

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. Rappelez 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.

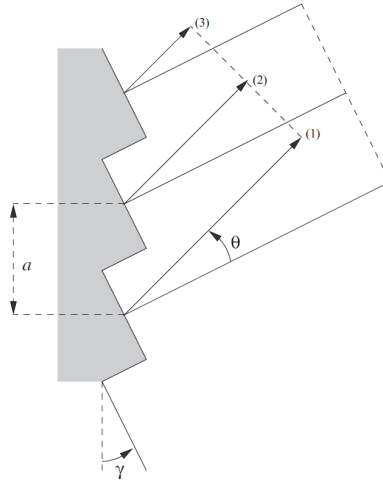
Source et observation à l'infini

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 .

Réseau à échelettes

Le réseau à échelettes est un réseau par réflexion formé de facettes réfléchissantes éclairées ici sous incidence normale par un faisceau laser de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 600$ nm. Les facettes sont inclinées d'un angle $\gamma = 0,464$ rad par rapport à la verticale et leurs centres sont distants de a . Chacune se comporte comme une pupille diffractante et diffuse la lumière dans toutes les directions. On fait l'observation à l'infini dans une direction faisant un angle θ avec la normale à la facette.

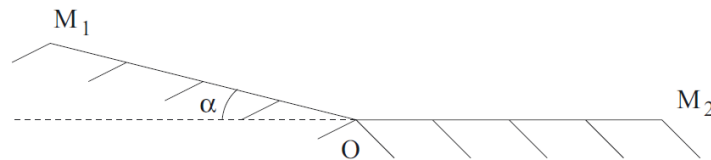


1. Déterminer la différence de marche δ entre les rayons réfléchis par deux facettes contiguës.
En déduire le déphasage ϕ .
2. On observe au total 12 pics de lumière. En déduire une estimation de la valeur de a .

Miroirs de Fresnel

Dans le dispositif suivant, $\alpha = 0,08$ mrad est un petit angle (il a été exagéré sur la figure), S est une source ponctuelle de lumière monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ_0 , O est un point de l'arête (O,z) intersection des miroirs M_1 et M_2 . On donne $OS = R = 80$ cm. L'ensemble se trouve dans un milieu d'indice 1.

S •



L'écran est

- parallèle à l'arête (O,z) ;
- perpendiculaire au plan médiateur du segment $[S_1S_2]$;
- à la distance $d = 1,20$ m de O et du même côté des miroirs que S.

On note H le projeté orthogonal de O sur l'écran ; un point M de l'écran est repéré par $HM = x$ et l'axe (Hy) passe par O.

1. Reproduire le schéma ci-dessus sur votre feuille avec soin et en grand et repérer la distance R .

2. Placer les points S_1 et S_2 image de S dans les miroirs M_1 et M_2 .
3. Que valent les distances OS_1 et OS_2 ? Reporter les sur votre schéma.
4. Que vaut la distance S_1S_2 ? Reporter la sur votre schéma.
5. Tracer le plan médiateur du segment $[S_1S_2]$.
6. Tracer l'écran et repérer la distance d , le point H et une position du point M.
7. Les conditions d'interférence sont-elles vérifiées ?
8. Dessinez sur le schéma le champ d'interférence.
9. L'écran se trouve-t-il dans le champ d'interférence ?
10. Tracer deux rayons lumineux issus de S et passant par M. Le rayon 1 est réfléchi par le miroir M_1 et le rayon 2 est réfléchi par le miroir M_2 .
11. Justifier que la différence de marche δ entre les deux rayons est donnée par $\delta = S_1M - S_2M$.
12. Calculer cette différence de marche en fonction des paramètres x , R , α , d .
13. A l'aide des valeurs numériques données dans l'énoncé, justifier du développement limité que l'on peut effectuer.
14. Effectuer ce développement limité.
15. Donner l'expression de l'intensité lumineuse sur l'écran et calculer numériquement l'interfrange.
16. Tracer le graphe de l'intensité lumineuse sur l'écran en fonction de la coordonnée x pour les couleurs rouge, vert et bleu.
17. Une lumière blanche est constituée de la somme des radiations lumineuses de toutes les longueurs d'onde du domaine visible. Quelle est la relation entre l'intensité lumineuse totale du lumière blanche et l'intensité de chaque radiation monochromatique qui la compose ?
18. Justifier qu'avec une lumière blanche en S on observe une irisation avec une frange blanche entourée de frange colorées. Analogue a l'image obtenue ci-dessous avec un autre type d'interféromètre.

