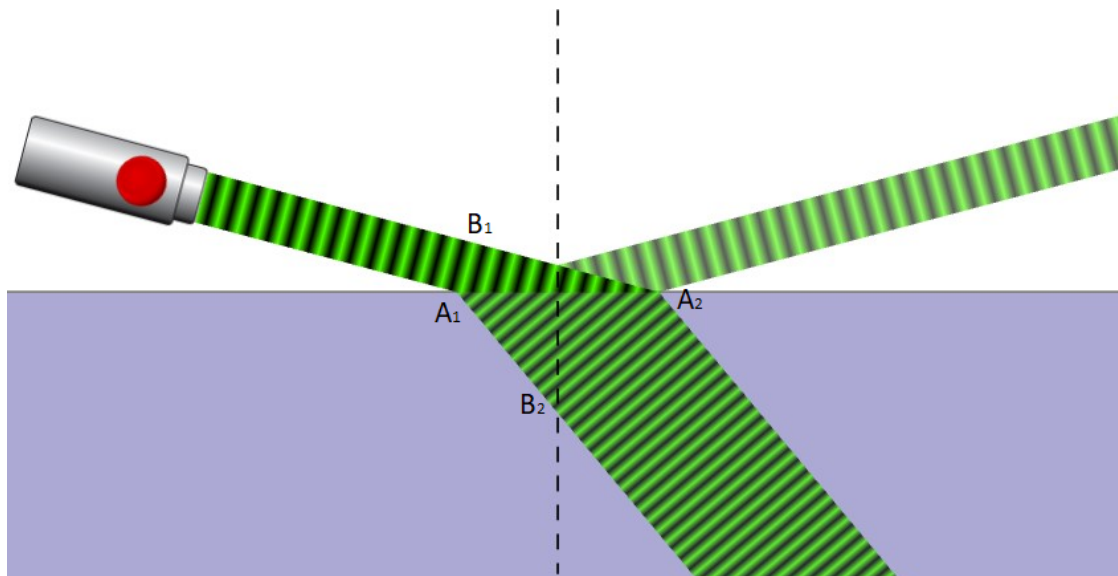


Travaux Dirigés du chapitre : 6.1 Modèle scalaire des ondes lumineuses

Partie : 6 Optique ondulatoire

1 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 dioptré plan. L'onde arrive en faisant un angle i avec la normale du dioptré de séparation.

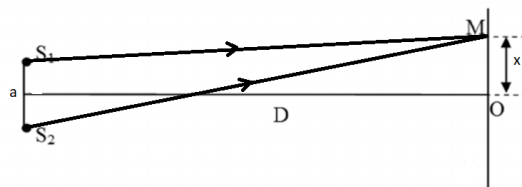


1. Rappelez les lois de Snell-Descartes de la réfraction, avec un schéma.
2. Choisir deux points A_1 et A_2 au niveau du dioptré appartenant à deux rayons lumineux différents. Tracer les surfaces d'onde qui se trouvent dans le milieu incident et les surfaces d'onde qui se trouvent dans le milieu de réfraction. Repérer notamment les surfaces d'onde S_1 et S_2 qui passent respectivement par A_1 et par A_2 .
3. Repérer les points B_1 et B_2 qui sont respectivement les intersections de S_1 et S_2 avec les rayons passant par A_2 et A_1 . Que peut-on dire de (B_1A_2) et de (A_1B_2) ?
4. En déduire la loi de Snell-Descartes.

2 Différence de marche vs différence d'amplitude

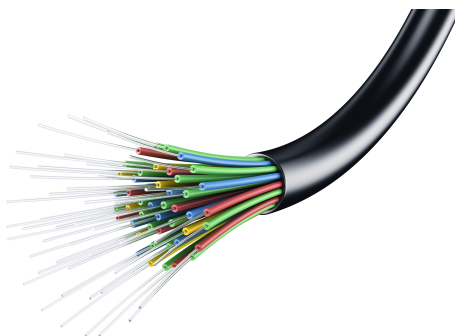
Deux sources cohérentes d'ondes lumineuses sphériques de même longueur d'onde $\lambda_0 = 600$ nm et de même amplitude A émettent des ondes sphériques respectivement depuis les points S_1

et S_2 , distants entre eux de $a = 1 \text{ mm}$, de coordonnées $(\frac{a}{2}, 0, 0)$ et $(-\frac{a}{2}, 0, 0)$.

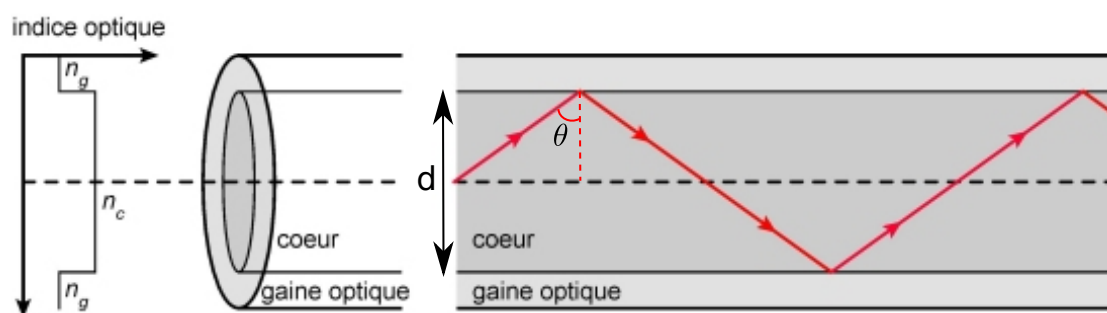


1. Rappeler l'expression de la différence de marche en un point de coordonnées $(x, 0, D)$, dans la limite $x, a \ll D$. Pour quelle distance x_0 a-t-on une différence de marche δ de $\frac{\lambda_0}{2}$ pour $D = 1,5 \text{ m}$.
2. Exprimez la différence relative des amplitudes $\left| \frac{A_1 - A_2}{A_1 + A_2} \right|$ reçues depuis chacune des sources S_1 et S_2 au point de coordonnées $(x_0, 0, D)$ trouvé ci-dessus.
3. Conclure sur l'influence de la variation de phase et d'amplitude lors de l'addition des deux ondes lumineuses ?

3 Fibre à saut d'indice

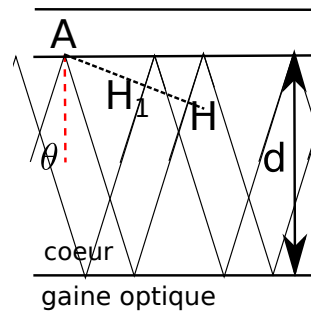


Une fibre optique est schématisée par un cœur en verre d'épaisseur d et d'indice n_c placée entre deux couches de verre d'indice $n_g < n_c$ formant la gaine optique. Les rayons lumineux suivent des trajets compris dans le plan de la feuille, du type de celui qui est représenté sur la figure ci-dessous.



fibre optique à saut d'indice

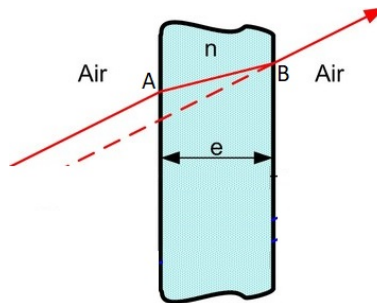
1. En optique géométrique, à quelle condition sur l'angle θ le rayon est-il confiné dans la lame d'indice n_1 ?



2. Les rayons parallèles dans une fibre optique proviennent de la même source initialement, tracer les surfaces d'ondes dans la fibre optique, puis justifier que l'onde soit en phase aux points A , H_1 puis H .
3. En déduire une nouvelle condition sur l'angle θ .
4. Chaque valeur de θ correspond à un mode de propagation, calculer le nombre de modes possibles si $d = 50 \mu\text{m}$, $\lambda_0 = 0,5 \mu\text{m}$, $n_1 = 1,5$ et $n_2 = 1,4$.

4 Traversée d'une lame à faces parallèles

Un rayon laser, modélisé par une onde monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ_0 , arrive en incidence oblique d'angle θ sur une lame de verre d'épaisseur e d'indice n .



On note A et B les points d'entrée et de sortie du rayon sur la lame.

1. A l'aide des lois de Snell-Descartes, déterminer l'angle de réfraction θ' du rayon dans la lame de verre.
2. Déterminer le chemin optique (AB) en fonction de l'angle de réfraction θ' , de l'indice du verre n , et de l'épaisseur de la lame e .

On cherche maintenant à déterminer la différence de chemin optique avec ou sans lame de verre.

3. Tracer le rayon lumineux qui arrive en B en passant par A en présence de la lame de verre. Puis tracer sur le même schéma le rayon lumineux qui arrive en B en l'absence de lame de verre.

4. La différence de marche avec ou sans lame peut s'écrire comme la différence de chemin optique depuis une source S à l'infini sous incidence oblique d'angle θ telle que $\delta = (SA)_{\text{avec}} - (SA)_{\text{sans}}$.

Montrer que $\delta = e(n \cos \theta' - \cos \theta)$.

5. Que vaut cette différence δ de marche pour $\theta = 0$? Puis donner une expression approchée au deuxième ordre lorsque $\theta \ll \frac{\pi}{2}$.

Si on considère maintenant que le point source S est sur l'axe optique, on cherche à déterminer dans les conditions de Gauss où se trouve son image S' par la lame.

6. Rappeler les conditions de Gauss en optique géométrique.
7. Par argument de symétrie de l'axe optique, S' est sur l'axe optique, en notant d la distance $d = SS'$, pour un angle d'incidence $\theta = 0$ déterminez la différence de marche entre les rayons provenant de S et de S' . Exprimer alors d en fonction de e et de n .