

TD 6.1. Modèle scalaire des ondes lumineuses

Chemin optique et réfraction

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 au niveau du dioptre appartenant à deux rayons lumineux différents. Tracer les surfaces d'onde qui se trouvent dans le milieu incident et les surfaces d'onde qui se trouvent dans le milieu de réfraction. Repérer notamment les surfaces d'onde S_1 et S_2 qui passent par A_1 et par A_2 .
3. Repérer les points B_1 et B_2 qui sont les intersections de S_1 et S_2 avec les rayons passant par A_2 et A_1 . Que peut-on dire de (B_2A_2) et de (A_1B_1) ?
4. En déduire la loi de Snell-Descartes.

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 depuis les 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. Rappelez 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 depuis les 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 $\Delta\phi = \pi$

$\Delta\lambda_0$ 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.