

Fiche de TD n°1 d'optique photographique

1. Chambre noire

Une chambre noire est une boîte fermée (cube de côté d) percée au milieu d'une de ses faces par un trou circulaire de petite taille (rayon r). Une source ponctuelle S de lumière est placée devant le trou à une distance D . A l'intérieur de la chambre noire, On observe sur la face opposée du trou la tache de lumière formée par la source.

a. Quelle est la forme de cette tache de lumière ? Calculer sa taille en fonction de r , d et D .

On place une seconde source lumineuse S' décalée latéralement d'une distance ℓ .

b. Décrire le plus précisément possible la distribution de la lumière sur le fond de la chambre noire. On distinguera plusieurs cas selon la taille du trou.

c. Décrire ce qu'on observerait sur le fond de la chambre noire si on remplaçait les deux sources S et S' par une ligne lumineuse.

2. Réflexion-réfraction à la surface de l'eau

Les rayons solaires sont partiellement réfléchis et partiellement réfractés à la surface d'un lac situé à l'équateur. A quelle heure le rayon réfracté est-il perpendiculaire au rayon réfléchi ? L'indice de réfraction de l'eau est de 1,33.

3. La rame brisée

Montrer, à l'aide d'un schéma, qu'une rame bien droite plongée dans l'eau est perçue sous la forme d'une ligne brisée en construisant son image pour un observateur la regardant au travers du dioptre.

4. Contrôle du niveau d'un réservoir

On désire contrôler le remplissage d'un réservoir. A cet effet, les parois intérieures sont noircies pour absorber la lumière. On introduit un cylindre vertical en verre d'indice de réfraction $n_1 = 1,73$ terminé à sa partie inférieure par un cône d'angle au sommet $\theta = 45^\circ$. Une diode électroluminescente et une photodiode séparées par un écran opaque qui évite à la photodiode de recevoir directement la lumière de la diode électroluminescente sont positionnées à l'autre extrémité.

a. Montrer que tant que le liquide est en dessous du cône la photodiode fournit un signal.

b. Montrer que lorsque le liquide atteint le cône, le signal s'annule si l'indice de réfraction n_2 de celui-ci est supérieur à une valeur que l'on calculera.

5. Prisme rectangle à réflexion totale

Un prisme a un angle au sommet A voisin de 90° . Les rayons pénètrent dans le prisme et en ressortent par le dioptre opposé à l'angle A . On suppose que les angles i_1 et i_2 que font les rayons incidents et émergent avec la normale à la face d'entrée sont petits. Calculer la différence $(i_1 - i_2)$ en fonction de l'indice n et de $\varepsilon = A - 90^\circ$. Faire l'application numérique avec $\varepsilon = 1'$ et $n = 1,5$.

6. Dispersion de la lumière dans un prisme

Un prisme est constitué par un matériau transparent d'indice de réfraction n , limité par un dièdre d'angle A . Un rayon lumineux pénètre dans le prisme perpendiculairement à l'arête du dièdre. On appelle i , r , i' et r' les angles d'incidence et de réfraction successifs de ce rayon.

a. Ecrire les relations entre i , r , i' et r' et montrer que $A = r + r'$. Calculer l'angle de déviation D en fonction de A , i et i' . et montrer que la déviation passe par un minimum D_m quand $i = i'$.

b. Un faisceau de lumière parallèle rouge arrive sur le prisme d'angle $A = 30^\circ$. On mesure l'angle de déviation minimum $D_m = 16^\circ 00' 38''$. Quel est l'indice de réfraction n du prisme pour une radiation rouge ?

c. Un faisceau de lumière blanche arrive avec la même incidence. L'indice de réfraction n pour le bleu est égal à 1,517. Quelle est l'angle de déviation D pour le bleu ?

7. Fibre à gradient d'indice

a. Soit une fibre optique dont le cœur a un indice $n_1 = 1,5$ et la gaine un indice $n_2 = 1,3$. Un rayon se propage dans le cœur et arrive en I sous une incidence i . Quel est l'angle de réflexion totale j en J. Pour quelle valeur de i , le rayon se propage-t-il dans la fibre ?

b. Le cœur de la fibre est maintenant constitué de deux milieux d'indice n_1 et n'_1 concentriques ($n'_1 = 1,4$). Cette fibre est appelée fibre à gradient d'indice.

Pour quelles valeurs de i , le rayon se propage-t-il uniquement dans le milieu d'indice n_1 ? Pour quelles valeurs de i , le rayon se propage-t-il aussi dans le milieu d'indice n'_1 ? Quel est l'avantage de cette fibre par rapport à la fibre ordinaire ?

c. Soit L la longueur d'une partie de la fibre ordinaire. Avec quelle différence de temps le rayon 1 ($i_1 = 0$) et le rayon 2 ($i_2 = 25^\circ$) vont-ils parcourir la distance L ?

d. Même question que précédemment pour une fibre à gradient d'indice.

On suppose que $h_1 = h_2 = h$. Quel nouvel avantage apporte la seconde fibre par rapport à la fibre ordinaire ?