

Réflexion et réfraction

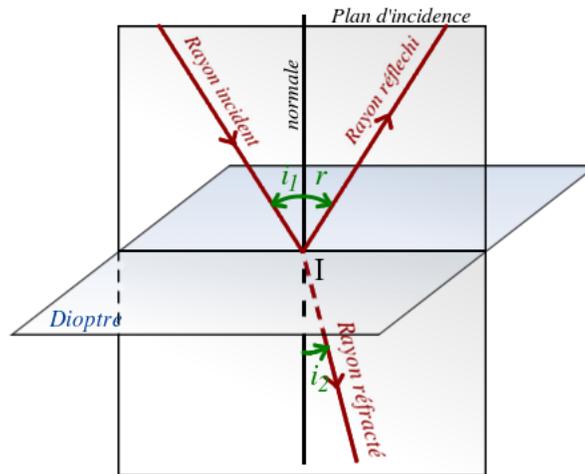
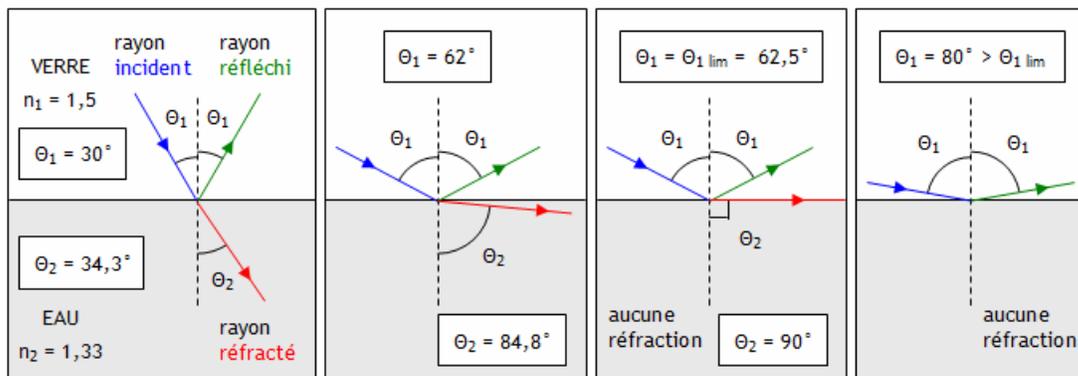


FIGURE 1 – Réflexion $\hat{i}_1 = \hat{r}$ et réfraction $n_1 \sin \hat{i}_1 = n_2 \sin \hat{i}_2$

Exemple de réflexion totale

Le phénomène de réflexion totale peut se présenter quand la lumière passe d'un milieu d'indice de réfraction élevé à un milieu d'indice de réfraction faible.

Dans le cas où $n_1 > n_2$ il existe un angle d'incidence limite $\theta_{1 \text{ lim}}$ au-delà duquel la réflexion est totale.



$$\hat{i}_1 = \hat{r} \quad n_1 \sin \hat{i}_1 = n_2 \sin \hat{i}_2 \quad n_1 < n_2 \Rightarrow \theta_{\text{lim}} = \arcsin \frac{n_1}{n_2}$$

Miroirs sphériques

- Le rayon passant par C se réfléchit sur lui-même.
- Le rayon parallèle à l'axe se réfléchit en passant par F .
- Le rayon passant par F est réfléchi parallèlement à l'axe.
- Le rayon passant par S est réfléchi symétriquement par rapport à l'axe.

Le rayon de courbure vaut le double de la distance focale : $|SC| = 2|SF|$.

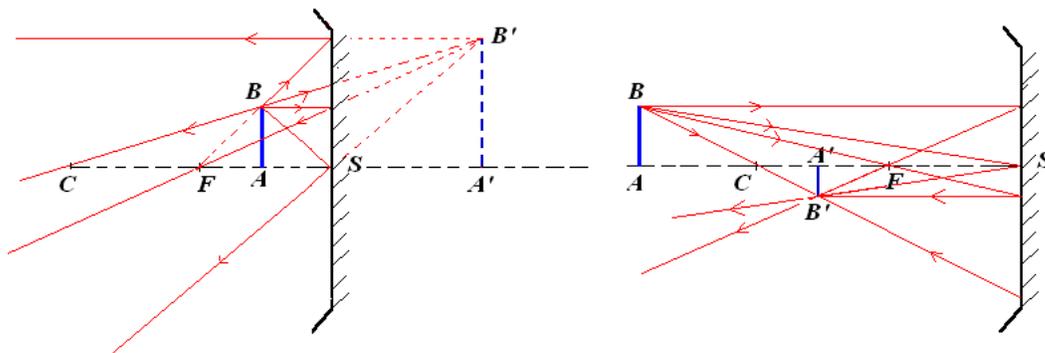


FIGURE 2 – Miroir convexe : objet réel et image virtuelle à gauche, image réelle à droite

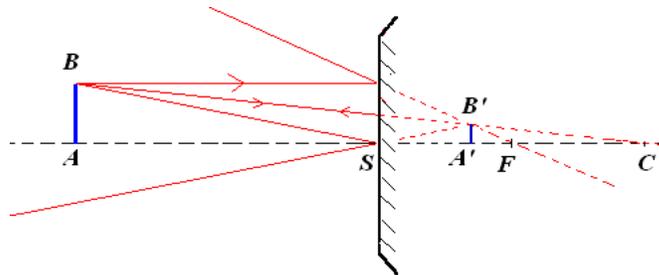


FIGURE 3 – Miroir concave : objet réel et image virtuelle. Le rayon passant par F et se réfléchissant parallèlement à l'axe n'est pas représenté

Prisme

$$\begin{aligned} \sin i &= n \sin r \\ \sin i' &= n \sin r' \quad \text{avec } n = \frac{n_{\text{prisme}}}{n_{\text{milieu}}} \\ \alpha &= r + r' \\ \delta &= i + i' - \alpha \end{aligned}$$

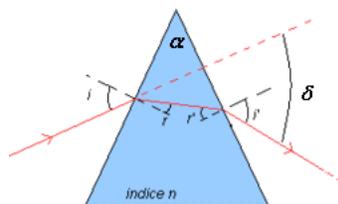


FIGURE 4 – Angles du prisme

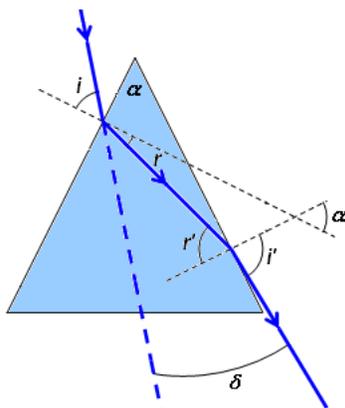


FIGURE 5 – Cas de l'angle d'incidence négatif

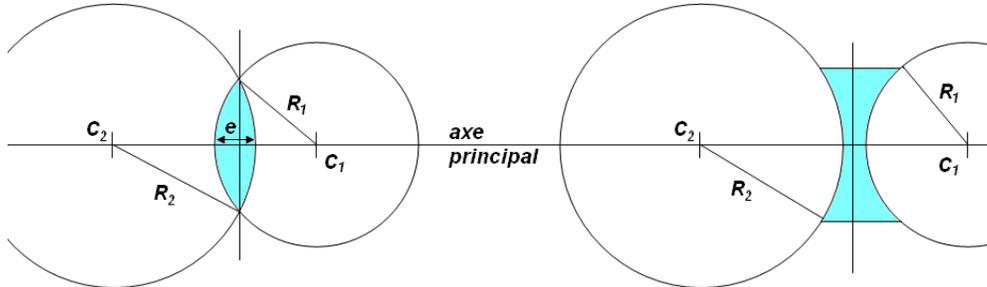
$$\alpha \leq 2\theta_{lim} \quad \text{condition géométrique}$$

$$\sin i_0 = n \sin(\alpha - \theta_{lim}) \quad \text{condition angle d'incidence minimum}$$

$$\sin \frac{\alpha + \Delta}{2} = n \sin \frac{\alpha}{2} \quad \text{déviation minimum}$$

$$r_{\Delta} = r'_{\Delta} = \frac{\alpha}{2} \quad \text{et} \quad i_{\Delta} = i'_{\Delta} = \frac{\alpha + \Delta}{2} \quad \text{se produit à la déviation minimum}$$

Lentilles minces



$f > 0$ si convergente et $f < 0$ si divergente

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \text{ avec } n = \frac{n_{\text{lentille}}}{n_{\text{milieu}}}$$

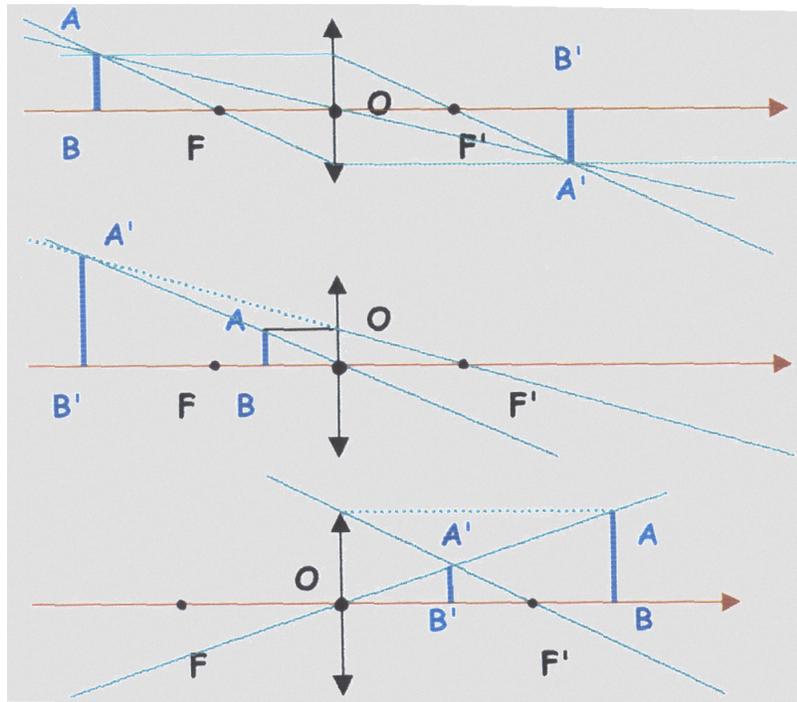


FIGURE 6 – Lentille convergente, construction de l'image.

- Le rayon passant par O n'est pas dévié.
- Le rayon parallèle à l'axe se réfléchit en passant par F' (foyer image).
- Le rayon passant par F (foyer objet) est réfléchi parallèlement à l'axe.

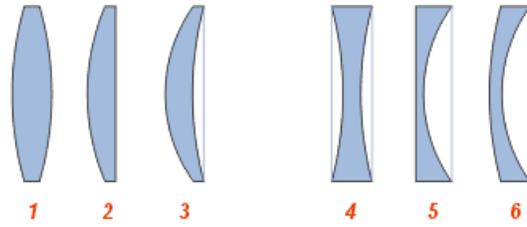


FIGURE 7 – 1,2,3 lentilles convexes convergentes - 4,5,6 lentilles concaves divergentes

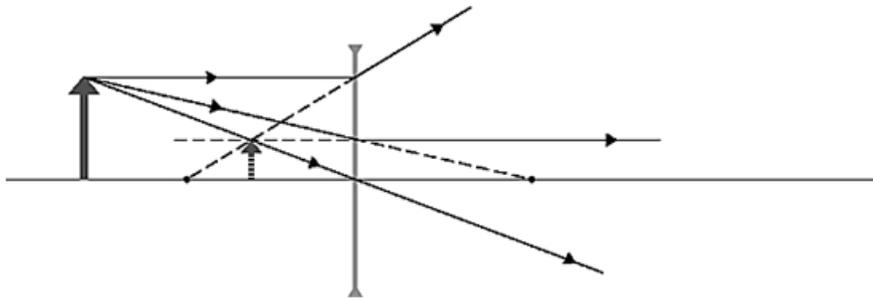


FIGURE 8 – Lentille convergente et lentille divergente.

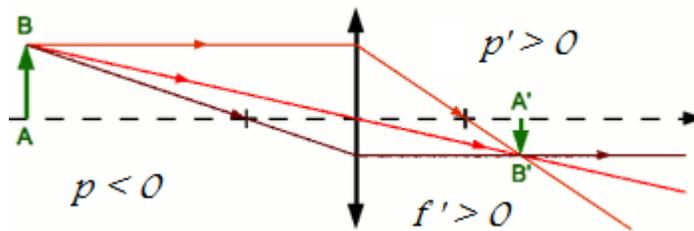


FIGURE 9 – Convention de signes.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p'} - \frac{1}{p} \quad \text{et} \quad \gamma = \frac{p'}{p}$$

Lentilles minces accolées

$$\frac{1}{f_{tot}} = \sum \frac{1}{f_i} = C \text{ (vergence en } m^{-1}\text{)}$$

$$\hat{i}_1 = \hat{r} \quad n_1 \sin \hat{i}_1 = n_2 \sin \hat{i}_2 \quad n_1 < n_2 \Rightarrow \theta_{lim} = \arcsin \frac{n_1}{n_2}$$

prisme

$$\sin i = n \sin r \quad \text{avec } n = \frac{n_{\text{prisme}}}{n_{\text{milieu}}}$$

$$\sin i' = n \sin r'$$

$$\alpha = r + r'$$

$$\delta = i + i' - \alpha$$

$$\sin i_0 = n \sin(\alpha - \theta_{lim})$$

$$\sin \frac{\alpha + \Delta}{2} = n \sin \frac{\alpha}{2}$$

lentilles

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad \text{avec } n = \frac{n_{\text{lentille}}}{n_{\text{milieu}}}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p'} - \frac{1}{p} \quad \text{et} \quad \gamma = \frac{p'}{p}$$

$$C = \frac{1}{f_{tot}} = \sum \frac{1}{f_i} \quad (m^{-1}, \delta)$$

Chapitre 1

Exercices d'optique géométrique

1.1 Réflexion

Exercice 1

Un système optique est constitué de deux miroirs plans, formant entre eux un angle α , tel qu'un rayon lumineux incident parallèle à l'un des deux miroirs repart en sens inverse (même support) après avoir subi trois réflexions.

1. Que vaut l'angle d'incidence sur le 1^{er} miroir ?
2. En déduire la valeur de l'angle α .

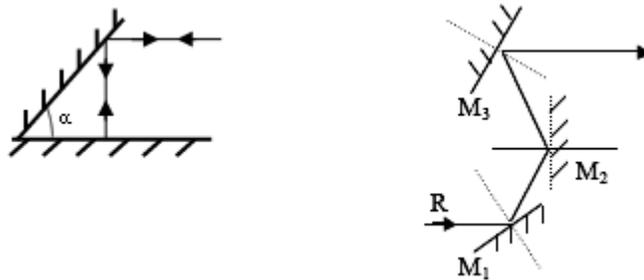


FIGURE 1.1 – Schémas respectifs des exercices 1 et 2.

Exercice 2

Un rayon lumineux R se propage dans l'air en se réfléchissant successivement sur 3 miroirs plans M_1 , M_2 , M_3 , perpendiculaires à un plan choisi comme plan de la figure. Les angles d'incidence en I_1 sur M_1 et en I_2 sur M_2 valent tous deux 60° et le rayon I_1I_2 est dans le plan de la figure.

1. Que valent les 2 premières déviations angulaires du rayon ?
2. Quelle doit être l'orientation de M_3 pour que, après les 3 réflexions, le rayon réfléchi définitif ait la même direction et le même sens que le rayon incident R ?

Exercice 3

Un individu prenant place à bord d'une automobile s'intéresse à la longueur de la façade d'une maison qu'il désire acheter. Une idée brillante lui permet d'effectuer son calcul. Il dispose son automobile dos à la maison de façon à ce que la façade de la maison occupe entièrement son rétroviseur. Le rétroviseur a une largeur de 20 cm et l'individu est placé au centre du rétroviseur, à 50 cm de ce dernier. L'individu estime que sa position est à 20 m du devant de la maison. Quelle est la longueur de la façade de la maison ?

Exercice 4

Représenter l'image d'un objet par un miroir concave de distance focale $|FS| = 2\text{ cm}$,

1. sur un même dessin, pour un objet réel, placé à une distance de respectivement 10 cm , 6 cm , 4 cm , 3 cm , $1,5\text{ cm}$ et $0,5\text{ cm}$ du sommet S ,
2. sur un même dessin, pour un objet virtuel, placé à une distance de respectivement $0,5\text{ cm}$, 2 cm et 6 cm du sommet S .

Exercice 5

Représenter l'image d'un objet par un miroir convexe de distance focale $|FS| = 2\text{ cm}$,

1. sur un même dessin, pour un objet réel, placé à une distance de respectivement $0,5\text{ cm}$, 2 cm et 6 cm du sommet S ,
2. sur un même dessin, pour un objet virtuel, placé à une distance de respectivement 10 cm , 6 cm , 4 cm , 3 cm , $1,5\text{ cm}$ et $0,5\text{ cm}$ du sommet S .

Que constatez-vous en comparant cet exercice au précédent ?

1.2 Réfraction

Exercice 1

Soient deux milieux, air et verre ($n_{\text{verre}} = 1,5$). Déterminer l'angle du faisceau se propageant du verre dans l'air pour un angle d'incidence de 10° , 20° , 30° , 40° et 50° . Que remarque-t-on ?

Calculez l'angle limite et concluez.

Exercice 2

Calculez l'angle limite des couples de milieux suivants. Précisez, pour chaque cas, le milieu dans lequel pourrait se produire la réflexion totale.

Calculez aussi la vitesse de la lumière dans ces différents milieux.

1. air - eau ($n_{\text{eau}} = \frac{4}{3}$)
2. air - diamant ($n_{\text{diamant}} = 2,4$)

3. eau - diamant
4. eau - plexiglass ($n_{plexi} = \frac{3}{2}$)
5. verre - diamant ($n_{verre} = n_{plexi} = 1,5$)
6. verre - sulfure de carbone ($n_{CS_2} = 1,6$)

Exercice 3

Un faisceau se propage du diamant dans du plexiglass.

1. Dans quel milieu pourrait se produire la réflexion totale?
2. Calculez l'angle limite de réfraction.
3. Calculez les angles de réfraction correspondants aux angles d'incidence de 0° , 20° , 30° et 60° .

Exercice 4

Un faisceau lumineux se propage d'un milieu d'indice $n_1 = 1,7$ vers un milieu d'indice $n_2 = 1,2$ et vice-versa.

1. Dans quel milieu pourrait se produire la réflexion totale?
2. Calculez l'angle limite de réfraction.
3. Complétez le tableau suivant :

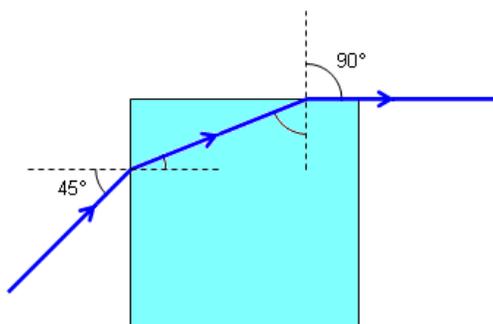
θ_1	10°		52°
θ_2		30°	

Exercice 5

L'oeil d'un plongeur est situé dans l'eau à 1 m de la surface libre. Précisez la forme et la grandeur de la portion de surface libre, seule traversée par la lumière, qui permet à l'oeil de voir les objets situés au-dessus du plan de la surface libre ($n_{eau} = \frac{4}{3}$).

Exercice 6

Un rayon lumineux traverse l'une des faces d'un cube en matière transparent sous une incidence de 45° puis rencontre une deuxième face perpendiculaire à la première.

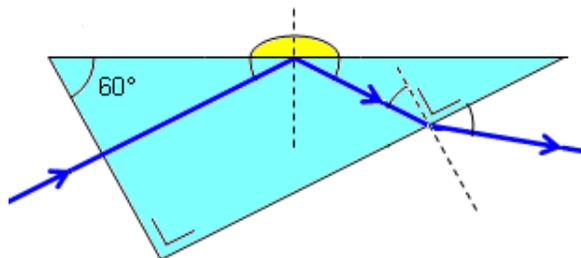


En admettant que le plan d'incidence soit normal à ces deux faces et que le rayon lumineux sorte dans l'air en rasant la face de sortie, calculez l'indice de la substance composant le cube.

Exercice 7

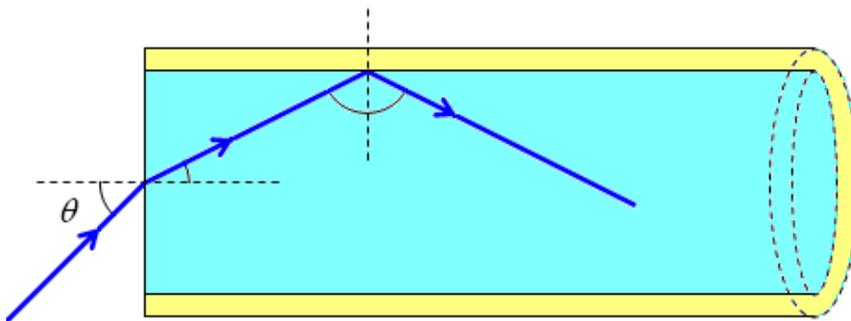
La section d'un prisme en verre d'indice $n = 1,5$ par un plan perpendiculaire aux arêtes à la forme d'un triangle rectangle dont un des angles vaut 60° . Sur la face hypoténuse, disposée horizontalement, est placée une goutte d'un liquide transparent.

On considère un rayon incident normal à la petite face. Ce rayon touche alors la surface de séparation verre - liquide. Quelle condition doit remplir l'indice de réfraction du liquide pour qu'il y ait réflexion totale dans le prisme?



Exercice 8

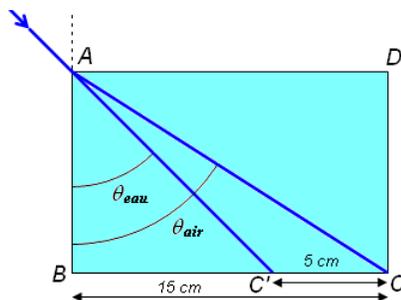
Une fibre optique comporte un coeur et une gaine d'indices de réfraction respectifs $n_{\text{coeur}} = 1,62$ et $n_{\text{gaine}} = 1,52$. Calculez l'angle d'acceptance θ de la fibre optique.



Exercice 9

Un récipient de section verticale rectangulaire $ABCD$ a une base horizontale BC de 15 cm de longueur. Lorsqu'il est vide, on fait passer l'axe d'un faisceau lumineux par la diagonale AC . Ensuite, on le remplit d'eau ($n_{\text{eau}} = \frac{4}{3}$) jusqu'au bord. L'axe du faisceau suit alors le trajet AC' tel que $|CC'| = 5\text{ cm}$.

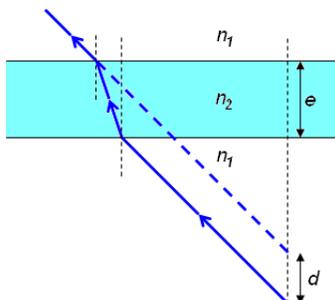
Déterminez la profondeur $|AB|$ du récipient.



Exercice 10

Soit une lame à faces parallèles d'indice n_2 séparant 2 milieux identiques d'indice n_1 . En faisant l'hypothèse du stigmatisme approché (on ne s'éloigne pas trop de la normale) et en prenant $n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1}$, démontrez que le déplacement d d'un objet vu par un observateur à travers la lame à faces parallèles d'épaisseur e est donné par

$$d = e \left(1 - \frac{1}{n_{2,1}} \right)$$



1.3 Prisme

Exercice 1

Soit un prisme d'indice $n = 1,5$ et $\alpha = 60^\circ$.

1. Calculer l'angle de seuil i_0 .
2. Calculer l'angle i' et D pour les angles d'incidence i variant de 0° à 90° par pas de 10° .
3. Dessiner le graphique de $i' = f(i)$ et $D = f(i)$.
4. Déterminer par calcul le minimum de déviation Δ .
5. Représenter sur le graphique $D = f(i)$ le minimum de déviation Δ (corriger le graphique si nécessaire).
6. Quelle serait la condition d'émergence (i_0) si l'une des faces du prisme était en contact avec l'air et l'autre avec l'eau?

Exercice 2

Un prisme d'angle au sommet de 50° a un indice $n = 1,6$. Un faisceau lumineux tombe sur une face sous une incidence de 30° . Calculer

1. l'angle d'émergence,
2. l'angle de déviation du faisceau,
3. les angles pour lesquels la réflexion totale se produit sur la 2^e face,
4. l'angle de déviation minimum de ce prisme,
5. l'angle de déviation minimum si le prisme était plongé dans l'eau.

Que vaudraient les valeurs calculées si le prisme était creusé dans un bloc de verre? ($n_{prisme} = n_{air}$ ou n_{eau} et $n_{milieu} = n_{verre}$)

Exercice 3

Soit un prisme d'angle au sommet $\alpha = 60^\circ$. L'angle de déviation minimum de ce prisme vaut $\Delta = 37^\circ$. Que vaut l'indice de réfraction du prisme?

Exercice 4

On considère un prisme d'angle A et d'indice $n = 1,6$. Déterminer l'angle A sachant que l'angle d'incidence minimum pour qu'il y ait émergence i_0 vaut 15° .

Exercice 5

On considère un prisme d'angle $A = 51^\circ$ et d'indice $n = 1,52$. Déterminer l'angle d'émergence i' si le rayon lumineux incident se fait à incidence rasante

1. dans l'air,
2. dans l'eau.

Exercice 6

On considère un prisme d'angle $A = 50,9^\circ$ et d'indice n . L'indice n varie avec la longueur d'onde dans le vide λ de la lumière incidente suivant la relation :

$$n = n_0 + \frac{a}{\lambda^2} \text{ avec } n_0 = 1,51 \text{ et } a = 2,50 \cdot 10^{-15} m^2$$

On envoie sur le prisme avec un angle d'incidence $i = 15,0^\circ$ un faisceau de lumière magenta, mélange d'une radiation bleue et d'une radiation rouge. On place un écran après la face de sortie du prisme et après la base du prisme.

1. Vérifier que l'indice maximum n_m pour qu'il y ait émergence pour $i = 15,0^\circ$ vaut $n_m = 1,521$.
2. En déduire la longueur d'onde minimum λ_m correspondante.

3. Indiquer la couleur du spot lumineux reçu sur chaque écran.

Exercice 7

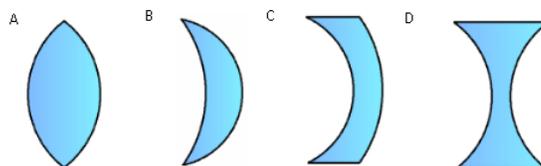
Un rayon lumineux monochromatique tombe sous un angle de 35° sur un prisme qui est entouré d'air et dont l'indice de réfraction vaut $n' = 1,55$. C'est sous cet angle d'incidence que le rayon passe encore tout juste dans l'air à la surface opposée.

1. Calculer l'angle A du prisme.
2. Le prisme est posé dans un liquide d'un indice de réfraction n'' . Maintenant le même rayon subit la déviation minimale. Calculer l'indice de réfraction n'' et l'angle de déviation minimale.

1.4 Lentilles minces

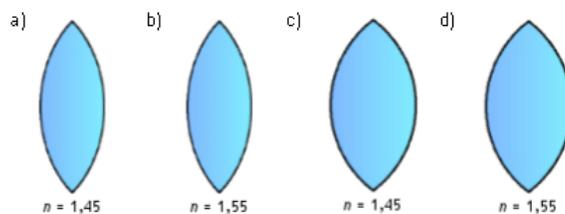
Exercice 1

Calculer le signe de la distance focale des lentilles suivantes :



Exercice 2

Quelle lentille possède la plus grande vergence ?



Exercice 3

Quelle est la longueur focale

1. d'une lentille biconvexe symétrique en verre ($n = 1,5$) dont le rayon des deux surfaces vaut 10 cm ?
2. d'une lentille plan convexe en verre dont le rayon vaut 10 cm ?
3. d'une lentille plan concave en verre dont le rayon vaut 10 cm ?
4. d'un ménisque convergent en verre dont les rayons valent respectivement 10 cm et 5 cm ?

5. d'un ménisque divergent en verre dont les rayons valent respectivement 10 cm et 5 cm ?

Exercice 4

Que vaudraient les longueurs focales des lentilles de l'exercice précédent si celles-ci

- étaient entièrement immergées dans l'eau?
- étaient creusées dans un bloc de verre? ($n_{\text{lentille}} = n_{\text{air}}$ et $n_{\text{milieu}} = n_{\text{verre}}$)

Exercice 5

Représenter l'image d'un objet par une lentille convergente de distance focale $f' = 2\text{ cm}$,

- sur un même dessin, pour un objet réel, placé à une distance de respectivement 10 cm , 6 cm , 4 cm , 3 cm , $2,5\text{ cm}$, $1,5\text{ cm}$ et $0,5\text{ cm}$ du centre optique O ,
- sur un même dessin, pour un objet virtuel, placé à une distance de respectivement $0,5\text{ cm}$, 2 cm et 6 cm du centre optique O .

Exercice 6

Représenter l'image d'un objet par une lentille divergente de distance focale $f' = -2\text{ cm}$,

- sur un même dessin, pour un objet réel, placé à une distance de respectivement $0,5\text{ cm}$, 2 cm et 6 cm du centre optique O ,
- sur un même dessin, pour un objet virtuel, placé à une distance de respectivement 10 cm , 6 cm , 4 cm , 3 cm , $2,5\text{ cm}$, $1,5\text{ cm}$ et $0,5\text{ cm}$ du centre optique O .

Que constatez-vous en comparant cet exercice au précédent?

Exercice 7

Trouvez la nature, le sens, la position et la hauteur de l'image d'un objet donné par une lentille

lentille	$f' (cm)$	objet	$p (cm)$	$h (cm)$	nature	sens	$p' (cm)$	$h' (cm)$
convergente	15	réel	20	5				
convergente	15	réel	10	4				
convergente	30	réel	50	10				
convergente	15	virtuel	20	5				
convergente	15	virtuel	10	4				
convergente	30	virtuel	50	10				
divergente	15	réel	20	5				
divergente	15	réel	10	4				
divergente	30	réel	50	10				
divergente	15	virtuel	20	5				
divergente	15	virtuel	10	4				
divergente	30	virtuel	50	10				

Exercice 8

Trouvez la nature, le sens, la position de l'image et la hauteur de l'objet correspondant donné par une lentille

1. convergente ayant une distance focale de 20 cm si l'on obtient une image de 5 cm de haut lorsque l'objet réel est placé à 60 cm de la lentille;
2. divergente ayant une distance focale de 20 cm si l'on obtient une image de 5 cm de haut lorsque l'objet virtuel est placé à 60 cm de la lentille.

Exercice 9

Un objet de 5 cm donne une image de 2 cm lorsqu'il est placé à 50 cm du foyer d'une lentille biconvexe. Trouvez la nature, le sens et la position de l'image ainsi que la distance focale de la lentille.

1.5 Focométrie

Exercice 1

Quelle est la vergence d'une lentille convexe dont la longueur focale vaut 15 cm ?

Exercice 2

Quelle longueur focale devrait avoir, en cm , une lentille concave pour présenter une vergence de 5 dioptries ?

Exercice 3

Quelle serait la vergence d'un système composé

1. d'une lentille biconvexe de 4 dioptries et d'une lentille biconvexe de 2 dioptries ?
2. d'une lentille biconvexe de $3\text{ } \delta$ et d'une lentille biconcave de $f' = 8\text{ cm}$?

Exercice 4

On veut un système de $8\text{ } \delta$. On possède une lentille divergente de $f' = 20\text{ cm}$. Quelle distance focale, en cm , devrait posséder une lentille convergente jumelée à la divergente ?

Exercice 5

Un objet de 10 cm placé à 60 cm d'une lentille convergente produit une image réelle de 10 cm de haut. Pour obtenir une image de 5 cm sans bouger l'objet, il faut ajouter une lentille. Quelle doit être la

longueur focale de cette lentille?

Exercice 6

Un objet de 50 cm placé devant une lentille produit une image de 50 cm sur un écran. Une distance de $1,5\text{ m}$ sépare l'objet et l'écran. Quelle est la vergence de la lentille?

Exercice 7

On veut obtenir sur un écran une image quatre fois plus grande qu'un objet. Si la longueur focale du système optique est de 5 cm , à quelle distance de la lentille doit-on placer l'écran?

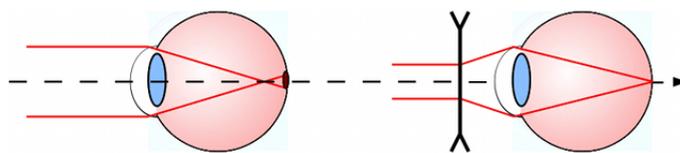
1.6 Instruments d'optique

Exercice 1

Un oeil moyen mesure $2,5\text{ cm}$ de diamètre.

1. Quel doit être la distance focale image du cristallin pour former l'image d'un objet situé à l'infini, sur la rétine?
2. Et quelle doit être la valeur de cette distance focale pour lire un livre à 20 cm de l'oeil?

Exercice 2



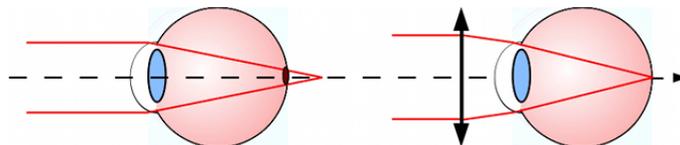
L'oeil myope est trop long ou le cristallin trop convergent. L'image d'un objet à l'infini se forme en avant de la rétine. Le punctum remotum est situé à une distance finie, variant avec la gravité de la myopie.

Nous allons chercher à corriger un défaut de myopie à l'aide d'une paire de lunettes. On place une lentille divergente devant l'oeil myope, dont la rétine est trop loin. On considère un objet AB situé à l'infini.

Si le foyer du cristallin est situé à $2,25\text{ cm}$ et que la rétine est située à $2,5\text{ cm}$, quelle doit être la vergence de la lentille divergente à placer à une distance de $0,625\text{ cm}$ devant le cristallin?

Exercice 3

Un oeil hypermétrope est trop court ou le cristallin n'est pas assez convergent. L'image d'un objet à l'infini se forme en arrière de la rétine. L'oeil doit constamment accommoder pour ramener l'image au niveau de la rétine, ce qui provoque une fatigue.



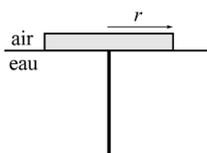
On considère un oeil hypermétrope de distance focale image comprise entre $2,28 \text{ cm}$ et $2,6 \text{ cm}$ (en fonction de la contraction du cristallin) dont la rétine est située à $2,5 \text{ cm}$.

1. On place un objet (le titre d'un livre par exemple) à 25 cm de l'oeil. Son image peut-elle se situer sur la rétine?
2. Quelle devrait être la distance focale minimum pour voir nettement cet objet situé à 5 cm de l'oeil?
3. On souhaite corriger cette hypermétropie par des lentilles de contact. Comme leur nom l'indique, elles sont au contact de l'oeil. On pourra donc considérer le système lentille de contact + cristallin comme un doublet de deux lentilles accolées. Calculer la vergence de la lentille de contact permettant de former l'image de cet objet sur la rétine. Quelle est la nature de cette lentille?

1.7 Exercices récapitulatifs

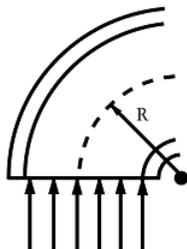
Exercice 1

Un disque de liège flotte sur l'eau. Il soutient une tige placée perpendiculairement en son centre. Quelle est la longueur h de la partie de la tige non visible pour un observateur dans l'air ?



Exercice 2

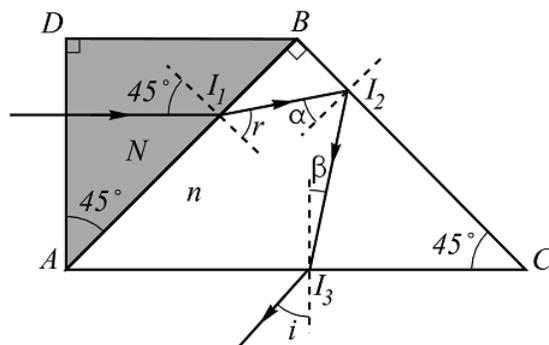
Une fibre optique présente les caractéristiques suivantes : épaisseur $d_{coeur} = 0,5 \text{ mm}$, $n_{coeur} = 1,66$ et $n_{gaine} = 1,52$. Que vaut le rayon R minimal pour qu'il y ait transmission du signal ?



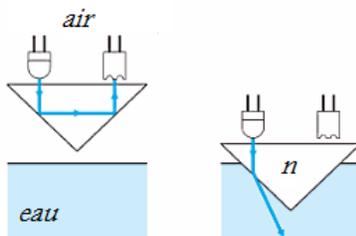
Exercice 3

Soient deux prismes accolés comme sur le dessin ci-dessous.

1. Quelle relation vérifient N et $n = \frac{3}{2}$ pour qu'il y ait réflexion en I_2 ? (Que vaut la valeur maximum N_0 ?)
2. Que doit valoir N pour que i' soit nul?

**Exercice 4**

Un prisme à réflexion totale peut être utilisé comme détecteur de niveau. Quelles sont les conditions sur n pour qu'il y ait transmission?

**Exercice 5**

Soit une lentille plan convexe mince L , taillée dans un verre particulier d'indice n . Le rayon de courbure vaut R .

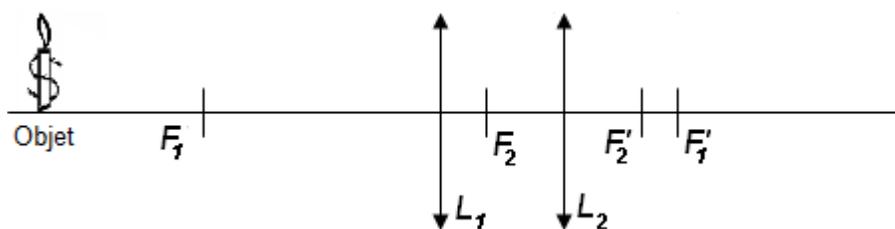
Lorsque cette lentille est plongée dans l'air, sa distance focale image est $f'_{\text{air}} = +10 \text{ cm}$.

Lorsqu'elle est plongée dans l'eau (d'indice $4/3$), la distance focale image vaut $f'_{\text{eau}} = +30 \text{ cm}$.

1. Déduisez-en les valeurs de n et de R .
2. Calculer la position p' de l'image par rapport au centre optique O de la lentille si l'objet est réel et se trouve à 20 cm par rapport à O .
3. Calculer la position p' de l'image par rapport au centre optique O de la lentille si l'objet est virtuel et se trouve à 20 cm par rapport à O .

Exercice 6

Un objet réel de $4,0\text{ cm}$ de hauteur est placé à 20 cm d'une lentille convergente L_1 et à 26 cm d'une lentille convergente L_2 dont les longueurs focales sont respectivement de 12 cm et 4 cm . Terminez la construction. Trouvez par calcul la nature, le sens, la position et la hauteur de l'image.

**Exercice 7**

Calculer

1. La distance focale f'_1 d'un ménisque divergent d'indice $n_1 = 1,5$ dont les rayons de courbure valent (en valeur absolue) respectivement 5 et 10 cm .
2. La distance focale f'_2 d'une lentille plan concave d'indice $n_2 = 1,6$ et de 6 cm de rayon de courbure
3. La distance focale f' du système obtenu en accolant ces deux lentilles.
4. La position p' de l'image par rapport au centre optique O du système si l'objet se trouve à la position $p = 20\text{ cm}$ par rapport à O .
5. La vergence du système et concluez : ce système est-il convergent ou divergent ?

