Correction du devoir du 23/04/2010

Exercice 1

1. $I_1 = a_1^2$ et $I_2 = |a_2 e^{i\phi}|^2 = a_2^2$.

2. $a = a_1 + a_2 e^{i\phi}$; $I = aa^* = a_1^2 + a_2^2 + a_1 a_2 (e^{i\phi} + e^{-i\phi})$, soit $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\phi$. Le troisième terme est le terme d'interférences.

3. Si $I_1 = I_2 = I_0$, alors $I = 2I_0 + 2I_0\cos\phi = 2I_0(1+\cos\phi)$.

4. Contraste $C = (I_{max} - I_{min})/(I_{max} + I_{min})$. Pour la question précédente, I_{max} est atteint pour $\cos\phi = 1$, soit $I_{max} = 4I_0$; et I_{min} est atteint pour $\cos\phi = -1$, soit $I_{min} = 0$. On en déduit $C = 1$.

5. On voit des franges rectilignes.

6. Interfrange $i = \lambda D/a$.

7. On voit des franges circulaires.

Exercice 2

1. Lorsque le contenu des deux tubes est identique, les deux chemins menant à I sont égaux. Leur différence de marche est nulle. Il y a donc une interférence constructive en I, et on y observe une frange brillante.

2. Au fur et à mesure qu'on fait le vide dans le tube T_1, l'indice n_{T1} du contenu du tube chute de n (indice de l'air) à 1. Le chemin optique $n_{T1}l$ à l'intérieur du tube diminue donc.
   Le chemin optique $[ST_1I]$ devient plus court que $[ST_2I]$. La frange centrale étant celle pour laquelle les deux chemins optiques sont égaux, elle se trouve en un point F_0 où le chemin passant par T_1 a été augmenté et celui passant par T_2 diminué. F_0 se trouve donc en-dessous de I. La frange centrale s'est déplacée vers le bas. L'ensemble des franges s'est déplacé comme la frange centrale, vers le bas.

3. L'indice du vide est 1. Le chemin optique à travers T_1 est donc l. Le chemin optique à travers T_2 est nl. La différence de chemin optique est donc $\delta = nl - l = (n-1)l$.

4. Le déplacement d'une frange correspond à une différence de marche d'une longueur d'onde.

5. En faisant le vide, 101,5 franges ont défilé en I (les 101 brillantes plus une demie puisque une frange sombre se trouve en I). On a donc $\delta = 101,5\lambda$. D'autre part, $\delta = (n-1)l$. Donc, $n - 1 = 101,5\lambda/l = 2,93 \cdot 10^{-4}$. On met trois chiffres significatifs car λ et l sont donnés avec trois chiffres significatifs. On en déduit $n = 1,000293$.

Exercice 3

1. On observe un brouillage progressif des franges.

2. C'est un problème lié aux dimensions spatiales de la source, donc de cohérence spatiale.

3. On observera des franges pour $a \ll l_s = \lambda/\theta$. Il faut donc voir la source sous un angle $\theta \ll \lambda/a = 5,5 \cdot 10^{-4}$. Or θ est égal à la taille de la source divisée par la distance L entre les fentes et la source : $\theta = \frac{10 \text{ cm}}{L} \ll 5,5 \cdot 10^{-4}$, donc $L \gg 180$ m.

4. La durée de cohérence est $\tau_C = 1/\Delta\nu = 1/7000 = 1,43 \cdot 10^{-4}$ s. La longueur de cohérence est $L_C = c/\Delta\nu = 42860$ m.

5. La différence de marche ou différence de chemin optique entre les deux voies de l'interféromètre doit être petite par rapport aux 20 cm de la longueur de cohérence.

Exercice 4

2. Ce filtre est composé d'un milieu d'indice n entouré de deux surfaces réfléchissantes. C'est donc bien une cavité résonnante optique.

3. Par rapport au premier rayon transmis, le deuxième rayon transmis effectue un aller-retour supplémentaire dans la cavité. Il parcourt donc la distance $2e$ dans un milieu d'indice n, c'est à dire qu'il parcourt un chemin optique supplémentaire de $\delta = 2ne$. La différence de phase entre ces rayons est $\phi = \frac{2\pi}{\lambda}\delta = \frac{2\pi}{\lambda}2ne$.

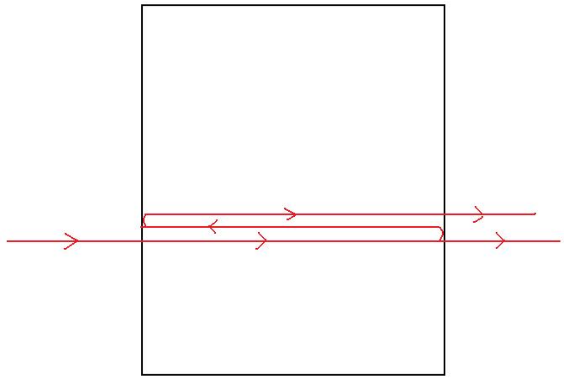
1. 

Figure 1: Rayon incident (incidence normale) et les deux premiers rayons transmis. En réalité, les rayons à l'intérieur du filtre sont superposés. On les a décalé pour plus de clarté.

4. Ces rayons interfèrent constructivement si $\delta = k\lambda$, k entier, ou bien si $\phi = 2k\pi$. Cela s'écrit aussi $2ne = k\lambda$, qui est la condition de résonnance de la cavité.

5. Si la condition de résonnance n'est pas strictement vérifiée, une onde ayant fait plusieurs allers-retours pourra avoir une différence de phase de π par rapport à l'onde traversant simplement et interfèrera destructivement avec elle. Par conséquent, seules les ondes vérifiant la condition peuvent "survivre" dans la cavité et être transmises par elle.

6. Les longueurs d'onde transmises vérifient $\lambda = 2ne/k = 1897,35/k$ nm, et 400 nm $< \lambda <$ 750 nm. Cela donne $k < 1897,35/400 = 4,74$ et $k > 1897,35/750 = 2,53$. Comme k est entier, cela donne deux longueurs d'onde pour $k = 3$ et $k = 4$: $\lambda_3 = 632,45$ nm et $\lambda_4 = 474,34$ nm.

7. λ_3 est rouge et proche de la longueur d'onde d'un laser He-Ne (632,8 nm). λ_4 est bleue.

8. L'intervalle spectral libre est l'intervalle en fréquence entre deux modes longitudinaux de la cavité. Ici, c'est par exemple l'écart en fréquence entre les deux ondes rouge et bleue transmises.

9. La cavité ne laisse passer que quelques longueurs d'onde : elle joue donc le rôle d'un filtre. Le principe de fonctionnement de ce filtre est basé sur les interférences des rayons transmis, d'où le nom de filtre interférentiel.