Optique géométrique
Les bases et les principes

I: Les principes :

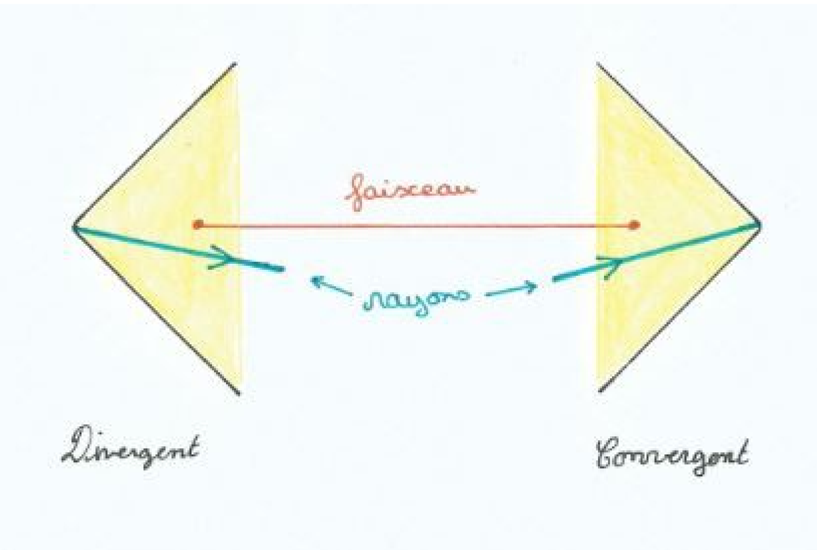
L'optique géométrique s'appuie sur les principes élémentaires de la propagation de la lumière.

1. Propagation rectiligne :

   Pour aller d'un point A vers un point B, la lumière prend toujours le chemin le plus rapide. Dans un milieu homogène (où la vitesse de la lumière est constante) le chemin le plus court et donc le plus rapide est la ligne droite.

2. Représentation rayons et faisceaux :

   Un rayon lumineux n'existe pas, c'est un outil utilisé pour représenter le chemin pris par la lumière. Un faisceaux lumineux existe. C'est une quantité de lumière qui se déplace. Un faisceaux peut-être fin (laser), convergent, divergent.



3. Loi du chemin inverse :

   Le chemin le plus rapide ne peut pas dépendre du sens de propagation. Pour aller de A vers B, le chemin suivit est le même que pour aller de B vers A.

II : Les bases :

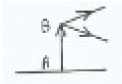
1. Sources de lumière :

   Les objets que nous observons (sauf dans le noir) émettent de la lumière. Ce sont donc des sources lumineuses.

   On distingue 2 types de sources lumineuses :

   -les sources primaires : ce sont les objets qui « fabriquent » la lumière qu'ils émettent (ex : étoile, ampoule...)
   -les sources secondaires : elles diffusent la lumière reçue par une source primaire.

En optique géométrique, les objets en général notés « AB » sont des sources lumineuses.



2. Exercice : Ombres et pénombres :

   Tous les points de la source émettent de la lumière dans toutes les directions. Sur l'écran, la zone d'ombre est la zone qui ne reçoit aucun rayon lumineux.

   La pénombre est la zone de l'écran qui ne reçoit les rayons que d'une partie de la source.

   Déterminer graphiquement et par le calcul les zones d'ombre et de pénombre :

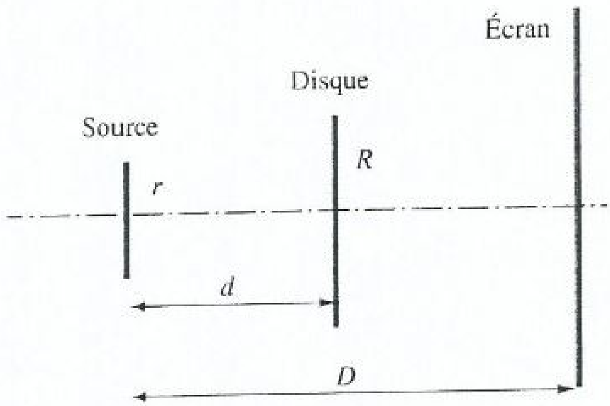
Devant une source lumineuse de rayon r et à la distance d est placé un disque opaque de rayon R. L'ensemble forme une ombre sur un écran placé à la distance D de la source.

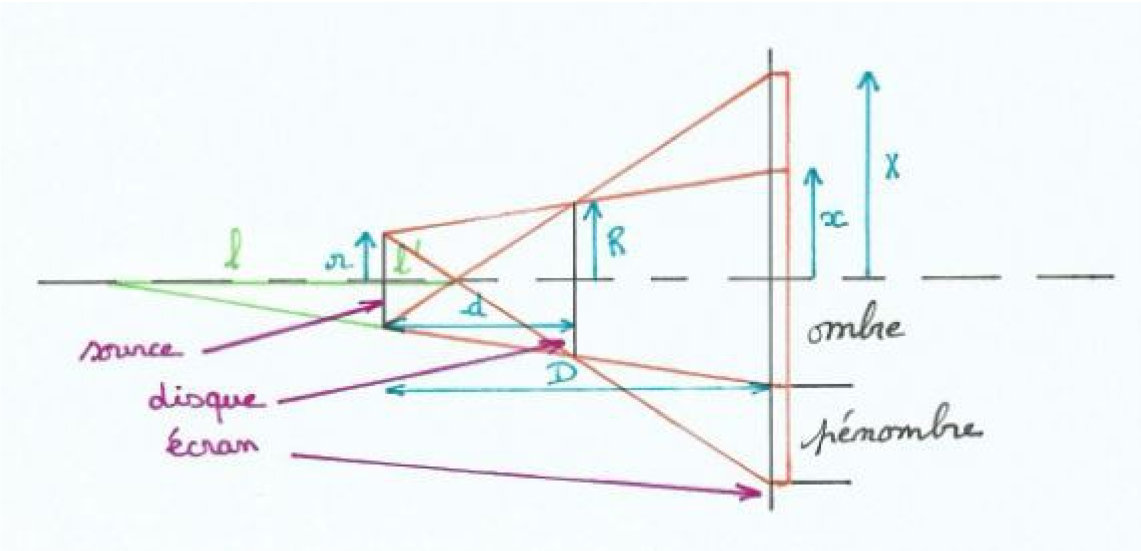
Déterminer :

– le rayon x de l'ombre en fonction de r, R, d et D.

– le rayon X de la pénombre en fonction de r, R, d et D.

A.N. : $r = 5$ cm, $R = 10$ cm, $d = 1$ m, $D = 2$ m





$x = ?\ ;\ X = ?$

$$\frac{R}{r} = \frac{d+l}{l} \quad ; \quad \frac{R}{x} = \frac{l+d}{l+D}$$

$x = ?$

1. $\frac{R}{r} = \frac{d+l}{l} \rightarrow \frac{0{,}1}{0{,}05} = \frac{1+l}{l} \rightarrow \frac{0{,}1}{0{,}05}\, l = 1 + l \rightarrow 2l - l = 1 \rightarrow l = 1.$

2. $\frac{R}{x} = \frac{l+d}{l+D} \rightarrow \frac{0{,}1}{x} = \frac{l+1}{l+2} \rightarrow \frac{0{,}1}{x} = \frac{1+1}{1+2} \rightarrow \frac{0{,}1}{x} = \frac{2}{3} \rightarrow 2x = 3 \times 0{,}1$

$x = \frac{0{,}3}{2} \rightarrow x = 0{,}15\ m.$

$X = ?$

1. $\frac{R}{r} = \frac{d-l'}{l'} \rightarrow \frac{0{,}1}{0{,}05} = \frac{1-l'}{l'} \rightarrow \frac{0{,}1}{0{,}05}\, l' = 1 - l' \rightarrow 2l' + l' = 1 \rightarrow 3l' = 1$

$\rightarrow l' = \frac{1}{3} \rightarrow l' = 0{,}333\infty$

2. $\frac{X}{R} = \frac{D-l'}{d-l'} \rightarrow \frac{X}{0{,}1} = \frac{2-0{,}33}{1-0{,}33} \rightarrow \frac{X}{0{,}1} = \frac{1{,}67}{0{,}67} \rightarrow X = (0{,}1 \times 1{,}67) : 0{,}67$

$\rightarrow X = 0{,}25\ m.$

3. Vitesse de la lumière et indices de réfraction :

La vitesse de la lumière est maximale dans le vide. On parle de vitesse ou de célérité. La célérité dans le vide est de c= 300.000 km/s ou c= $3x10^8$.

Dans tout milieu matériel (verre, gaz, liquide) la vitesse de la lumière est inférieure à sa vitesse dans le vide.

Un milieu matériel peut-être caractérisé par son indice de réfraction « n »

$$n_{milieu} = C/V$$

Exemple : un verre de base à un indice de 1,5. Calculer la vitesse de la lumière dans ce verre.

1,5= 300.000/V ==> V= 300.000/1,5 ==> V= 200.000 km/s ou 2×10^8 m/s.

Plus l'indice est élevé, plus la vitesse de la lumière dans ce milieu est faible.

Les verriers cherchent à faire des verres d'indice plus élevés car pour un même défaut de vision, le verre de lunette pourra être plus fin.

On verra également que la vitesse de la lumière dans un matériaux peut aussi dépendre de la couleur de cette lumière.

En générale, les lumières bleue dans un verre vont moins vite que les lumières rouges.

La couleur d'une lumière est caractérisée par la longueur d'onde λ du rayonnement. On peut donc affecter à un autre verre non pas un indice de réfraction mais une fonction d'indice $n(\lambda)$.

Variation d'indice

L'indice de réfraction d'un matériau donné varie suivant la loi $n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2}$ où A et B sont des constantes et λ la longueur d'onde exprimée en nm. À deux longueurs d'onde différentes, la vitesse de la lumière dans un gaz est :

$$\lambda_1 = 578 \text{ nm} \quad c_1 = 221\,190 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$\lambda_2 = 436 \text{ nm} \quad c_2 = 219\,970 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$$

Sachant que dans le vide $c = 299\,792 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$, calculer les indices aux deux longueurs d'onde et en déduire les valeurs des constantes A et B.

Ex :

1- $n\lambda_1 = \frac{299792}{221190} \rightarrow n\lambda_1 = 1{,}355$

$n\lambda_2 = \frac{299792}{219970} \rightarrow n\lambda_2 = 1{,}363$.

2-

$n_1 = A + \frac{B}{\lambda_1^2} \qquad n_2 = A + \frac{B}{\lambda_2^2}$

$n_1 = A + \frac{B}{\lambda_1^2} \rightarrow n_1 - A = \frac{B}{\lambda_1^2} \rightarrow A = -\frac{B}{\lambda_1^2} + n_1$

Dans la suite du calcul, "A" est remplacé PAR : $-\frac{B}{\lambda_1^2} + n_1$.

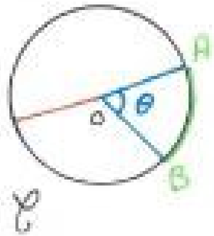
$n_2 = A + \frac{B}{\lambda_2^2} \rightarrow n_2 = -\frac{B}{\lambda_1^2} + n_1 + \frac{B}{\lambda_2^2} \rightarrow n_2 - n_1 = -\frac{B}{\lambda_1^2} + \frac{B}{\lambda_2^2}$

$n_2 - n_1 = B\left(\frac{1}{\lambda_2^2} - \frac{1}{\lambda_1^2}\right) \rightarrow (n_2 - n_1) = B\left(\frac{\lambda_1^2 - \lambda_2^2}{\lambda_1^2 \cdot \lambda_2^2}\right)$

$$\frac{(n_2 - n_1)(\lambda_1^2 \lambda_2^2)}{\lambda_1^2 - \lambda_2^2} = B$$

Pour trouver la valeur de A, on reprend $A = -\frac{B}{\lambda_1^2} + n_1$ et on remplace B par la valeur trouvée au calcul précédent.

4. Notions utiles sur les angles :

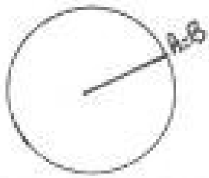
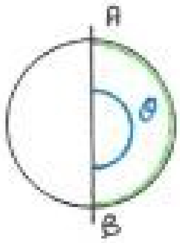
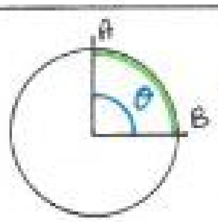


$\frown$: signifie un arc de cercle

$\widehat{AB}$ La définition d'un angle est en radian (rad).

Soit $\mathcal{C}$ un cercle de centre O et de rayon R θ est l'angle de sommet O qui délimite $\widehat{AB}$.

Par définition d'un angle : $\boxed{\theta = \dfrac{\text{longueur de } AB}{R}}$

	longueur $\widehat{AB}$	θ
	0	$\theta = \frac{0}{R}$ $\theta = 0$
	$2\pi R$	$\theta = \frac{2\pi R}{R}$ $\theta = 2\pi$
	$\frac{2\pi R}{2} = \pi R$	$\theta = \frac{\pi R}{R} = \pi$
	$\frac{2\pi R}{4} = \frac{\pi R}{2}$	$\theta = \frac{\pi R}{2R} = \frac{\pi}{2}$

θ_{rad}	0	2π	π	$\pi/2$
θ_{deg}	0°	360°	180°	90°

Convertir :

rad	deg
$\frac{3\pi}{4}$	135°
1,15	65,89°
0,907	52°

En optique, les angles sont généralement exprimés en degrés minute, seconde.

Dans 1 degré, il y a 60 min : $1° = 60'$

Dans 1 min, il y a 60 sec : $1' = 60''$

$1° = 3600''$; $6,5° = 6°30'$; $14,25° = 14°15'$

$7,92° = 7°55'12''$

rad	0,15	1,21	0,124
°	8,59	69,21	7,11
° ' "	8° 35' 24"	69° 12' 36"	7°6'35"
1° = 60'	1' = 60"	1° = 3600"	

Rad → deg : $\frac{rad \times 360}{2\pi}$

deg → RAD : $\left(\frac{deg}{360}\right) \times 2\pi$

5 : Détermination de la position d'une image :

En optique géométrique, l'image d'un objet à travers un système unique doit-être unique. On détermine la position de l'image par l'intersection des rayons émis par l'objet. Comme l'intersection est unique, il suffit en général de 2 rayons.

On peut déterminer cette intersection en construisant un graphique, la marche de rayons.

La figure obtenue met en évidence des propriétés géométriques (Thalès, symétrie, etc...) qui permettent d'établir des formules pour calculer la position de cette image sans la construction.