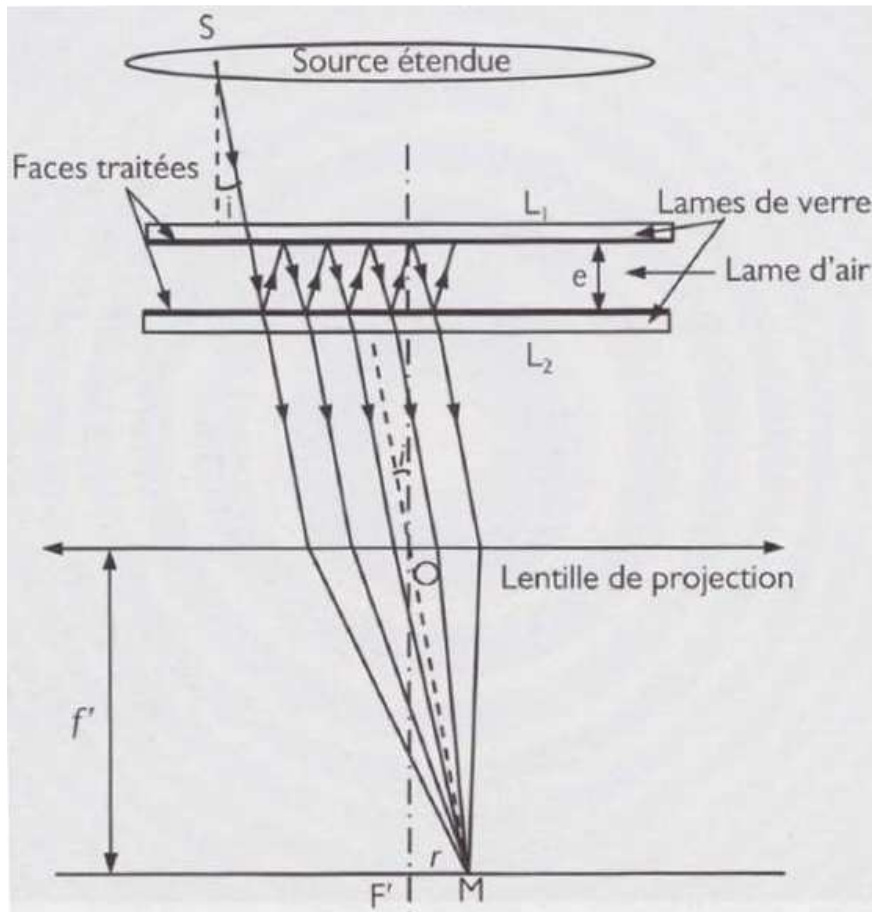


1- Lampe spectrale 2- Dépoli 3- Interféromètre de Fabry-Pérot 4- Appareil photo (l'« objectif » projette les anneaux dans son plan focal image où est situé le capteur d'image)

2.3- Mise en œuvre avec un faisceau de lumière sous toute incidence (source étendue)

On rappelle que la condition d'interférence pleinement « constructive » pour une lame d'air à face parallèle d'indice $n = 1$ et éclairée sous l'angle d'incidence i est :

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} 2 n e \cos i = 2p\pi$$



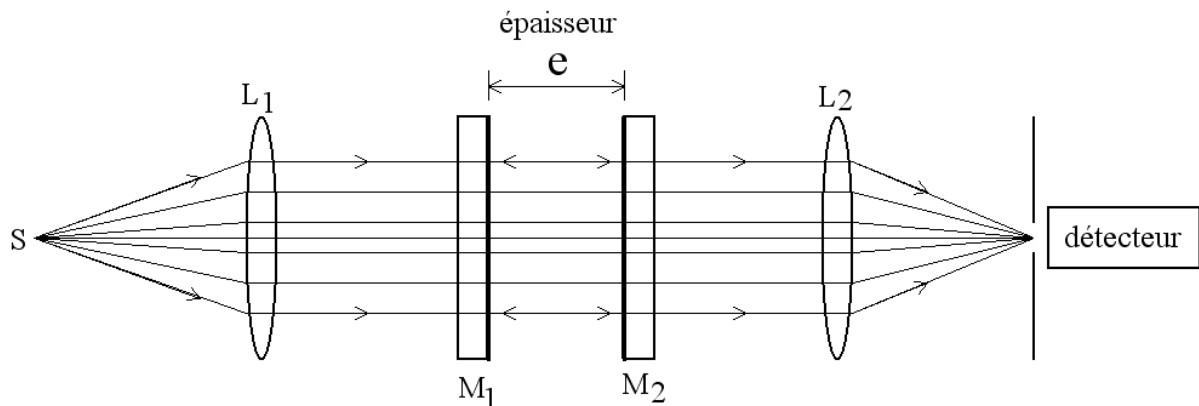
Pour une raie donnée du spectre, on obtient une série de franges d'interférences circulaires (figure définie par un même $\cos i =$ « franges d'égal inclinaison »).

Ces anneaux sont numérotés par l'entier p (le numéro d'**ordre**).
La tache centrale correspond à une incidence quasi-normale.



Anneaux d'égal inclinaison observés
avec une lampe spectrale à vapeur de cadmium

2.4- Principe de la mise en œuvre avec un faisceau de lumière parallèle



Configuration en **analyseur de spectre**

- S est une source ponctuelle (par exemple la sortie d'un analyseur de spectre de type « monochromateur à réseau » de résolution insuffisante).
- La première lentille L1 forme un faisceau de lumière parallèle qui arrive en **incidence normale sur les miroirs M1 et M2**.
- Les deux miroirs sont espacés de **l'épaisseur e** et forment la **cavité de l'interféromètre** (configuration dite « de Fabry-Perot »).
- La seconde lentille L2 « rapproche » la frange centrale localisée à l'infini optique en projetant la tache sur son plan focal image où le détecteur permet la mesure de l'éclairement reçu. **L'éclairement est maximal en interférences pleinement constructives.**

→ **La cavité devient très sélective : la lumière transmise est alors quasi-monochrome à la longueur d'onde sélectionnée par le réglage d'épaisseur.**

(en fait, il y a une suite de longueurs d'onde sélectionnées qu'on appelle « modes de la cavité »)

3- Interféromètre de Fabry-Pérot : modèle 1 D

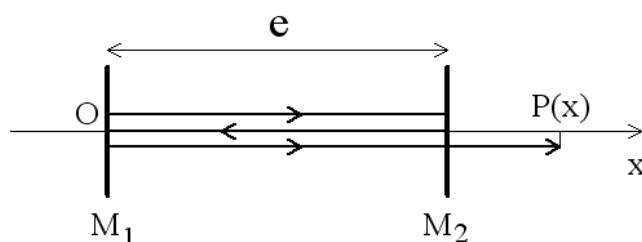
3.1- Amplitude de l'onde en sortie de la cavité

Hypothèses

- Un faisceau incident arrive dans la cavité le long de l'axe x ; il subit des réflexions successives dans la cavité puis en sort.

- Lors de l'entrée en O, l'onde incidente a une amplitude A et une

phase nulle à l'origine des temps : $A_0(t) = A e^{j(\omega t - Kx)} = A e^{j\omega t}$.



- On suppose qu'un aller-retour de l'onde ajoute un **déphasage** φ . Les réflexions sur les miroirs M_1 et M_2 n'apportent pas de déphasage supplémentaire à l'onde.
- Donc en absence des deux miroirs, l'onde arrivée en P aurait une amplitude :

$$A_{P_{sm}}(t) = A e^{j\omega t} e^{-j\frac{\varphi}{2}}$$

- Pour les amplitudes, les miroirs ont des facteurs de réflexion r_1 et r_2 , des facteurs de transmission t_1 et t_2 ; on a de plus $0 \leq r \leq 1$ et $0 \leq t \leq 1$.

Calcul des différentes amplitudes des ondes transmises en P

- L'amplitude A_0 de l'onde en P qui a traversé les deux miroirs sans aller-retour est $A_0(t) = A_{P_{sm}}(t) \times t_1 t_2 = A e^{j\omega t} e^{-j\frac{\varphi}{2}} \times t_1 t_2$ puisque l'amplitude est diminuée à la traversée des deux miroirs par les facteurs d'atténuation des miroirs, t_1 et t_2 respectivement.

- L'amplitude A_1 de l'onde en P qui a traversé les deux miroirs après avoir fait un aller-retour est $A_1(t) = A_0(t) \times r_1 r_2 e^{-j\varphi} = A_0(t) \times q$ en tenant compte des deux réflexions supplémentaires et du déphasage introduit par l'aller-retour supplémentaire. Noter le facteur multiplicatif q correspondant.

- * L'amplitude A_N de l'onde en P qui a traversé les deux miroirs après avoir fait N aller-retour est

$$A_2(t) = A_1(t) \times r_1 r_2 e^{-j\varphi} = A_1(t) \times q = A_0(t) \times q^2 \quad \text{après un second aller-retour.}$$

$$A_N(t) = A_{N-1}(t) \times r_1 r_2 e^{-j\varphi} = A_{N-1}(t) \times q = A_0(t) \times q^N \quad \text{obtenu par récurrence après } N \text{ aller-retours.}$$

Calcul de l'amplitude A_P de l'onde résultante en P par interférences multiples

- Les N ondes multiples obtenues après les aller-retours supplémentaires sont cohérentes et interfèrent en P. Pour les N premiers termes, l'amplitude de l'onde résultante est la somme des amplitudes des ondes de la suite :

$$A_{PN}(t) = \sum_{j=1}^N A_j(t) = \sum_{j=1}^N A_0(t) \times q^j = A_0(t) \times \{1 + q + q^2 + \dots + q^N\} = A_0(t) \times \frac{1 - q^{N+1}}{1 - q}$$

car les amplitudes forment une suite en progression géométrique de « raison » q .

- Pour tenir compte maintenant de la totalité des ondes multiples se réfléchissant à l'infini, on doit sommer la totalité des termes de la suite ce qui revient à chercher la limite de la série partielle précédente lorsque $N \rightarrow +\infty$.

Puisque $|q| = |r_1 r_2 e^{-j\varphi}| = r_1 r_2 \times |e^{-j\varphi}| = r_1 r_2 < 1$ alors la limite de q^{N+1} tend vers 0 lorsque $N \rightarrow +\infty$.

L'amplitude de l'onde résultante de ces interférences multiples est :

$$A_P(t) = \sum_{j=1}^{+\infty} A_j(t) = \sum_{j=1}^{+\infty} A_0(t) \times q^j = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1 - q^{N+1}}{1 - q} = A_0 \frac{1}{1 - q}$$

$$\text{soit } A_P(t) = A_0 \frac{1}{1 - r_1 r_2 e^{-j\varphi}}$$

3.2- Intensité lumineuse de l'onde en sortie de la cavité

Expression de l'intensité I (fonction d'Airy)

- Par définition l'intensité lumineuse est le carré du module de l'amplitude de l'onde résultante (amplitude complexe multipliée par amplitude complexe conjuguée, notée avec une * et où j est remplacé par -j).

$$I = A_P(t) \times A_P^*(t) = A_0 \frac{1}{1 - r_1 r_2 e^{-j\varphi}} \times \left(A_0 \frac{1}{1 - r_1 r_2 e^{-j\varphi}} \right)^*$$

$$I = \frac{\left(A e^{j\omega t} e^{-j\frac{\varphi}{2}} \times t_1 t_2 \right) \times \left(A e^{-j\omega t} e^{+j\frac{\varphi}{2}} \times t_1 t_2 \right)}{\left(1 - r_1 r_2 e^{-j\varphi} \right) \times \left(1 - r_1 r_2 e^{+j\varphi} \right)} = \frac{(A \times t_1 t_2)^2}{1 - r_1 r_2 e^{-j\varphi} - r_1 r_2 e^{+j\varphi} + r_1^2 r_2^2}$$

$$I = \frac{(A \times t_1 t_2)^2}{1 + (r_1 r_2)^2 - r_1 r_2 \times (e^{+j\varphi} + e^{-j\varphi})} = \frac{(A \times t_1 t_2)^2}{1 + (r_1 r_2)^2 - r_1 r_2 \times 2 \cos \varphi}$$

où $2 \cos \varphi = e^{j\varphi} + e^{-j\varphi}$

- L'expression peut se simplifier en remarquant que $(1 - r_1 r_2)^2 = 1 - 2 r_1 r_2 + (r_1 r_2)^2$

Le dénominateur devient alors

$$1 + (r_1 r_2)^2 - r_1 r_2 \times 2 \cos \varphi = (1 - r_1 r_2)^2 + 2 r_1 r_2 - r_1 r_2 \times 2 \cos \varphi = (1 - r_1 r_2)^2 + 2 r_1 r_2 (1 - \cos \varphi)$$

$$= (1 - r_1 r_2)^2 + 4 r_1 r_2 \sin^2 \left(\frac{\varphi}{2} \right) \quad \text{car } 1 - \cos(\varphi) = 2 \sin^2(\varphi/2)$$

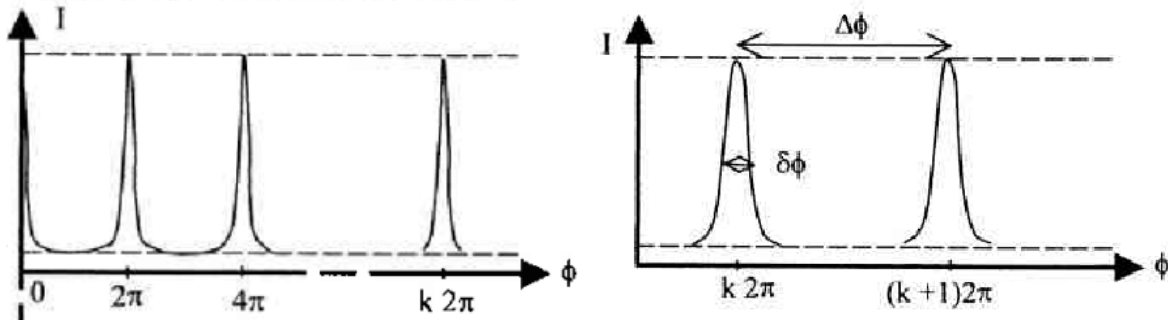
- L'intensité peut se mettre sous une forme canonique plus facile à étudier :

T = $t_1 t_2$ et R = $r_1 r_2$ sont les facteurs de transmission et de réflexion énergétique dont la somme est T + R = 1 .

$$I = \frac{(A \times t_1 t_2)^2}{(1 - r_1 r_2)^2 + 4 r_1 r_2 \sin^2 \left(\frac{\varphi}{2} \right)} = \frac{(A \times T)^2}{(1 - R)^2 + 4 R \sin^2 \left(\frac{\varphi}{2} \right)} = \frac{A^2 (1 - R)^2}{(1 - R)^2 + 4 R \sin^2 \left(\frac{\varphi}{2} \right)}$$

$$I = \frac{A^2}{(1-R)^2 + \frac{4R}{(1-R)^2} \sin^2\left(\frac{\varphi}{2}\right)} \quad \text{d'où finalement} \quad I(\varphi) = \frac{I_0}{1 + M \sin^2\left(\frac{\varphi}{2}\right)}$$

où on a posé $M = \frac{4R}{(1-R)^2}$ et $I_0 = A^2$.



Tracé de la fonction d'intensité lumineuse en transmission $I(\varphi)$ en fonction de la phase φ

La fonction $I(\varphi)$ est 2π périodique (parce que $\sin^2(\varphi/2)$ est elle-même périodique).

Q3.2- Montrer que la valeur maximale est $I_{\max} = I_0$, que la valeur minimale est $I_{\min} = I_0/(1+M)$. Identifier la série de modes de la cavité pour lesquels I est max.

3.3- Propriétés des modes de la cavité – pouvoir de résolution

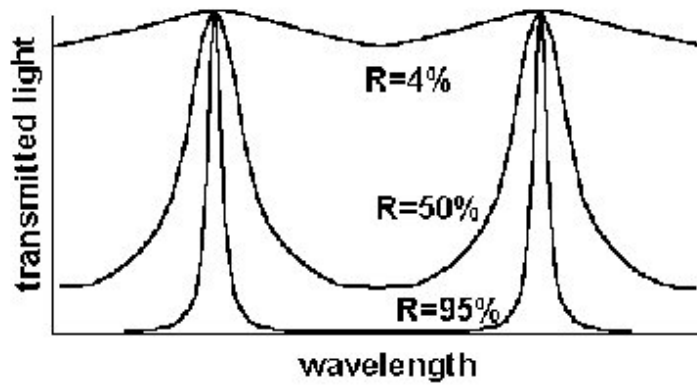
Q3.3a- Montrer que le contraste $C = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max}}$ vaut $M/(1+M)$. Quel paramètre de l'interféromètre influence le contraste ?

Largeur à mi-hauteur du pic d'un « mode » $\delta\varphi$ et finesse $F = \frac{\Delta\varphi}{\delta\varphi}$

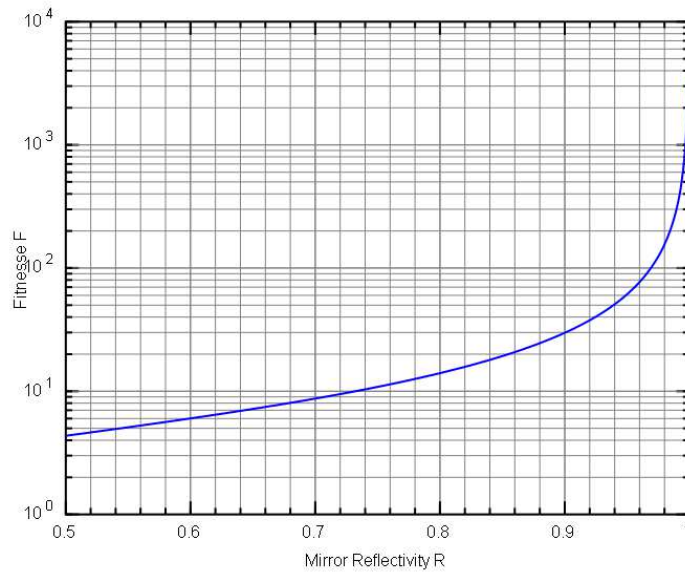
Les valeurs de phases à « mi-hauteur » ($I_{\max}/2$) sont notées $\varphi_2 = 2p\pi + \varepsilon$ et $\varphi_1 = 2p\pi - \varepsilon$. Usuellement on constate $\varepsilon \ll 1$. $\Delta\varphi = 2\pi$ est la période sur l'axe des phases.

Q3.3b- Montrer que la « largeur » d'un mode est $\delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{4}{\sqrt{M}} = \frac{2(1-R)}{\sqrt{R}}$ (utiliser un développement limité au 1^{er} ordre : $\sin x \approx x$ pour $x \ll 1$).

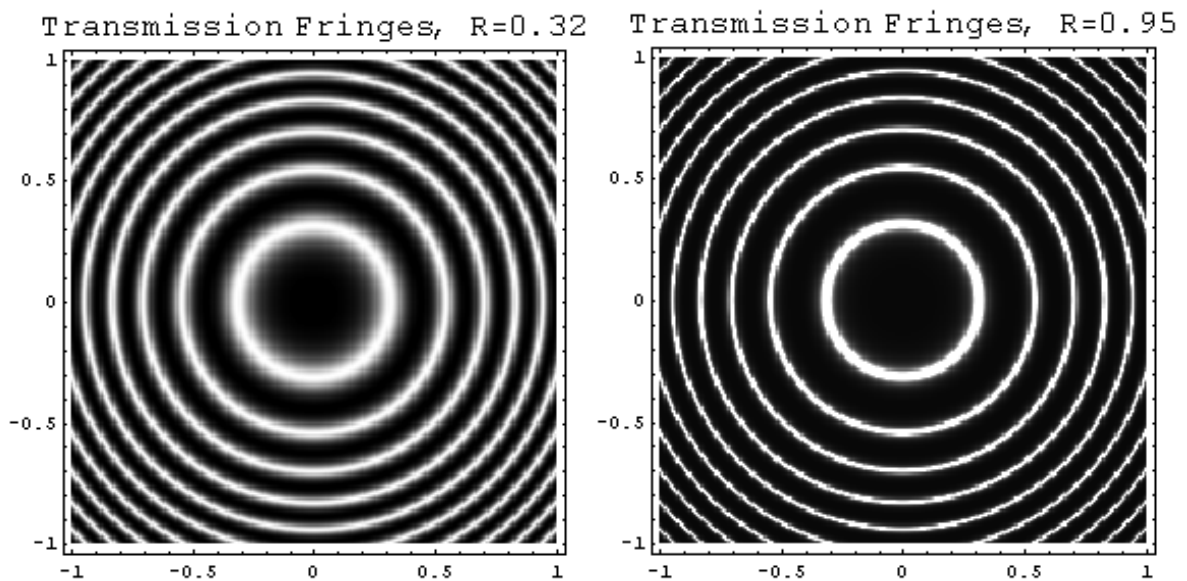
*Q3.3c- En déduire que la **finesse** de l'interféromètre est $F = \frac{\Delta\varphi}{\delta\varphi} = \frac{\pi\sqrt{R}}{1-R}$.*



Intensité en sortie de l'interféromètre pour différentes valeurs de R
 (noter que le contraste $C \uparrow$ et la finesse $F \uparrow$ lorsque $R \uparrow$)



Tracé de la fonction de finesse F en fonction du coefficient de réflexion énergétique R des miroirs



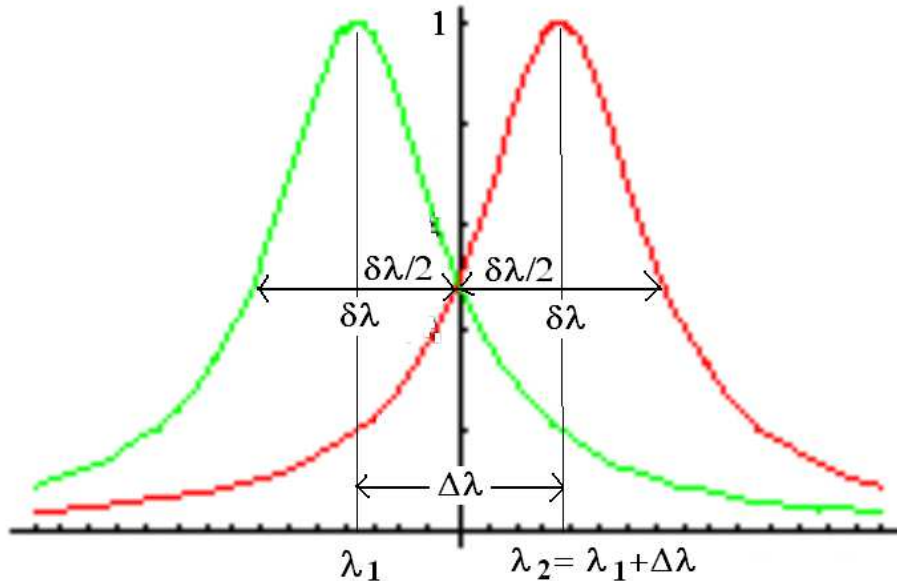
Simulation de la figure d'interférence selon deux valeurs de R
 (noter que le contraste $C \uparrow$ et la finesse $F \uparrow$ lorsque $R \uparrow$)

Pouvoir de résolution du Fabry-Perot

Le déphasage sur un aller-retour avec une incidence normale est $\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \times n 2e$,
ici l'indice $n = 1$ pour de l'air.

On en déduit $\delta\varphi = \left| \delta \left(\frac{2\pi}{\lambda} \times 2ne \right) \right| = 2\pi \times 2ne \times \left| \delta \left(\frac{1}{\lambda} \right) \right| = \frac{2\pi \times 2ne}{\lambda^2} \times \delta\lambda$

La finesse F varie selon la couleur : $F = \frac{2\pi}{\delta\varphi} = \frac{2\pi}{2\pi \times 2ne} \times \frac{\lambda^2}{\delta\lambda} = \frac{1}{2ne} \times \frac{\lambda^2}{\delta\lambda}$



Cas limite de « résolution » de deux raies proches
sur le critère de « mi-hauteur » (max/2)

A la limite de résolution, on arrive à séparer l'écart minimal $\Delta\lambda = \Delta\lambda_{\min} = \delta\lambda$.

Le « pouvoir de résolution » PR du Fabry-Pérot est défini par :

$$PR = \frac{\lambda}{\Delta\lambda_{\min}} = \frac{\lambda}{\delta\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda^2} \times 2ne \times F = \frac{2ne \times F}{\lambda}$$

Au final $\Delta\lambda_{\min} = \frac{\lambda^2}{2ne \times F}$ donc plus la finesse F est grande, plus $\Delta\lambda_{\min}$ est petit
et plus la résolution de l'interféromètre est grande.

*Q3.3d- Application numérique : calculer C et F pour l'interféromètre de TP
présenté comme exemple au §2.1 ($R = 0.95$).*

Cet interféromètre peut-il « résoudre » les raies du doublet du sodium ?

(épaisseur $e = 1$ cm, $\lambda_{\text{moyen}} = 589.3$ nm et $\Delta\lambda \approx 0.6$ nm)

Résumer l'influence du paramètre R .

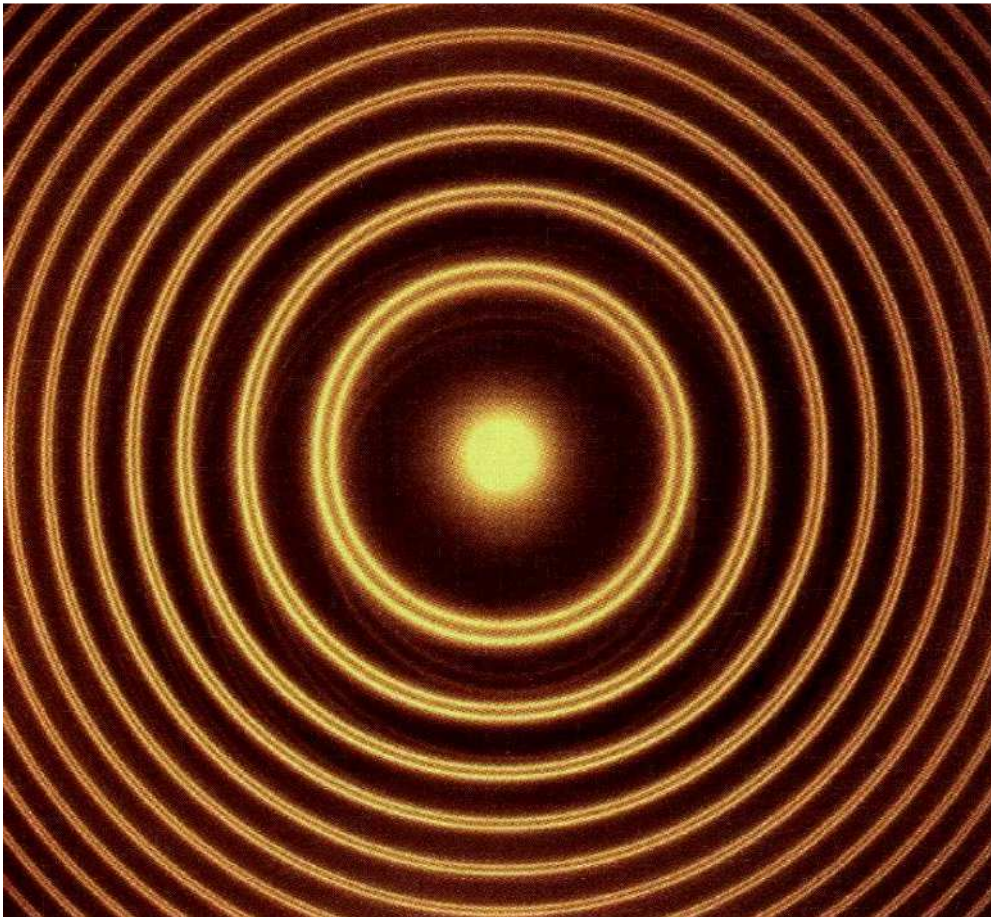


Figure d'interférence « résolvant » le doublet du sodium
Anneaux d'égal inclinaison obtenu avec l'interféromètre « Fabry-Pérot »
présenté au §2.1-

Avec une finesse $F = 61$ pour $R = 0.95$, on obtient $\Delta\lambda_{\min} = 0.28 \text{ pm} \ll 0.6 \text{ nm} !$
Cet interféromètre permet de séparer les raies du doublet du sodium.

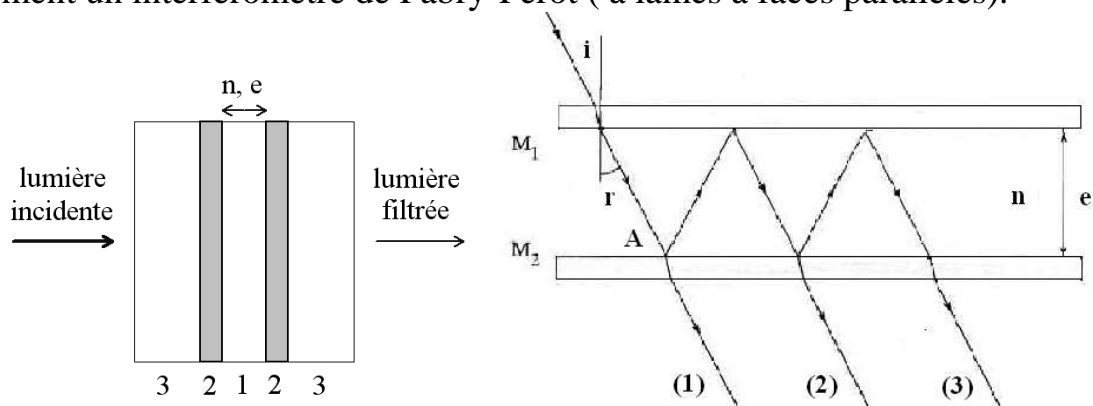
4- Filtre interférentiel (voir l'annexe A5 du TP6)

4.1- Description du filtre

Un filtre interférentiel est un dispositif qui utilise le phénomène d'interférences pour ne laisser passer qu'une bande spectrale étroite du rayonnement incident.

Ce composant est appelé « MDM filter » (pour Metal/Dielectric/Metal) :

- La couche 1 est réalisée avec un diélectrique qui est un matériau isolant **d'indice de réfraction n** dont **l'épaisseur e** doit être bien maîtrisée. Dans cet exemple : **$n = 1.339$** cryolithe
- Les deux couches 2 sont réfléchissantes et doivent se comporter comme de bons miroirs. Elles peuvent être réalisées par un dépôt métallique (d'où le M) ou encore un empilement spécial de couches diélectriques d'indice alternativement élevé et faible qui se révèle être très réfléchissant. Soit le **facteur de réflexion $R = 0.95$** dans cet exemple.
- Ces couches très fines sont déposées sur des lames de verre 3, formant « sandwich », qui assure rigidité et protection. Les trois couches 1 et 2 forment un interféromètre de Fabry-Perot (à lames à faces parallèles).



Comme le montre la seconde figure, le faisceau incident est partiellement transmis à la suite d'une succession de réflexions et transmissions multiples ; les différentes ondes transmises étant susceptibles d'interférer selon le déphasage introduit par les différences de chemins optiques parcourus.

4.2- Fonctionnement du filtre interférentiel

$\varphi = k\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \times 2ne \times \cos(r)$ est pour cette configuration le déphasage φ utilisé dans

l'étude de $I(\varphi)$ où $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ est le vecteur d'onde, $\delta = 2ne \cos(r)$ la différence de marche (ddm) δ introduite par une lame mince à face parallèle d'indice n et d'épaisseur e éclairée en incidence oblique.

Remarque : en transmission il n'y a pas de déphasage supplémentaire dû à une réflexion. Pour des interférences observées en réflexion, il faudra introduire un déphasage supplémentaire de π .

Q4.2a- Montrer que le filtre transmet une série des longueurs d'ondes :

$$\lambda_p = \frac{2 n e \cos (r)}{p} \text{ avec } p \text{ entier naturel}$$

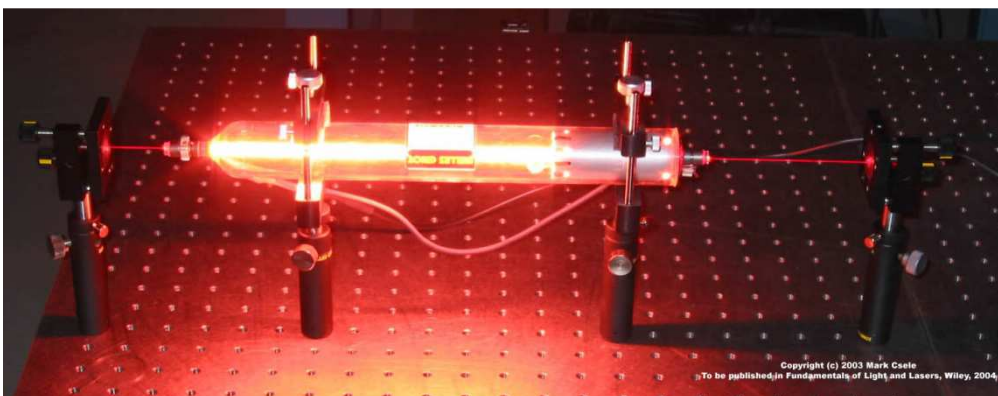
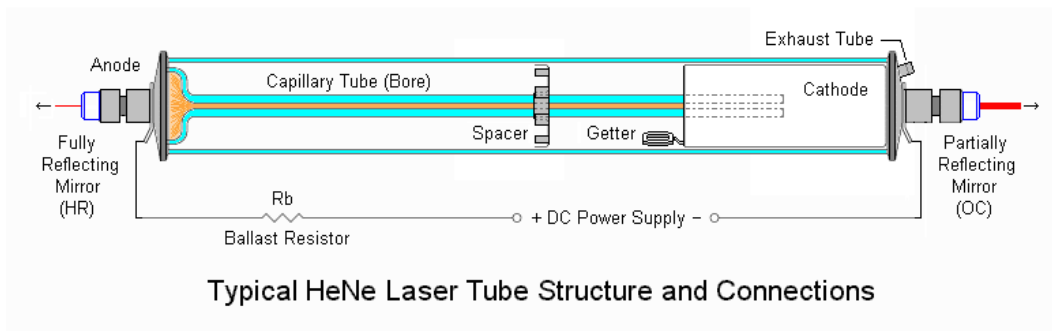
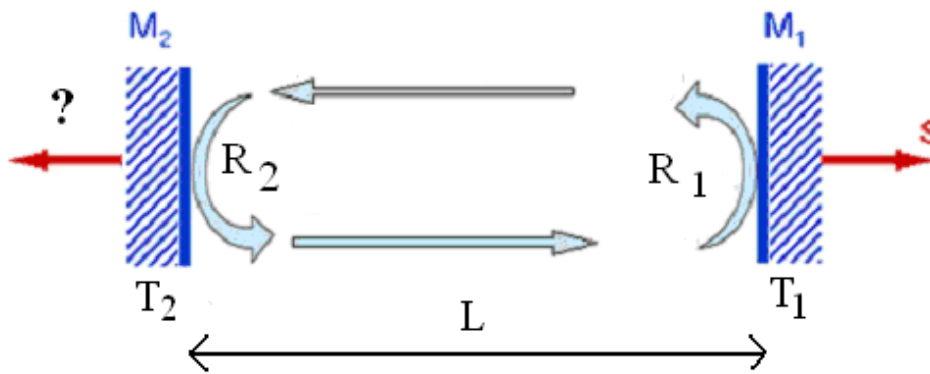
Q4.2b- Quelle doit-être l'épaisseur de la couche de cryolithe ($n = 1.339$) pour qu'à l'ordre 1, le filtre sélectionne la raie verte du mercure à 546.1 nm en incidence normale ?

Les ordres supérieurs 2, 3 etc. posent-ils problème pour l'utilisation d'un tel filtre avec des lumières « blanches » (spectre couvrant tout le visible) ?

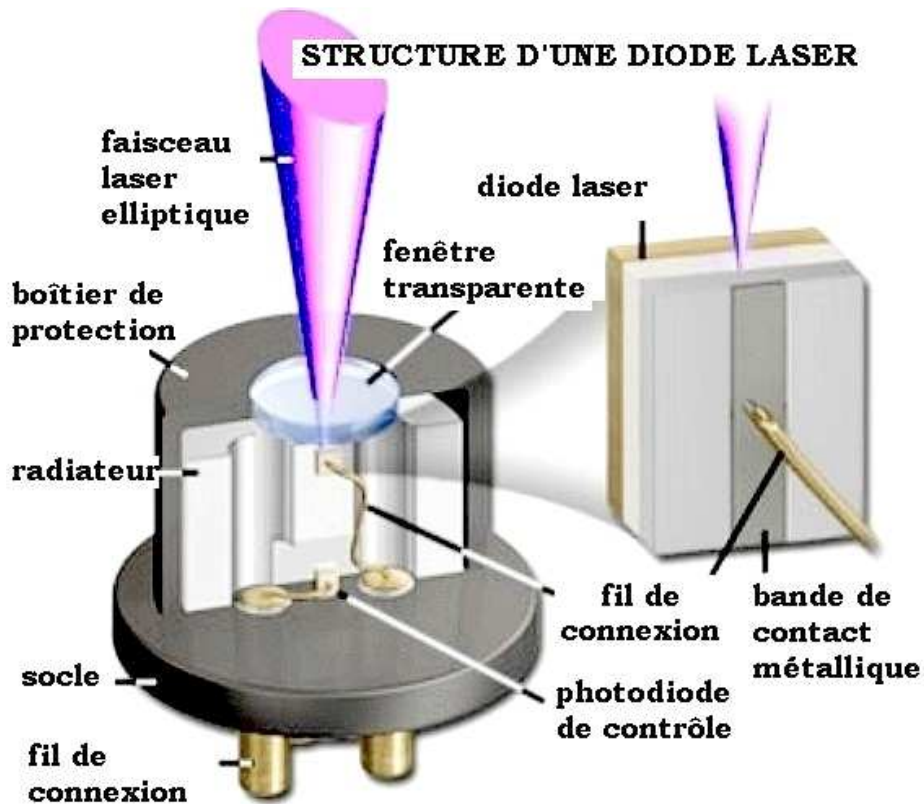
5- Cavité optique d'un laser

5.1- Description de la cavité

La cavité du tube laser He-Ne a une longueur typique de 15 cm, emplie d'un gaz d'indice $n \approx 1$. Un des miroirs est quasi parfait $R_2 = 1$, l'autre permet la sortie du faisceau $R_1 = 0.98$.



Laser Hélium – Néon en fonctionnement au laboratoire



La cavité d'une diode laser a une longueur typique de 300 μm

Le matériau de la zone utile a un indice $n = 3.6$ donc $R_1 = R_2 = \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2 = 0.32$.

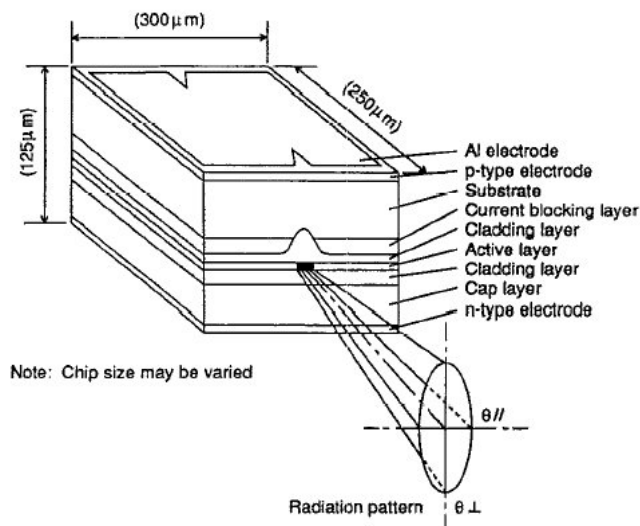
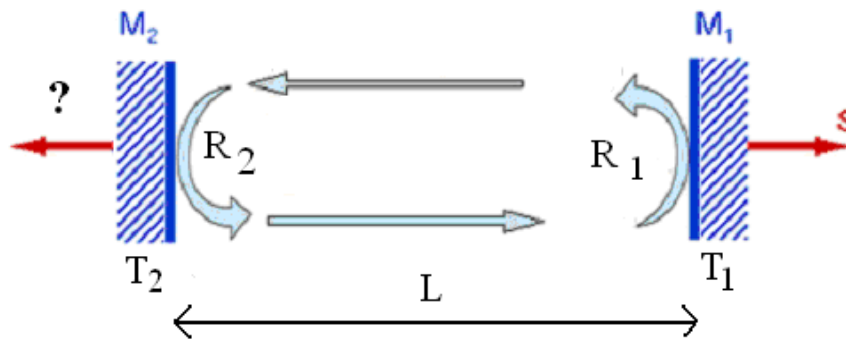


Schéma de la zone active du laser dont les faces clivées forment miroir

Rappel : la **diffraction** par la face rectangulaire de sortie du matériau de la diode est responsable de l'absence de symétrie du faisceau de sortie (faisceau polarisé).

5.2- Fonctionnement de la cavité optique d'un laser



Dans cette configuration le déphasage φ utilisé dans l'étude de la fonction d'intensité est : $\varphi = k \delta = \frac{2\pi}{\lambda} \times n \times 2L = 2\pi \times \frac{\nu}{c} \times n \times 2L$

où $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ est le vecteur d'onde, $\delta = n \times 2L$ le chemin optique pour un aller-retour dans la cavité de longueur L contenant un milieu actif d'indice de réfraction n et ν la fréquence de l'onde.

Comme dans toute configuration type « Fabry-Pérot », il y a une série de modes pour lesquelles les interférences sont constructives (on parle de « valeurs de résonance » de la cavité).

Q5.2a- Montrer que les modes de la cavité vérifient :

$$\nu_p = \frac{c}{n \times 2L} p \quad \text{et} \quad \lambda_p = \frac{n \times 2L}{p} \quad \text{avec } p \text{ entier naturel}$$

Q5.2b- Montrer que l'intervalle spectral libre de la cavité en fréquence est constant avec $\Delta\nu = \nu_{p+1} - \nu_p = \frac{c}{n \times 2L}$ alors que celui en longueur d'onde ne l'est pas, soit $\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{n \times 2L}$ ($\Delta\lambda$ est l'écart intermode, entre deux modes longitudinaux successifs de la cavité).

Q5.2c- En reprenant les formules trouvées précédemment, calculer le facteur de réflexion moyen $R = \sqrt{R_1 R_2}$, le contraste C , la finesse F , l'écart intermode $\Delta\lambda$ et la largeur à mi-hauteur d'un mode $\delta\lambda$ pour les cavités des deux lasers décrits : Laser Hélium-Néon $\lambda_{\text{HeNe}} = 632.8 \text{ nm}$ et diode laser rouge $\lambda_{\text{DL}} = 670 \text{ nm}$.

Remarque : les résultats numériques du calcul montrent que la mesure pour une diode laser est accessible à notre laboratoire (projet de MC) alors que pour un laser gaz, ce n'est pas faisable.

Sources des illustrations



<http://blog.idphys.fr/2011/les-mouches-aussi-ont-des-ailles-colorees/>



<http://lehollandaisvolant.net/?d=2012/10/23/17/47/45-dou-viennent-les-couleurs-sur-une-bulle-de-savon>



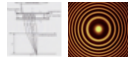
<http://www.astrosurf.com/luxorion/rapport-coating-fr.htm>



http://fr.wikibooks.org/wiki/Photographie/Optique/Traitements_anti-reflets



<http://www.lunettes-experoptic.fr/verres-lunettes.htm> Voir aussi en complément :
http://www.zeiss.fr/vision-care/fr_fr/eye-care-professionals/products-and-services/traitements-antireflets-zeiss/traitements-antireflets-zeiss.html



Optique Sylvain Houard De Boeck 2011 (p235 et 236)



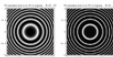
<http://www.fabryperot.com/>



<http://www.chemistry.adelaide.edu.au/external/soc-rel/content/images/fabry-p2.png>



<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Etalon-finesse-vs-reflectivity-2-2011-15-03.svg>



<http://wyant.optics.arizona.edu/webMathematica/myprograms/MultipleBeamInterference/multBeamInt.jsp>



d'après http://prn1.univ-lemans.fr/prn1/siteheberge/optique/M1G1_FBalembois/co/M1G1.html



<http://www.repairfaq.org/sam/LASERsam.htm>



<http://www.haanappel.net/ryan/resume/experience-hene.php>



<http://flavyopto.wifeo.com/LASER-a-semi-conducteur.php>



http://www.quarton.com/LASER_info.html

INTERFERENCES SUR LAMES MINCES Configuration de « Fabry-Pérot ». 1

1- Observation d'une lame mince à faces parallèles.....	1
1.1- Franges d'égal inclinaison observées en réflexion, en transmission ..	1
1.2- Exemple : couleurs interférentielles	1
1.3- Application : couche(s) antireflet(s).....	3
2- Exemple d'interféromètre de « Fabry-Pérot » : étalon de laboratoire.....	5
2.1- Spécifications typiques de ces interféromètres.....	5
2.2- Mise en œuvre avec une source étendue	5
2.3- Mise en œuvre avec un faisceau de lumière sous toute incidence (source étendue)	5
2.4- Principe de la mise en œuvre avec un faisceau de lumière parallèle	7
3- Interféromètre de Fabry-Pérot : modèle 1 D	7
3.1- Amplitude de l'onde en sortie de la cavité	7
3.2- Intensité lumineuse de l'onde en sortie de la cavité	9
3.3- Propriétés des modes de la cavité – pouvoir de résolution.....	10
4- Filtre interférentiel (voir l'annexe A5 du TP6).....	14
4.1- Description du filtre	14
4.2- Fonctionnement du filtre interférentiel.....	14
5- Cavité optique d'un laser	15
5.1- Description de la cavité.....	15
5.2- Fonctionnement de la cavité optique d'un laser	17
Sources des illustrations	18