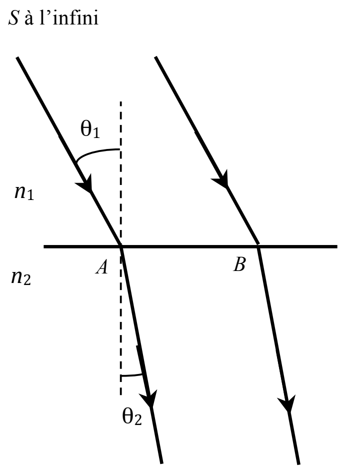
1. Réflexion totale

On dispose d'un flotteur mince, de rayon R (en forme de disque) au centre duquel on a planté un clou, perpendiculairement au centre du disque. La tête du clou est à la distance h du centre du disque. Le disque est placé dans l'eau, le clou étant immergé. À quelle condition le clou est-il invisible pour un observateur placé dans l'air (quelle que soit la position de cet observateur) ? On prendra pour indice de l'eau $n = 1{,}33$ et pour celui de l'air $n_a = 1{,}00$.

2. Loi de la réfraction

Une onde plane émise par une source ponctuelle S située à l'infini arrive sur un dioptre plan séparant le milieu d'indice n_1 contenant la source d'un milieu d'indice n_2. On note θ_1 l'angle d'incidence sur le dioptre et θ_2 l'angle de réfraction.

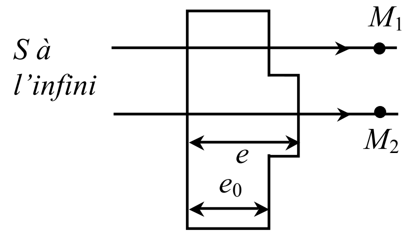


1) En faisant apparaître le point H situé sur le rayon passant par B tel que $(SA) = (SH)$, trouver une expression de $(SB) - (SA)$ en fonction de AB et de θ_1.

2) Trouver de même une expression de $(SB) - (SA)$ en fonction de AB et de θ_2. Montrer que l'on retrouve la loi de la réfraction liant θ_1 et θ_2.

3. Lame de verre

Une lame de verre parfaitement transparente, à faces parallèles, d'indice n et de faible épaisseur e_0 comporte un petit défaut localisé au centre où l'épaisseur devient $e > e_0$. Elle est éclairée par un faisceau de rayons parallèles issus d'une source ponctuelle S située à l'infini. On suppose que S émet un signal lumineux monochromatique de la forme :



$$a(t) = A_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

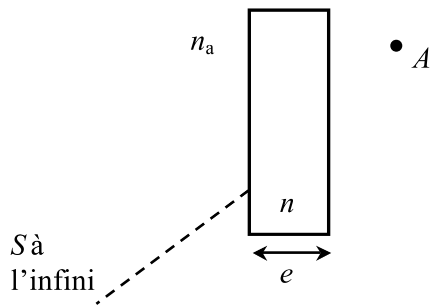
1) Déterminer la différence de marche $\delta = (SM_1) - (SM_2)$ où les points M_1 et M_2 sont situés à la verticale l'un de l'autre sur le schéma.

2) M_1 et M_2 appartiennent-t-ils à la même surface d'onde ? Y-a-t-il un paradoxe avec le théorème de Malus ? Comment l'expliquer ?

4. Différence de marche introduite par une lame à faces parallèles

Une lame de verre à faces parallèles d'épaisseur e et d'indice n est interposée entre une source ponctuelle S située à l'infini dans l'air, d'indice n_a, et un point A situé lui aussi dans l'air.

1) Tracer soigneusement sur une figure le rayon lumineux issu de S qui arriverait en A en l'absence de lame, ainsi que le rayon lumineux qui arrive en A en présence de la lame.



2) On s'intéresse à la grandeur $\delta = (SA)_{\text{avec lame}} - (SA)_{\text{sans lame}}$, appelée différence de marche. Montrer que :

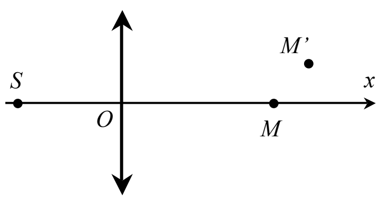
$$\delta = e\,(n\cos r - n_a \cos i)$$

où i est l'angle d'incidence sur la lame et r l'angle de réfraction.

3) Vérifier le résultat obtenu pour $i = 0$.

5. Calcul de chemins optiques

Une lentille (L) en verre d'indice n a une épaisseur e au niveau de son centre optique O. Sa distance focale image est f'. Elle est plongée dans l'air d'indice n_a. Soient M et M' deux points dont les coordonnées dans le repère (Oxy) sont respectivement $(x, 0)$ et (x', y'). Une source ponctuelle S est placée devant (L) sur l'axe (Ox).

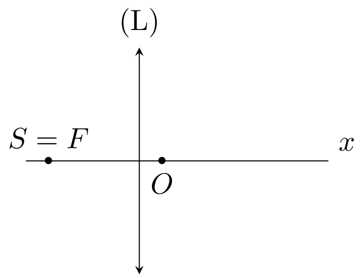


1) On suppose que $SO = f'$. Construire les rayons issus de S qui parviennent en M et en M'. Exprimer les chemins optiques (SM) et (SM').

2) Même question avec $SO = 3f'$.

6. Onde plane en optique physique

Une source ponctuelle S placée au foyer objet d'une lentille mince convergente (L) émet un signal lumineux monochromatique de pulsation ω_0 : $a(S,t) = A_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$. Soit O un point origine situé sur l'axe optique (Sx) de (L), de vecteur unitaire $\overrightarrow{e_x}$ et soit M un point quelconque dans le faisceau lumineux émergent de la lentille. On pose $\overrightarrow{r} = \overrightarrow{OM}$.



En utilisant le théorème de Malus, montrer que le signal lumineux en M peut s'écrire :

$$a(M,t) = \kappa\, A_m \cos(\omega_0 t - \overrightarrow{k}.\overrightarrow{r} + \varphi)$$

à condition de poser : $\overrightarrow{k} = \dfrac{2\pi}{\lambda_0}\overrightarrow{e_x}$, λ_0 étant la longueur d'onde dans le vide. φ est la phase de l'ondeau point O et à l'instant $t = 0$.

7. Fonction d'autocorrélation d'une raie à profil rectangulaire

Une source ponctuelle S émet un lumière constituée d'une seule raie à profil rectangulaire centrée en ω_0 et de largeur $\Delta\omega$. Calculer la fonction d'autocorrélation $g(\tau)$ et l'exprimer en fonction de I_S et d'un sinus cardinal $\text{sinc}(x)$.