Chemin optique minimal

Une onde plane de longueur d'onde λ_0 se propage d'un milieu incident d'indice optique n_1 vers un milieu de réfraction d' indice optique n_2 , les deux milieux étant séparés par un dioptre plan. L'onde arrive en faisant un angle i avec la normale du dioptre de séparation.

1. Rappelez les lois de Snell-Descartes de la réfraction, avec un schéma.
2. Choisir deux points A_1 et A_2 dans chacun des milieu appartenant au même rayon lumineux. Prendre un point M quelconque au niveau du dioptre plan. Exprimer le chemin optique $(\mathrm{A}_1\mathrm{A}_2)$ passant par M.
3. Déterminer la position du point pour laquelle le chemin optique $(\mathrm{A}_1\mathrm{A}_2)$ passant par M est minimal. On pourra s'aider du fait que la dérivée d'une fonction est nulle en son minimum.
4. Montrer que le chemin optique minimal correspond à la trajectoire du rayon lumineux donné par les lois de Snell-Descartes de la réfraction. De manière générale on appelle principe de Fermat, le principe selon lequel le chemin optique ou le temps de propagation de l'onde lumineuse est minimal entre deux points lesquels passe un rayon lumineux.

Différence de marche vs différence d'amplitude

Deux sources cohérentes d'ondes lumineuses sphériques de même longueur d'onde ,$\lambda_0 = 600$ nm et de même amplitude émettent respectivement des points S_1 et S_2 , distants entre eux de $a = 1$ mm, de coordonnées $(\frac{a}{2}, 0, 0)$ et $(-\frac{a}{2}, 0, 0)$.

1. Rappeler l'expression de la différence de marche en un point de coordonnées $(x, 0, D)$, dans la limite $x, a \ll D$, en révisant le calcul fait dans votre cours. Pour quelle distance x minimale a-t-on une différence de marche de $\frac{\lambda_0}{2}$ pour $D = 1,5$ m.

   Pour une différence de marche de $\frac{\lambda_0}{2}$, le retard de phase entre les ondes issue des deux rayons est de π, donc les ondes sont en opposition de phase.
2. Exprimez la différence relative des amplitudes émises par chacune des sources au point de coordonnées $(x, 0, D)$ trouvé ci-dessus. Que peut-on en déduire sur l'influence de la variation de phase et d'amplitude lors de l'addition des deux ondes lumineuses ?

Comparaison de différence de marche pour deux sources distantes

Deux sources secondaires d'ondes lumineuses sphériques émettent respectivement des points S_1 et S_2 , distants entre eux de $a = 1$ mm, de coordonnées $(\frac{a}{2}, 0, 0)$ et $(-\frac{a}{2}, 0, 0)$. Ces sources secondaires sont éclairés par une source primaire S de longueur d'onde $\lambda_0 = 600$ nm de coordonnée $(0, 0, -D)$, avec $D = 1,5$ m.

1. Rappeler l'expression de la différence de marche δ en un point de coordonnées $(x, 0, D)$ pour deux rayons issus de la source S, dans la limite $x, a \ll D$, en révisant le calcul fait dans votre cours.

   Une deuxième source primaire S'de même longueur d'onde λ_0 que S est placée au point de coordonné $(X, 0, -D)$.
2. Établir l'expression de la différence de marche δ' en un point de coordonnées $(x, 0, D)$ pour deux rayons issus de la source S', dans la limite $x, a \ll D$.

3. Pour quelle distance X minimale a-t-on $|\delta' - \delta| = \frac{\lambda_0}{2}$.

   X minimale est l'ordre de grandeur de la taille de la source au delà de laquelle, on ne peut plus considérer la source comme ponctuelle. En effet les paires de rayons lumineux provenant de deux points de la source n'ont plus le même retard de phase sur un point de l'écran.

Comparaison de différence de marche pour deux sources de longueur d'onde différente

Deux sources secondaires d'ondes lumineuses sphériques émettent respectivement des points S_1 et S_2 , distants entre eux de $a = 1$ mm, de coordonnées $(\frac{a}{2}, 0, 0)$ et $(-\frac{a}{2}, 0, 0)$. Ces sources secondaires sont éclairés par une source primaire S de longueur d'onde $\lambda_0 = 600$ nm de coordonnée $(0, 0, -D)$, avec $D = 1,5$ m.

1. Rappeler l'expression de la différence de marche δ en un point de coordonnées $(x, 0, D)$ pour deux rayons issus de la source S, dans la limite $x, a \ll D$, en révisant le calcul fait dans votre cours.

   Une deuxième source primaire S' de longueur d'onde $\lambda_0 + \Delta\lambda_0$ différente de S est placée au point de coordonné $(0, 0, -D)$, avec $\Delta\lambda_0 \ll \lambda_0$.
2. Établir l'expression de la différence de marche δ' en un point de coordonnées $(x, 0, D)$ pour deux rayons issus de la source S', dans la limite $x, a \ll D$ et $\Delta\lambda_0 \ll \lambda_0$.
3. Pour quelle largeur spectrale $\Delta\lambda_0$ minimale a-t-on $|\delta' - \delta| = \frac{\lambda_0}{2}$.

   $\Delta\lambda_0$ minimale est l'ordre de grandeur de la largeur spectrale de la source au delà de laquelle, on ne peut plus considérer la source comme monochromatique. En effet les paires de rayons lumineux de deux couleurs de la source n'ont plus le même retard de phase sur un point de l'écran.

Source et observation à l'infini

Deux sources secondaires d'ondes lumineuses sphériques émettent respectivement des points S_1 et S_2 , distants entre eux de $a = 1$ mm, de coordonnées $(\frac{a}{2}, 0, 0)$ et $(-\frac{a}{2}, 0, 0)$. Ces sources secondaires sont éclairés par une source primaire S de longueur d'onde $\lambda_0 = 600$ nm placée à l'infini et d'angle d'incidence θ_1 par rapport à l'axe optique.

1. Etablir l'expression de la différence de marche δ en un point image à l'infini sous incidence θ_2 pour deux rayons issus de la source S.