

Physique pour les Sciences de la Vie et de la Planète PSVP

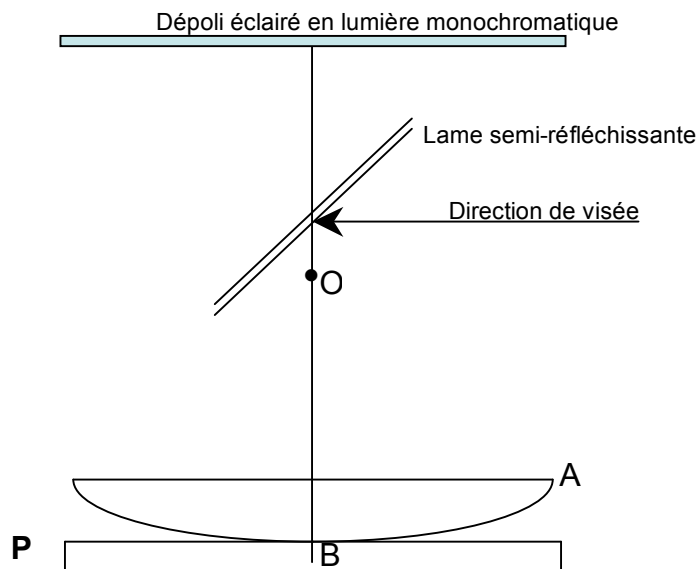
Lumière et Couleurs LP343

Evaluation Continue 2 (Mardi 6 Novembre 2007)

Durée : 2 heures

Les calculettes non programmables sont autorisées.

On pose une lentille plan-convexe de rayon de courbure R , de centre O et d'indice $n = 1,5$ sur un plan de verre P . Le rayon de courbure **R est très grand** devant l'épaisseur de la lentille. Entre le plan et la lentille existe donc une **lame d'air** d'épaisseur variable e (voir figure). On néglige les phénomènes optiques pouvant se produire à la face supérieure de la lentille, pour se concentrer sur ceux formés **par la lame d'air** comprise entre la face convexe de la lentille et le plan de verre.



On éclaire le dispositif par le dessus, avec un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde λ parallèle à l'axe de la lentille, en incidence normale au plan P .

1. Que doit-on observer si l'on regarde le montage par le dessus en utilisant une lame semi-réfléchissante à 45° ? Y a-t-il un axe de symétrie dans la figure ? En conclure la forme de l'effet optique observé.
2. Justifier que l'on peut considérer que les rayons lumineux sont en incidence normale sur les faces de la lame d'air. On se placera dans cette hypothèse pour toute la suite du problème.
3. On rappelle les formules de Fresnel donnant les facteurs de réflexion d'amplitude à une interface (n_1, n_2) :

$$r_{\perp} = \frac{n_1 \cos i - n_2 \cos t}{n_1 \cos i + n_2 \cos t}$$

$$r_{//} = \frac{n_1 \cos t - n_2 \cos i}{n_1 \cos t + n_2 \cos i}$$

Dans ces formules, i et t désignent les angles d'incidence et de réfraction du rayon incident par rapport à la normale à l'interface (n_1, n_2).

a) Pour un même rayon incident qui subit une réflexion à chaque interface verre-air et air-verre, quelle est approximativement (en %) l'intensité lumineuse réfléchie à chaque interface ?

b) Pour une épaisseur e de la lame d'air, quelle est la différence de marche entre les deux rayons réfléchis aux interfaces provenant d'un même rayon incident ?

4. En appelant e l'épaisseur de la lame d'air à la distance x de l'axe, montrer que l'on peut écrire, dans l'hypothèse de la question 2 : $e \approx \frac{x^2}{2R}$.

Montrer alors que le rayon ρ_k de l'anneau sombre d'ordre k s'exprime en fonction de k , R et λ par l'expression :

$$\rho_k = \sqrt{k} \sqrt{R\lambda}.$$

Le centre du système d'interférences est-il sombre ou brillant ?

5. En adoptant la définition classique du contraste: $\gamma = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$, quel est l'ordre de grandeur du contraste du phénomène observé ?

6. Si $R = 4 \text{ m}$ et $\lambda = 0.5 \text{ }\mu\text{m}$, calculer le rayon des cinq premiers anneaux en supposant que la lentille est effectivement au contact avec le plan P. Que se passe-t-il si l'on soulève la lentille ? Quel sera l'ordre d'interférence au centre si l'on soulève la lentille de $0,1 \text{ mm}$?

7. Si l'on éclaire le dispositif en lumière « blanche », qu'observe-t-on ?

8. Quand la lumière provient d'une lampe à vapeur de sodium dont la plus grande partie de l'énergie lumineuse est émise dans le jaune à deux longueurs d'onde voisines $\lambda_1 = 5890 \text{ \AA}$ et $\lambda_2 = 5896 \text{ \AA}$, que doit-on observer **qualitativement** ?

9. A quelle distance du centre observe-t-on la première disparition des anneaux ? A quelle distance du centre observe-t-on la réapparition des anneaux ?

10. Reprenant le dispositif initial de la figure, on remplit l'espace entre la lentille et le plan de verre par du disulfure de carbone. Les indices de la lentille, du CS_2 et du plan de verre sont respectivement $n_1 = 1,5$ (inchangé), $n_2 = 1,63$ et $n_3 = 1,68$. Quelle est la nouvelle expression de la différence de marche à l'endroit où l'épaisseur de la « lame » de CS_2 est e ? Le centre de la figure d'interférences est-il sombre ou brillant ? Quelle sera alors l'expression du rayon du k -ième anneau brillant ?