Optique physique - solution

AAV n°1 : être capable d'appliquer les conditions d'interférences constructives et destructives à un système physique simple

1 savoir-faire

Savoir utiliser les conditions d'interférence destructive et constructive

Exercice 1 : Conditions d'interférence

Il faut étudier l'état d'interférence aux points A, B et C. Il faut donc calculer la différence de marche optique entre les deux rayons en A, B et C.
Au point B : $\delta = 2,5\lambda$, la condition d'interférence destructive est donc respectée au point B.
Au point A : $\delta = 0$, la condition d'interférence constructive est donc respectée au point A.
Au point C : $\delta = \sqrt{(400\lambda)^2 + ((300+1.25)\lambda)^2} - \sqrt{(400\lambda)^2 + ((300-1.25)\lambda)^2}$ A l'ordre 1, nous avons donc :

$$\begin{aligned}
\delta &= \lambda\left(\sqrt{400^2 + 300^2\left(1 + 2\frac{1.25}{300}\right)} - \sqrt{400^2 + 300^2\left(1 - 2\frac{1.25}{300}\right)}\right) \\
&= \lambda\left(500\sqrt{1 + \frac{3}{2500}2.5} - 500\sqrt{1 - \frac{3}{2500}2.5}\right) \\
&= \frac{3 \times 2.5}{5} \\
&= 1.5
\end{aligned}$$

la condition d'interférence destructive est donc respectée au point C.

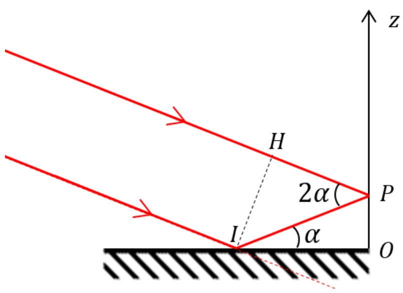
Exercice 2 : Conditions d'interférence 2

1. Il faut distinguer deux cas : le point d'observation est en dehors de S_1S_2 et le point d'observation est dans l'intervalle S_1S_2.
   En dehors de l'intervalle S_1S_2, la différence de marche est constante et vaut $\delta = 1600\,\text{nm}$. Nous avons $\frac{\delta}{\lambda} \simeq 2{,}5$. Les interférences sont destructives en dehors de S_1S_2.
   Dans l'intervalle, nous notons x la position du point d'observation. La différence de marche a pour expression $\delta = (800 + x) - (800 - x) = 2x$. La position des franges lumineuses est données par l'équation $2x = m\lambda$ avec m un entier relatif. Les valeurs de x correspondantes aux franges lumineuses comprises dans l'intervalle sont donc $x = 0\,\text{nm}$, $x = \pm 316{,}4\,\text{nm}$, $x = \pm 632{,}8\,\text{nm}$. La position des franges sombres est données par l'équation $2x = (m + \frac{1}{2})\lambda$ avec m un entier relatif. Les valeurs de x correspondantes aux franges lumineuses comprises dans l'intervalle sont donc $x = \pm 158{,}2\,\text{nm}$, $x = \pm 474{,}6\,\text{nm}$, $x = \pm 791\,\text{nm}$.
2. Le long de l'axe Oy, les interférences sont toujours constructives puisque la différence de marche entre les deux rayons est nulle.

Savoir calculer l'ordre d'interférence

Exercice 3 : Interférences avec un miroir parfait en lumière parallèle

1. La figure suivante montre que la différence de marche a pour expression $\delta = (IP) - (HP) + \frac{\lambda_0}{2} = \frac{z}{\sin\alpha} - \cos(2\alpha)(IP) + \frac{\lambda_0}{2} = \frac{z}{\sin\alpha} - \frac{z(1-2\sin^2\alpha)}{\sin\alpha} + \frac{\lambda_0}{2} = 2z\sin\alpha + \frac{\lambda_0}{2}$.

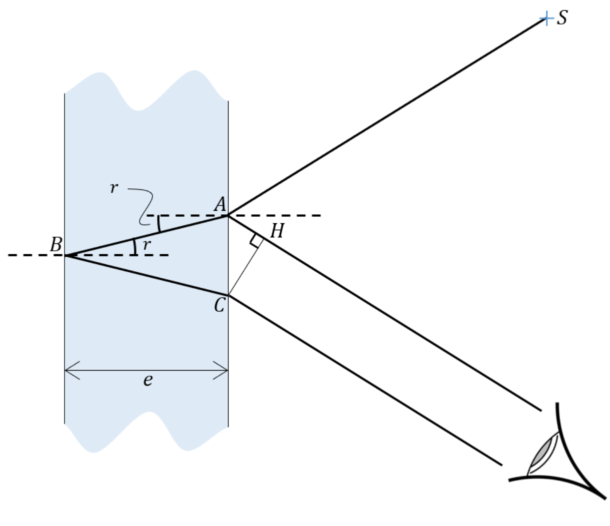


2. $p = \frac{\delta}{\lambda_0} = \frac{2z\sin\alpha}{\lambda_0} + \frac{1}{2}$.
3. $\Delta p = \frac{2\Delta z\sin\alpha}{\lambda_0}$. On cherche l'interfrange qui est donnée par $\Delta p = 1$ d'où $\Delta z = \frac{\lambda_0}{2\sin\alpha}$.

Savoir utiliser la notion de chemin optique

Exercice 4 : Interférences par réflexion sur une lame de verre

1. $(ABC) = \frac{2ne}{\cos r}$.
2. La figure suivante montre que $(AH) = AC\sin i = 2e\tan r\sin i = \frac{2e\sin r\sin i}{\cos r} = \frac{2ne\sin^2 r}{\cos r}$



3. $\delta = (ABC) - (AH) + \frac{\lambda_0}{2} = \frac{2ne - 2ne\sin^2 r}{\cos r} + \frac{\lambda_0}{2} = 2ne\cos r + \frac{\lambda_0}{2}$.
4. Pour $i << 1$, on a $r << 1$ donc $\delta = 2ne\left(1 - \frac{r^2}{2}\right) + \frac{\lambda_0}{2}$. La loi de Descarte aux petits angles a pour expression $i = nr$ donc $\delta = 2ne\left(1 - \frac{i^2}{2n^2}\right) + \frac{\lambda_0}{2}$ d'où $p = \frac{2ne}{\lambda_0} - \frac{ei^2}{\lambda_0 n} + \frac{1}{2}$.

2 La mise en œuvre

Exercice 5 : Fentes d'Young

1. (a) $\delta = r_2 - r_1 = \sqrt{d^2 + \left(y + \frac{a}{2}\right)^2} - \sqrt{d^2 + \left(y - \frac{a}{2}\right)^2}$. Les conditions d'observation sont telles que $y << d$ et $a << d$. A l'ordre 1, nous avons $\delta = \frac{ya}{d}$
   (b) $p = \frac{\delta}{\lambda_0} = \frac{ya}{\lambda_0 d}$. La position de la frange centrale ($p = 0$) sur l'écran est à $y = 0$.
   (c) Les deux franges brillantes sur l'écran de part et d'autre de la frange centrale sont données pour $p = 1$ et $p = -1$ donc $y = \pm\frac{\lambda_0 d}{a}$.
2. (a) Soit I le point de sortie du rayon de la lame. Nous avons $(S_1P) = (S_1I) + IP = (S_1I) - S_1I + S_1I + IP = (n-1)e + r_1$. La différence de marche optique entre les deux rayons a pour expression $\delta = (S_2P) - (S_1P) = r_2 - r_1 + (1-n)e = \frac{ya}{d} + (1-n)e$.
   (b) $p = \frac{\delta}{\lambda_0} = \frac{ya}{\lambda_0 d} + \frac{(1-n)e}{\lambda_0}$. La frange centrale ($p = 0$) se situe à $y = \frac{(n-1)ed}{a}$.
   (c) Les deux franges brillantes sur l'écran de part et d'autre de la frange centrale sont données pour $p = 1$ et $p = -1$ donc $y = \pm\frac{\lambda_0 d}{a} + \frac{(n-1)ed}{a}$.