Ivan Makosso

SEYNI-FI

# L'ENFANT INTELLIGENT

# Physique

# 1ère

PREMIERE

Vol. 1

Lu et approuvé
par Yann Norfé (l'expert)
et l'Ingénieur Le-Sage KIF
Professeurs Certifiés des Lycées

RESUME DES COURS ET
EXERCICES CORRIGES

***SEYFI "Joseph"***

# L'Enfant Intelligent

# Physique

**En classe de**

# 1ère

## Série C.D.E

**VOL 1**

## *Avant-propos*

*Ce nouveau fascicule de la Physique 1ère, édition 2020 est un véritable guide, une feuille de route, un chef-d'œuvre pour les élèves de la Première qui s'en serviront.*

*Il est élaboré par un professionnel de l'enseignement général.* ***Conçu pour que l'élève de*** *Première* ***soit capable d'affronter correctement les évaluations****. Adapté au nouveau programme, ce document répond aux normes d'évaluation de la pédagogie par objectif (P.P.O).*

La science progressant par erreurs corrigées, nous sommes très ouverts à vos critiques et contributions afin de nous aider à soigner les prochaines productions.

SEYNI FI

Ivan makosso

## SOMMAIRE





# REFLEXION DE LA LUMIERE

**1. Définition:** La réflexion de la lumière est le brusque changement de direction du faisceau lumineux qui arrive sur une surface plane polie, dans une direction déterminée.

**Remarque:** La surface plane et polie forme un miroir plan.

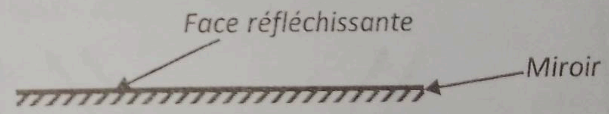
**2. Miroir plan.**

**Définition:** On appelle miroir plan, toute surface réfléchissante plane.

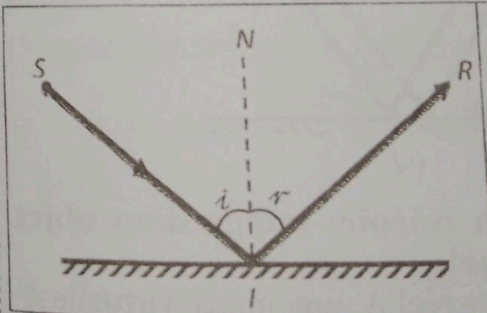
**Exemple :**

- ✓ Une plaque de métal poli ;
- ✓ Une surface de verre bien dressée ;
- ✓ La surface libre d'un liquide au repos (eau, mercure...).

On symbolise un miroir plan de la manière suivante




**3. Réflexion sur un miroir.**




I : Point d'incidence ;
SI : Rayon incident ;
IN : Normale du miroir au point d'incidence
IR : Rayon réfléchi ;
$i$ : Angle d'incidence ;
$r$ : Angle de réflexion.

**4. Lois de la réflexion.**

Le phénomène de réflexion de la lumière obéit à deux lois fondamentales appelées : lois de DESCARTES.

- **Enoncé des lois.**

**1ère loi:** Le rayon incident, la normale et le rayon réfléchi sont dans le même plan appelé plan d'incidence.

**2ème loi:** L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence: $\boxed{i = r}$

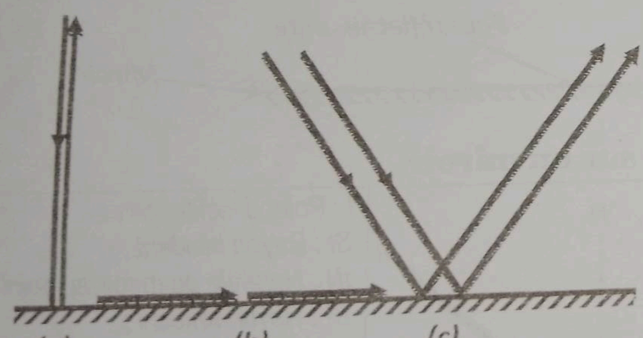
## 5. Marche des rayons lumineux.

Soit M un miroir plan, SI un rayon incident contenu dans le plan de la figure.

**a)** Un rayon incident normal au miroir (incidence normale : $i = 0$) est réfléchi sur lui-même ($r = 0$) (Figure 1.a).

**b)** Un rayon incident rasant le miroir (incidence rasante: $i = 90°$) ne subit aucun changement de direction ($r = 90°$) (Figure 1.b).

**c)** On démontrera aisément qu'un faisceau incident de rayons parallèles est transformé en faisceau réfléchi de rayons parallèles (Figure 1.c).

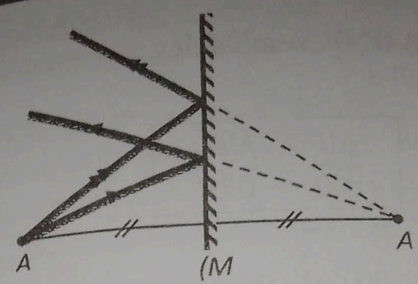



## 6. Images des objets dans un miroir: image d'un objet réel ; image d'un objet virtuel.

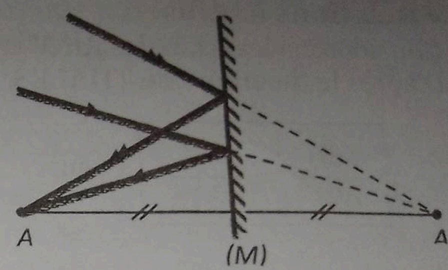
- Un miroir plan donne d'un objet réel A, une image virtuelle A' symétrique de l'objet par rapport au plan du miroir (figure 2.a).
- Un miroir plan donne d'un objet virtuel A, une image réelle A' symétrique de A par rapport au plan du miroir (figure 2.b).







Figure



Figure

**Remarque :**

- ✓ Un objet est dit réel quand les rayons lumineux sont réellement issus de cet objet.
- ✓ Un objet est dit virtuel quand les rayons lumineux semblent arrivés en cet objet.

## 7. Champ d'un miroir plan.

**Définition:**

On appelle champ d'un miroir plan, pour une position donnée de l'œil, la région de l'espace dont l'image peut être vue dans le miroir.

Considérons la figure 3 suivante :

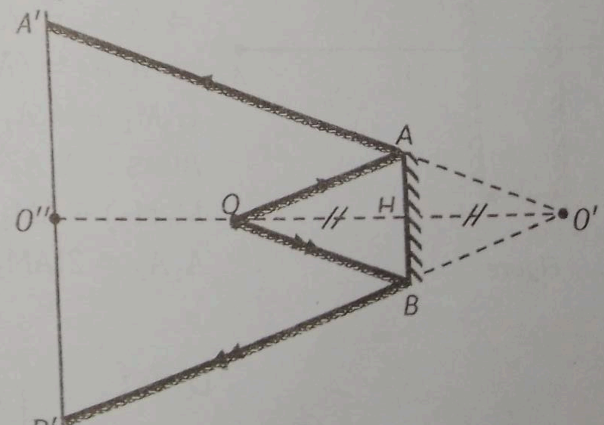


Figure 3.

➢ **Relations à utiliser.**

Considérons les triangles AHO′ et A′O′′O′ semblables.
D'après le théorème de THALES, on a :

$$\boxed{\frac{AH}{A'O''} = \frac{O'H}{O'O''}} \quad \text{ou} \quad \boxed{\frac{AH}{O'H} = \frac{A'O''}{O'O''}}$$

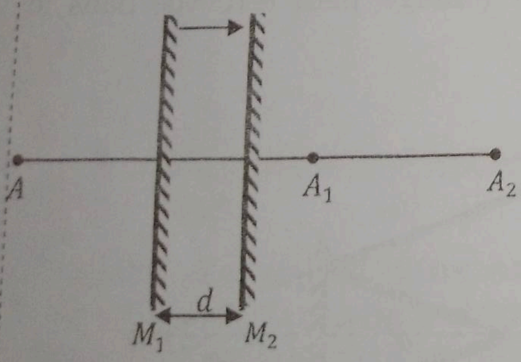
En considérant les triangles BHO′et B′O′′O′, on a :

$$\boxed{\frac{HB}{O'H} = \frac{O''B'}{O'O''}} \quad \text{ou} \quad \boxed{\frac{HB}{O''B'} = \frac{O'H}{O'O''}}$$

## 7. Déplacement d'un miroir plan.

### a) Déplacement en translation.

Lorsqu'on déplace le miroir M d'une distance $d$, on constate que l'image $A_1$ d'un objet fixe $A$ se déplace aussi pour se retrouver en un point $A_2$. Considérons la figure 4 ci – dessous :




Figure

**Trouvons la distance** $A_1A_2$.

En effet : $AA_2 = AA_1 + A_1A_2$

$\Rightarrow A_1A_2 = AA_2 - AA_1$

$\Rightarrow A_1A_2 = (AM_2 + M_2A_2) - (AM_1 + M_1A_1) = 2AM_2 - 2AM_1$

Alors : $A_1A_2 = 2[(AM_1 + M_1M_2) - AM_1]$

$A_1A_2 = 2[AM_1 + M_1M_2 - AM_1]$
$= 2M_1M_2$

D'où : $\boxed{A_1A_2 = 2d}$



**Conclusion:** Lorsqu'on déplace un miroir d'une distance de l'image d'un point fixe se déplace d'une distance double 2d.

### b) Déplacement en rotation.

Lorsque le miroir M tourne d'un angle α (figure 5), l'image $A_1$ d'un point fixe se retrouve en un point $A_2$ tel que les points $A_1$ et $A_2$ sont sur un cercle de centre I et de rayon :

$IA = IA_1 = IA_2$.

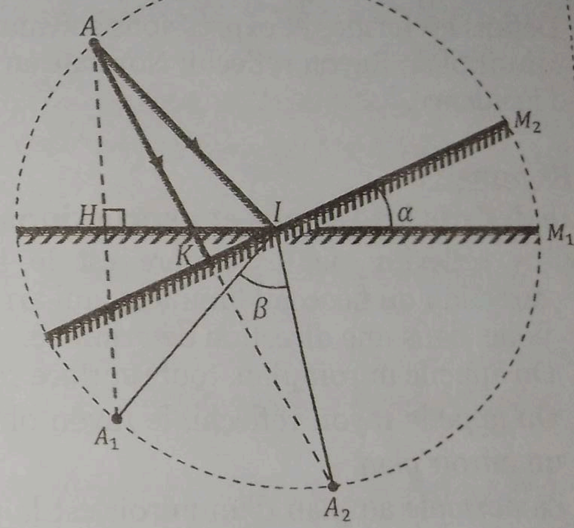



Figure 5.

**Trouvons l'angle β.**

En effet :

$$\left.\begin{array}{l} AH \perp IM_1 \\ AK \perp IM_2 \end{array}\right\} \Rightarrow \widehat{A_1AA_2} = \widehat{M_1IM_2} = \alpha$$

De plus l'angle au centre $\widehat{A_1IA_2}$ intercepte le même arc que l'angle inscrit $\widehat{A_1AA_2}$, alors:

$$\widehat{A_1IA_2} = 2\widehat{A_1AA_2} = 2\alpha$$

D'où : $\boxed{\beta = 2\alpha}$

**Conclusion :** Lorsqu'un miroir tourne d'un angle α autour d'un axe de son plan, l'image d'un point lumineux fixe tourne dans le même sens autour du même axe d'un angle double 2α.

## TRAVAUX DIRIGES

### L'ESSENTIEL DU COURS :

### I. DEFINITION DES NOTIONS.

Définis les termes et expressions suivants : Réflexion de la lumière; Miroir plan; Rayon réfléchi; Normale au plan d'un miroir; Point d'incidence.

**Réponse :**

**Je définis les termes et expressions suivants :**

- ✓ La réflexion de la lumière est le brusque changement de direction du faisceau lumineux qui arrive sur une surface plane polie, dans une direction déterminée.
- ✓ On appelle miroir plan, toute surface réfléchissante plane.
- ✓ On appelle rayon réfléchi, le rayon obtenu après réflexion sur un miroir plan.
- ✓ La normale au plan d'un miroir est la droite perpendiculaire à un miroir plan, au point d'incidence.
- ✓ Le point d'incidence est le point où un rayon lumineux rencontre un miroir plan.

### II. QUESTIONS A REPONSES CONSTRUCTIVES.

**Réponds aux questions suivantes :**

**1°)** Qu'appelle-t-on plan d'incidence ?

**2°)** Quelle différence fais-tu entre un faisceau lumineux convergent et un faisceau lumineux divergent ?

**3°)** Enonce les lois de DESCARTES relatives à la réflexion.



**Réponse :**

**Je réponds aux questions suivantes :**

**1°)** On appelle plan d'incidence, le plan formé par le rayon incident, la normale et le rayon réfléchi.

**2°)** La différence entre un faisceau lumineux convergent et un faisceau lumineux divergent est que les rayons lumineux d'un faisceau convergent se rencontre en un point tandis que les rayons lumineux d'un faisceau divergent partent d'un point.

**3°)** J'énonce les lois de DESCARTES relatives à la réflexion :

**1ère loi :** Le rayon incident, la normale et le rayon réfléchi sont dans le même plan appelé plan d'incidence.

**2ème loi :** L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence: $\boxed{i = r}$

### III. Questions à alternative vrai ou faux.

**Réponds par vrai ou faux aux affirmations suivantes :**

**1°)** La vitesse de la lumière dans le vide est de $3.10^8$m/s.

**2°)** Lorsque la lumière se propageant dans le vide rencontre une surface plane polie, elle est déviée perpendiculairement à la surface.

**3°)** La deuxième loi de DESCARTES relative à la réflexion de la lumière s'écrit : $i = 2r$.

**4°)** Il existe toujours un rayon réfléchi lorsqu'un rayon lumineux rencontre un miroir ou la surface de séparation de deux milieux.

**5°)** Lorsqu'on déplace un miroir d'une distance $d$, l'image d'un point fixe se déplace de la même distance $d$.

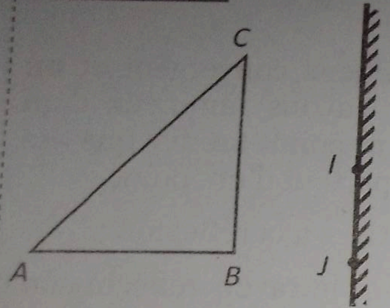
**Réponse :**

**Je réponds par vrai ou faux aux affirmations suivantes :**

**1°)** – Vrai.
**2°)** – Faux.
**3°)** – Faux.
**4°)** – Vrai.
**5°)** – Faux.

## RESOLUTION DES PROBLEMES.

### EXERCICE 1 :



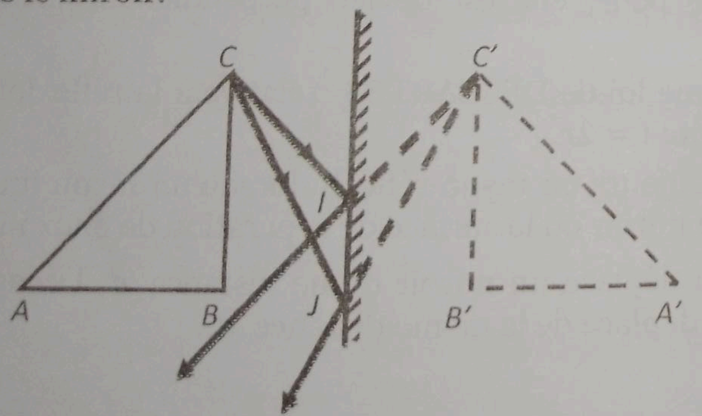

**1°)** Construis l'image du triangle ABC dans le miroir.

**2°)** D'où semble provenir les rayons émis par le point-objet **C** qui se réfléchissent en I et J. Construis-les.

### Corrigé 1 :

**1°) Je construis l'image du triangle ABC dans le miroir.**

L'image du triangle ABC dans le miroir est le triangle A'B'C' symétrique du triangle ABC par rapport au miroir. Pour cela on construit d'abord les images A', B' et C' des points A, B et C puis on les joint pour trouver le triangle A'B'C' image de ABC dans le miroir.

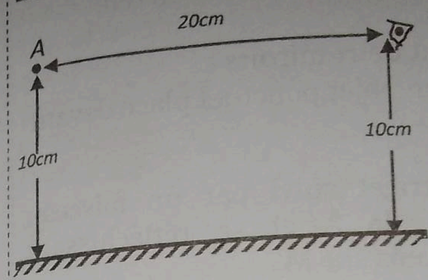



**2°)** Les rayons émis par le point-objet C qui se réfléchissent en I et J semblent provenir du point image **C′** image de C dans le miroir. Construction (voir figure).





### EXERCICE 2 :



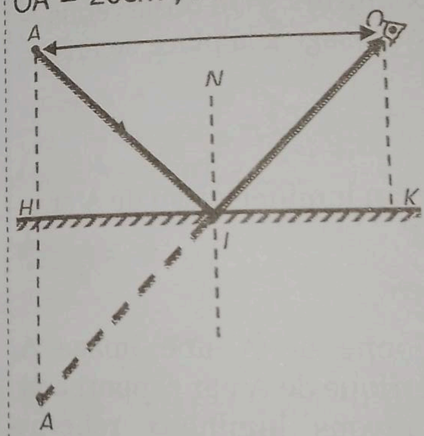

Un élève de première examine un objet ponctuel A à travers un miroir comme l'indique la figure ci-contre.

A quelle distance voit-il l'image A' de A ?

Construis un rayon partant de A et, après réflexion aboutissant sur l'œil de l'élève.

### Corrigé 2 :

OA = 20cm ; AH = OK = 10cm




**1°) Distance à laquelle l'élève voit l'image A' de A ?**

L'élève voit l'image A' de A à la distance OA'.

Considérons le triangle OAA' rectangle en A, on a d'après le théorème de Pythagore :

$OA'^2 = OA^2 + AA'^2$ Or $AA' = AH + HA'$

De plus A' est symétrique de A par rapport au miroir, alors : $HA' = AH \Rightarrow AA' = 2AH$

Ainsi : $OA'^2 = OA^2 + (2AH)^2 = OA^2 + 4AH^2$

De même $OA = 2AH$.

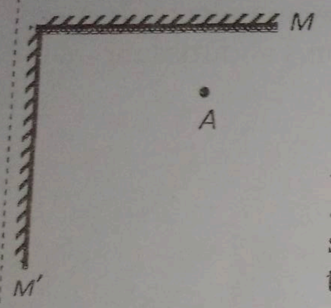
$\Rightarrow OA'^2 = 4AH^2 + 4AH^2 = 8AH^2$ ; D'où : $\boxed{OA' = 2\sqrt{2}AH}$

**A.N :** $OA' = 2\sqrt{2} \times 10 = 28{,}28 \Rightarrow \boxed{OA' = 28{,}28cm}$

**Conclusion :**

L'élève voit l'image de A à 28,28m de la position de son œil.

**EXERCICE 3:** M et M' représentent deux miroirs perpendiculaires l'un à l'autre et A un objet ponctuel placé devant ce système.



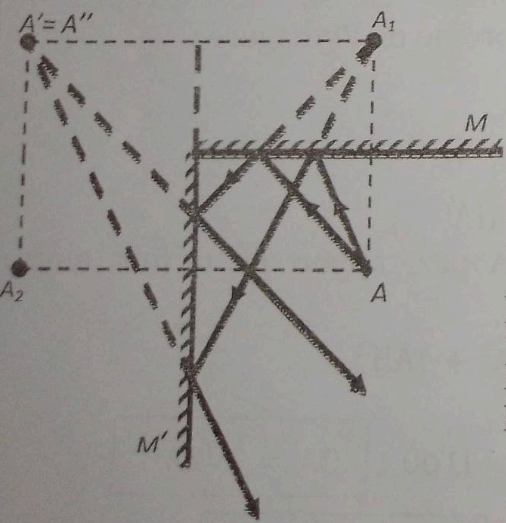

**1°)** Trace le trajet suivi par un faisceau lumineux issu de A et se réfléchissant d'abord sur M puis sur M'.

**2°)** Même question pour un faisceau issu de A et se réfléchissant d'abord sur M' puis sur M.

**3°)** Combien d'images du point Adonne ce système de deux miroirs ? Qu'observerais – tu si tu plaçais ton visage à la place de A ?

**Corrigé 3 :**

**1°)** Je trace le trajet suivi par un faisceau lumineux issu de A et se réfléchissant d'abord sur M puis sur M'.




**M** donne de A une image A₁ symétrique de A par rapport à M. Les rayons lumineux réfléchis par **M** peuvent frapper le miroir en **M'** en semblant provenir de **A₁**. Après réflexion sur **M'**, le faisceau lumineux semble provenir de **A'**, symétrique de A₁ par rapport à M'.



**2°) Je trace le trajet suivi par un faisceau lumineux issu de A et se réfléchissant d'abord sur M' puis sur M.**
Un raisonnement analogue, fait en commençant par M', montre que l'on obtient une image $A_2$, symétrique de A par rapport à M' ; puis après réflexion sur M, une image A'' confondue avec A', A' est symétrique de A par rapport à l'intersection des deux miroirs. (Voir figure)

**3°)** Ce système de deux miroirs donne trois (3) images de l'objet **A** : $A_1$, $A_2$ et A'.
En plaçant mon visage à la place de A, j'observerais trois fois mon visage.

**EXERCICE 4 :**
Un fin pinceau lumineux émis par une source S située à la distance SH = d = 20cm d'un miroir plan M se réfléchit en passant par un point A situé à AK = d' = 30cm du même miroir. On donne HK = D = 40cm. Calcule la distance x égale à HI, I étant le point d'incidence de ce pinceau.

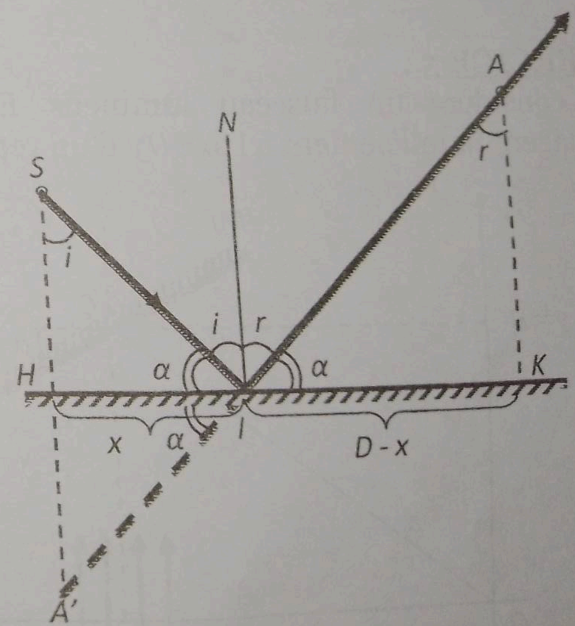
**Corrigé 4 :**

$SH = d = 20cm$ ;

$AK = d' = 30cm$ ;

$HK = D = 40cm$ ;

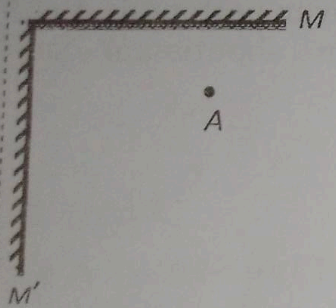
$HI = x$



**Conclusion :**

L'élève voit l'image de A à 28,28m de la position de son œil.

**EXERCICE 3:** M et M' représentent deux miroirs perpendiculaires l'un à l'autre et A un objet ponctuel placé devant ce système.



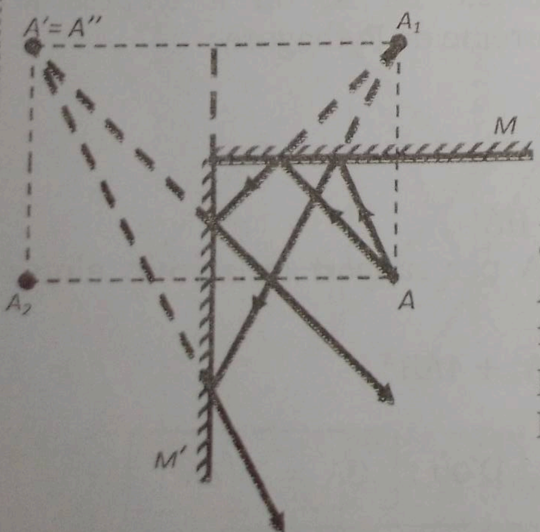

**1°)** Trace le trajet suivi par un faisceau lumineux issu de A et se réfléchissant d'abord sur M puis sur M'.

**2°)** Même question pour un faisceau issu de A et se réfléchissant d'abord sur M' puis sur M.

**3°)** Combien d'images du point Adonne ce système de deux miroirs ? Qu'observerais – tu si tu plaçais ton visage à la place de A ?

**Corrigé 3 :**

**1°)** Je trace le trajet suivi par un faisceau lumineux issu de A et se réfléchissant d'abord sur M puis sur M'.




**M** donne de A une image $A_1$ symétrique de A par rapport à M. Les rayons lumineux réfléchis par **M** peuvent frapper le miroir en **M'** en semblant provenir de $A_1$. Après réflexion sur **M'**, le faisceau lumineux semble provenir de **A'**, symétrique de $A_1$ par rapport à M'.



**2°) Je trace le trajet suivi par un faisceau lumineux issu de A et se réfléchissant d'abord sur M' puis sur M.**

Un raisonnement analogue, fait en commençant par M', montre que l'on obtient une image $A_2$, symétrique de A par rapport à M' ; puis après réflexion sur M, une image A'' confondue avec A', A' est symétrique de A par rapport à l'intersection des deux miroirs. (Voir figure)

**3°)** Ce système de deux miroirs donne trois (3) images de l'objet **A** : $A_1$, $A_2$ et A'.

En plaçant mon visage à la place de A, j'observerais trois fois mon visage.

**EXERCICE 4 :**

Un fin pinceau lumineux émis par une source S située à la distance SH = d = 20cm d'un miroir plan M se réfléchit en passant par un point A situé à AK = d' = 30cm du même miroir. On donne HK = D = 40cm. Calcule la distance x égale à HI, I étant le point d'incidence de ce pinceau.

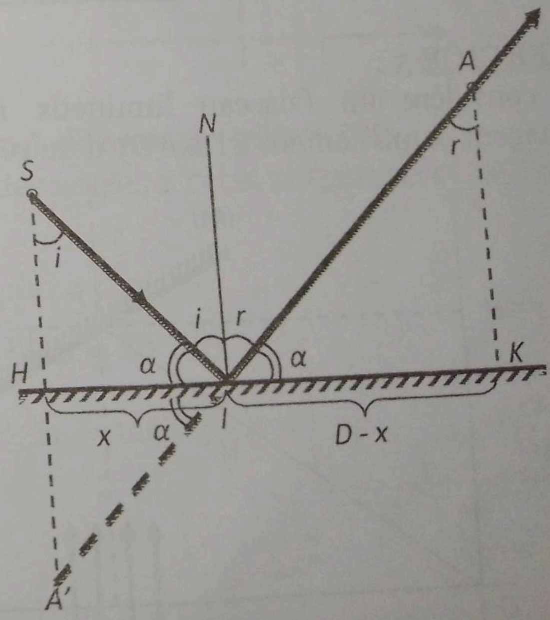
**Corrigé 4 :**

$SH = d = 20cm$ ;

$AK = d' = 30cm$ ;

$HK = D = 40cm$ ;

$HI = x$



**Je calcule la distance x égale à HI**

**1ère Méthode :** Considérons les triangles SHI et AKI, on a :

$\tan i = \frac{HI}{SH} = \frac{x}{d}$ ; $\tan r = \frac{IK}{AK} = \frac{D-x}{d'}$

D'après la 2ème loi de DESCARTES, on a :

$i = r \Rightarrow \tan i = \tan r \Rightarrow \frac{x}{d} = \frac{D-x}{d'} \Rightarrow xd' = d(D-x) \Rightarrow x(d+d') = dD$

$\Rightarrow \quad x = \frac{d.D}{d+d'}$

A.N : $x = \frac{20 \times 40}{20+30} = 16 \Rightarrow x = 16cm$

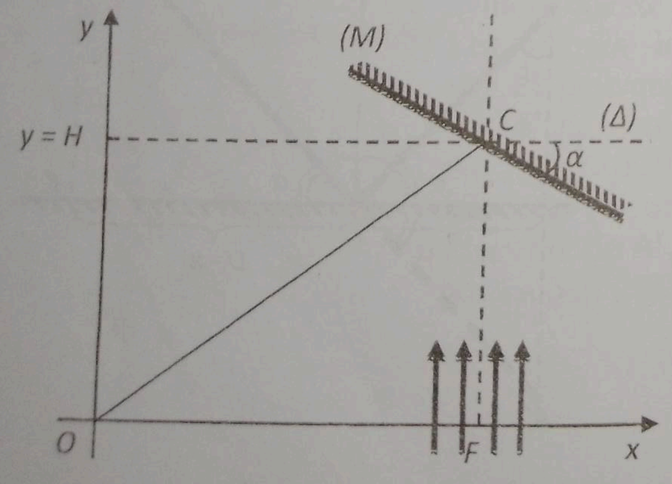
**2ème Méthode:** Considérons les triangles SHI et AKI semblables, on a d'après le théorème de THALES :

$\frac{SH}{AK} = \frac{HI}{IK} \Rightarrow \frac{d}{d'} = \frac{x}{D-x} \Rightarrow d(D-x) = xd' \Rightarrow x(d+d') = dD \Rightarrow x = \frac{d.D}{d+d'}$

A.N : $x = \frac{20 \times 40}{20+30} = 16 \Rightarrow \boxed{x = 16cm}$

**EXERCICE 5 :**

On considère un faisceau lumineux F dont les rayons se propagent parallèlement à l'axe $Oy$ d'un repère orthonormé $xOy$.





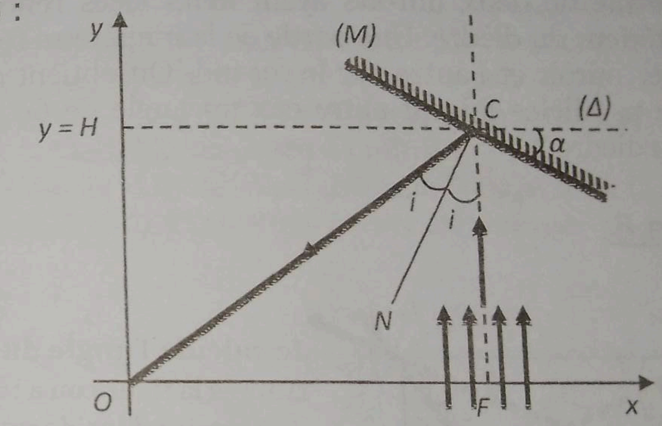



Soit un miroir plan (M), de très faibles dimensions, dont le centre C est astreint à se déplacer le long d'un axe (Δ), parallèle à $Ox$, à une distance H de celui-ci. On repère la position du miroir par l'abscisse $x$ de son centre C. Quelle inclinaison $\alpha$ faut-il donner au miroir (M) pour que le pinceau lumineux qu'il intercepte se réfléchisse en passant par le point O ?

A.N : Calcule $\alpha$ pour les valeurs de $x$ :

$x = 0$ ; $x = H$ ; $x = \infty$.

**Corrigé 5 :**




**Inclinaison α qu'il faut donner au miroir (M).**

Les angles $\alpha$ et i sont des angles à cotés perpendiculaires deux à deux, alors $\alpha = i$.

D'après le triangle FOC, on a :

$\tan\hat{C} = \frac{OF}{FC} = \frac{x}{y}$ ; avec $\hat{C} = 2i = 2\alpha$

Alors: $\tan 2\alpha = \frac{x}{y} = \frac{x}{H} \Rightarrow 2\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{x}{H}\right) \Rightarrow \boxed{\alpha = \frac{1}{2}\tan^{-1}\left(\frac{x}{H}\right)}$

**A.N : Calcule de α**

✓ Pour $x = 0$

$\alpha = \frac{1}{2}\tan^{-1}\left(\frac{0}{H}\right) = 0 \Rightarrow \boxed{\alpha = 0}$

✓ Pour $x = H$

$\alpha = \frac{1}{2}\tan^{-1}\left(\frac{H}{H}\right) = 22,5 \Rightarrow \boxed{\alpha = 22,5°}$

✓ Pour $x = \infty$

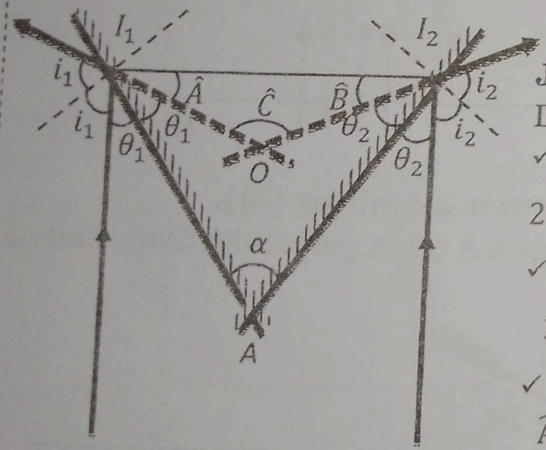
$\alpha = \frac{1}{2}\tan^{-1}\left(\frac{\infty}{H}\right) = 45 \Rightarrow \boxed{\alpha = 45°}$

**EXERCICE 6:**

On envoie un faisceau de rayons parallèles au voisinage d'un dièdre formé de deux miroirs ayant leurs faces réfléchissantes vers l'extérieur du dièdre. Une partie de la lumière se réfléchit sur le premier miroir et l'autre sur le second. On obtient ainsi deux faisceaux parallèles faisant entre eux un angle de 60°. Quel est l'angle du dièdre ?

## Corrige 6:

$\hat{C} = 60°$




**Je calcule l'angle du dièdre.**

D'après la figure on a :

✓ Au point d'incidence $I_1$ :

$2\theta_1 + \hat{A} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \hat{A} = \frac{\pi}{2} - 2\theta_1$ (1)

✓ Au point d'incidence $I_2$ :

$2\theta_2 + \hat{B} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \hat{B} = \frac{\pi}{2} - 2\theta_2$ (2)

✓ Dans le triangle $I_1OI_2$ on a :

$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = \pi$ (3)

En remplaçant les relations (1) et (2) dans la relation (3), on a :

$\frac{\pi}{2} - 2\theta_1 + \frac{\pi}{2} - 2\theta_2 + \hat{C} = \pi$

$\Rightarrow \pi - 2(\theta_1 + \theta_2) + \hat{C} = \pi$

$\Rightarrow \theta_1 + \theta_2 = \frac{\hat{C}}{2}$ (4)





✓ Dans le triangle $I_1AI_2$ on a :

$\theta_1 + \hat{A} + \theta_2 + \hat{B} + \alpha = \pi$

En tenant compte des relations (1) et (2), on obtient :

$\theta_1 + \frac{\pi}{2} - 2\theta_1 + \theta_2 + \frac{\pi}{2} - 2\theta_2 + \alpha = \pi$

$\pi - (\theta_1 + \theta_2) + \alpha = \pi \Rightarrow \alpha = \theta_1 + \theta_2$ (5)

De l'égalité (5) = (4), on trouve l'angle du dièdre : $\boxed{\alpha = \frac{\hat{C}}{2}}$

A.N : $\alpha = \frac{60°}{2} = 30° \Rightarrow \boxed{\alpha = 30°}$

**EXERCICE 7** Un miroir plan circulaire $AB$ de 10cm de diamètre est disposé horizontalement au sol et à 2m du plafond. Une source lumineuse ponctuelle S est placée à 1,6m du plafond et sur la verticale passant par le centre du miroir.

1°) A quelle distance du plafond se forme l'image S' de la source S.

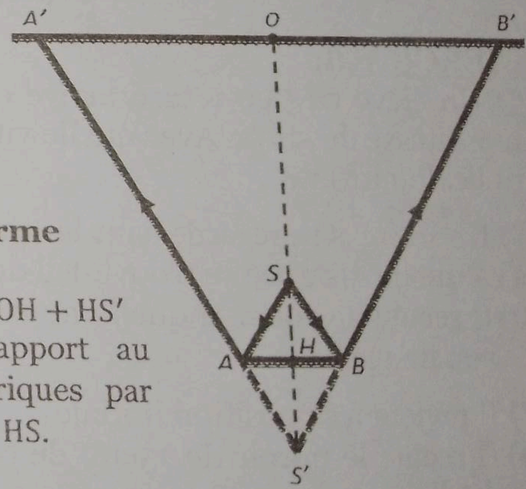
2°) Calcule le diamètre du cercle éclairé au plafond.

## Corrigé 7:

$AB = 10cm$

$; OH = 2m ;$

$OS = 1,6m$




**1°) Distance à laquelle se forme l'image de S.**

D'après le schéma, on a : $OS' = OH + HS'$

S' est l'image de S par rapport au miroir : S et S' sont symétriques par rapport au miroir, alors : $HS' = HS$.

$\Rightarrow OS' = OH + HS$

De plus $OH = OS + HS \Rightarrow HS = OH - OS$

Ainsi : $OS' = OH + OH - OS$ ; D'où : $\boxed{OS' = 2OH - OS}$

A.N : $OS' = 2 \times 2 - 1,6 = 2,4 \Rightarrow \boxed{OS' = 1,6m}$

**2°) Calcul du diamètre du cercle éclairé sur le plafond.**
Considérons les triangles AS'H et A'S'O semblables, on a d'après le théorème de THALES :

$$\frac{AH}{A'O} = \frac{S'H}{S'O} \Rightarrow A'O = \frac{AH \times S'O}{S'H}$$

Avec : $S'H = SH = OH - OS$

$$\Rightarrow A'O = \frac{AH \times S'O}{OH - OS}$$

Sachant que : $AH = \frac{AB}{2} \Rightarrow A'O = \frac{AB \times S'O}{2(OH - OS)}$

Le diamètre du cercle éclairé sur le plafond est donné par : $A'B' = 2A'O$.

D'où : $\boxed{A'B' = \frac{AB \times S'O}{OH - OS}}$

**A.N:** $A'B' = \frac{0{,}1 \times 2{,}4}{2 - 1{,}6} = 0{,}6 \Rightarrow \boxed{A'B' = 0{,}6m = 60cm}$

**EXERCICE 8:**

**1°)** Un élève très en retard arrive en vitesse devant un miroir à une vitesse de 5m/s. Avec quelle vitesse son image se rapproche-t-elle du miroir ?

**2°)** Il s'arrête et se regarde dans le miroir situé à 50cm de ses yeux.
**a)** A quelle distance se trouve-t-il de son image ?
**b)** Il recule de 10cm, à quelle nouvelle distance se trouve-t-il de son image ?

**3°)** Il revient à sa position initiale.
**a)** Il recule le miroir de 15cm, de combien et dans quel sens se déplace son image ?
**b)** Il rapproche le miroir pour qu'il ne soit plus qu'à 20cm de ses yeux. A quelle distance et dans quel sens s'est approchée son image ? Déduis-en le déplacement du miroir.

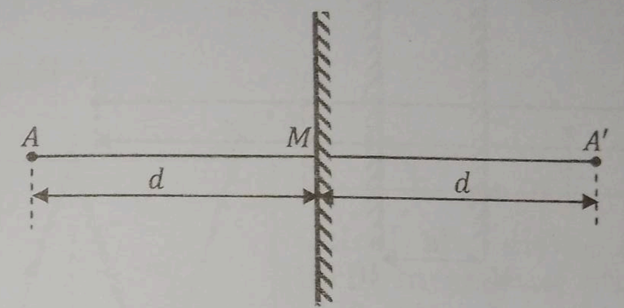




**Corrigé 8:**
$v = 5m/s$ ;

**1°) Vitesse avec laquelle son image se rapproche du miroir.**
L'image se rapproche à la même vitesse que l'élève c'est-à-dire à $v = 5m/s$.

**2°)** $d = 50cm$
**a) Distance à laquelle se trouve son image.**




Soit A la position de l'élève et A' celle de son image. A' est symétrique de A par rapport au miroir, alors : $AM = MA'$.

On a : $AA' = AM + MA' = AM + AM = 2AM$; Soit: $\boxed{AA' = 2d}$

**A.N :** $AA' = 2 \times 50 \Rightarrow \boxed{AA' = 100cm}$

L'élève se trouve à 100cm de son image.

**b) Distance à laquelle se trouve son image.**
Lorsque l'élève recule de 10cm, sa nouvelle position devient : $d = 60cm$ ; alors on a : $\boxed{AA' = 2d}$

**A.N :** $AA' = 2 \times 60 \Rightarrow \boxed{AA' = 120cm}$

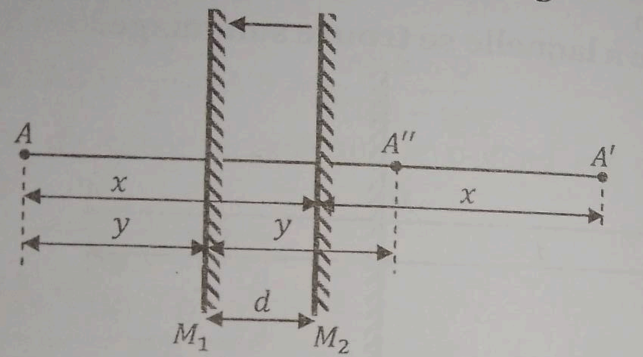
L'élève se trouve à 120cm de son image.

**3°)** d' = 2m.

**a) Déplacement de l'image.**

L'élève restant fixe, il recule de 15cm, l'image se déplace d'une distance double soit : de 30cm dans le même sens que le déplacement du miroir.

**b) Distance de rapprochement de l'image.**




➢ Soit A' l'image de A par rapport au miroir avant son déplacement (position $M_1$).

➢ Soit A" l'image de A par rapport au miroir après son déplacement (position $M_2$).

$AA' = AA'' + A''A' \Rightarrow A''A' = AA' - AA''$

$A''A' = 2x - 2y = 2(x - y)$ ; D'où : $\boxed{A''A' = 2(x - y)}$

A.N : $A''A' = 2(50 - 20) \Rightarrow$ $\boxed{A''A' = 60cm}$

L'image s'est approchée de 60cm dans le sens du déplacement du miroir.

✓ **Déplacement du miroir.**

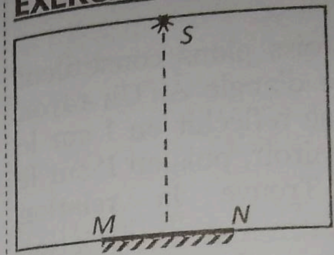
$x = y + d \Rightarrow d = x - y = 50 - 20 = 30 \Rightarrow$ $\boxed{d = 30cm}$

Le miroir s'est déplacé de 30cm.





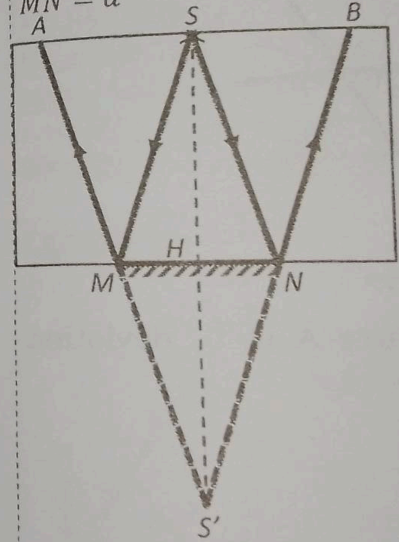
## EXERCICE 9 :




Au plafond d'une pièce est située une lampe que l'on considèrera comme source ponctuelle S. Sur le plancher se trouve un miroir plan circulaire de diamètre $MN = d$. S est située sur l'axe du miroir. Calcule en fonction de $d$, le diamètre D de la tâche lumineuse observée sur le plafond.

## Corrigé 9 :

$MN = d$




**Calcul du diamètre D de la tâche lumineuse observée sur le plafond en fonction de d.**

S' est l'image de S par rapport au miroir: S et S' sont symétriques par rapport au miroir, alors : S'H = HS.

Considérons les triangles MS'H et A'S'S semblables, on a d'après le théorème de THALES :

$$\frac{MH}{AS} = \frac{S'H}{S'S} \Rightarrow AS = \frac{MH \times S'S}{S'H}$$

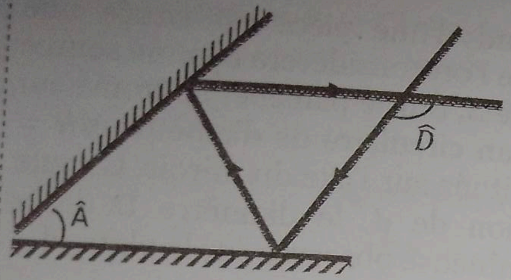
Avec : $S'S = 2S'H$ et $MH = \frac{MN}{2} \Rightarrow AS = \frac{MN \times 2S'H}{2S'H} = MN$

Le diamètre de la tâche lumineuse observée au plafond est donné par : AB = 2AS = 2MN.

D'où :

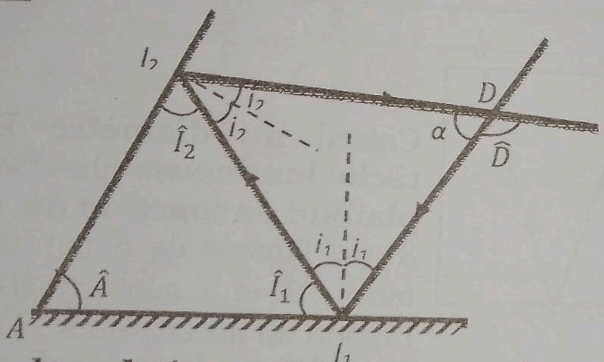
$$\boxed{AB = 2d}$$

## EXERCICE 10




Deux miroirs plans constituent un dièdre d'angle Â. Un rayon incident se réfléchit en I sur le premier miroir, puis en I' sur le second. Trouve la relation existant entre Â et $\hat{D}$, déviation totale du rayon lumineux.

**Corrigé 10** :




**Je trouve la relation existant entre Â et $\hat{D}$, déviation totale du rayon lumineux.**

D'après la figure on a :

✓ Au point d'incidence $I_1$ :

$i_1 + \hat{I}_1 = \pi/2 \Rightarrow \hat{I}_1 = \frac{\pi}{2} - i_1$ (1)

✓ Au point d'incidence $I_2$ :

$i_2 + \hat{I}_2 = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \hat{I}_2 = \frac{\pi}{2} - i_2$ (2)

✓ Dans le triangle $I_1AI_2$ on a :

$\hat{A} + \hat{I}_1 + \hat{I}_2 = \pi$ (3)

En remplaçant les relations (1) et (2) dans la relation (3), on a :

$\hat{A} + \frac{\pi}{2} - i_1 + \frac{\pi}{2} - i_2 = \pi \Rightarrow \hat{A} + \pi - (i_1 + i_2) = \pi \Rightarrow i_1 + i_2 = \hat{A}$(4)





✓ Dans le triangle $I_1DI_2$ on a :

$\hat{I}_1 + \hat{D} + \hat{I}_2 = \pi \Rightarrow 2i_1 + \alpha + 2i_2 = \pi$

Or $\hat{D} + \alpha = \pi \Rightarrow \alpha = \pi - \hat{D}$

$2i_1 + \pi - \hat{D} + 2i_2 = \pi$

$\pi + 2(i_1 + i_2) - \hat{D} = \pi \Rightarrow i_1 + i_2 = \frac{\hat{D}}{2}$ (5)

De l'égalité (5) = (4), on trouve la relation existant entre Â et $\hat{D}$, telle que :

$$\boxed{\hat{A} = \frac{\hat{D}}{2}}$$

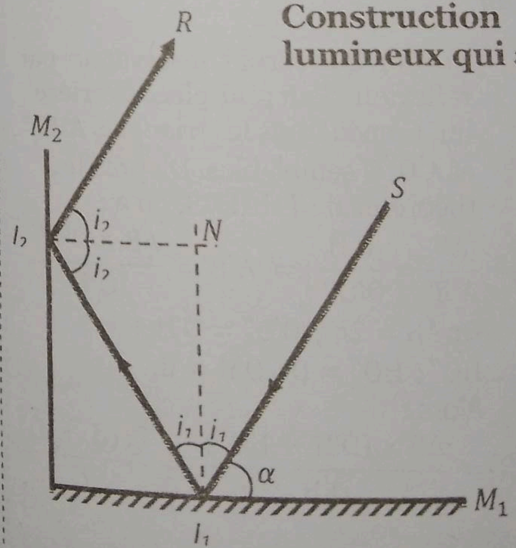
## EXERCICE 11 :

Deux miroirs forment un dièdre droit. Construis le trajet d'un rayon lumineux qui arrive sur le miroir $M_1$ avec l'incidence $i_1 = 30°$. Montre que le rayon qui a subi deux réflexions successives est parallèle au rayon incident.

**Corrigé 11**:

$i_1 = 30°$

**Construction du trajet d'un rayon lumineux qui arrive sur le miroir $M_1$**



**Montrons que le rayon qui a subi deux réflexions successives est parallèle au rayon incident.**

$SI_1 \parallel I_2R \Leftrightarrow i_2 = \alpha$

✓ Au point d'incidence $I_1$ :

$i_1 + \alpha = 90° \Rightarrow \alpha = 90° - i_1 = 90° - 30° \Rightarrow \alpha = 60°$

✓ Dans le triangle $I_1NI_2$ on a:

$i_1 + i_2 + 90° = 180° \Rightarrow i_2 = 90° - i_1$

$i_2 = 90° - 30° \Rightarrow i_2 = 60°$

**Conclusion :**

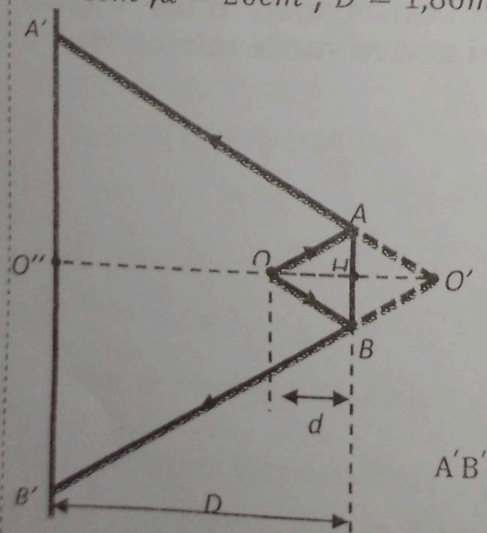
$i_2 = \alpha$, donc le rayon qui a subi deux réflexions successives est parallèle au rayon incident.

**EXERCICE 12 :**

L'œil d'un observateur est placé devant un miroir circulaire de 6cm de rayon, sur la normale au miroir qui passe par son centre, et à 20cm de ce centre. Quelle portion verra –t-il par réflexion, d'un mur placé derrière lui, à 1,80m de ce miroir ?

**Corrigé 12 :**

$r = 6cm$ ; $d = 20cm$ ; $D = 1{,}80m$.




Portion que verra l'observateur par réflexion, d'un mur placé derrière lui. Considérons les triangles AHO' et A'O''O' semblables. D'après le théorème de THALES, on a :

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{O'H}{O'O''} \Rightarrow A'B' = \frac{AB \times O'O''}{O'H}$$

Or $AB = 2r$ ; $O'O'' = O'H + HO''$ ; $HO'' = D$ ; $O'H = d$.

Alors :

$$A'B' = \frac{AB \times (O'H + HO'')}{O'H} = \frac{2r(d + D)}{d}$$



D'où : $\boxed{A'B' = 2r\left(1 + \frac{D}{d}\right)}$

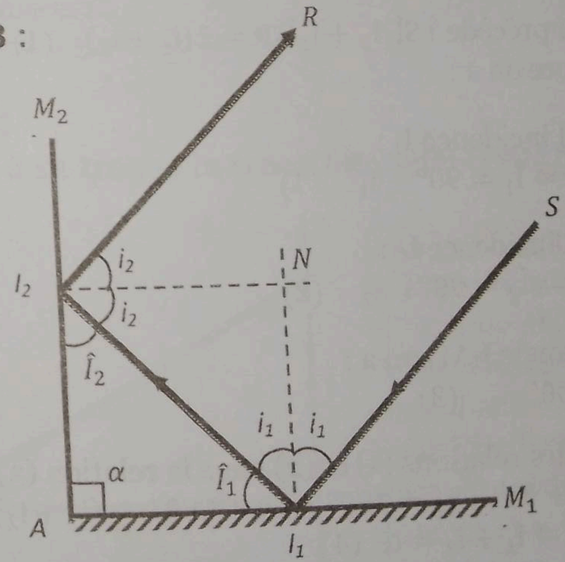
A.N: $A'B' = 2 \times 6 \times \left(1 + \frac{180}{20}\right) = 120 \Rightarrow \boxed{A'B' = 120cm = 1{,}2m}$

**EXERCICE 13 :**

Un rayon lumineux se réfléchit successivement sur deux miroirs plans qui font entre eux un angle de 90°. Ce rayon est situé dans un plan perpendiculaire à l'intersection des deux miroirs. Montre que le rayon réfléchi deux fois est parallèle au rayon incident et de sens contraire.

Plus généralement, les deux miroirs font un angle α. Calcule l'angle du rayon incident et du rayon réfléchi deux fois.

**Corrigé 13 :**




**Montrons que le rayon réfléchi deux fois est parallèle au rayon incident et de sens contraire.**

Soient $M_1$ et $M_2$ les deux miroirs plans rectangulaires et $SI_1$ et $I_2R$ les rayons lumineux incident et réfléchi. $SI_1$ et $I_2R$ sont parallèles et de sens contraires $\Leftrightarrow S\hat{I}_1I_2 + I_1\hat{I}_2R = 180°$.

En effet :

✓ Dans le triangle $I_1NI_2$ on a :

$i_1 + i_2 + 90° = 180° \quad \Rightarrow i_1 + i_2 = 90°$

✓ De même : $S\hat{I}_1I_2 + I_1\hat{I}_2R = 2i_1 + 2i_2$

$S\hat{I}_1I_2 + I_1\hat{I}_2R = 2(i_1 + i_2) = 2 \times 90° = 180° \Rightarrow \boxed{S\hat{I}_1I_2 + I_1\hat{I}_2R = 180°}$

**Conclusion :**

Le rayon réfléchi deux fois est parallèle au rayon incident et de sens contraire.

**Calcul de l'angle du rayon incident et du rayon réfléchi deux fois.**

D'après ce qui précède : $S\hat{I}_1I_2 + I_1\hat{I}_2R = 2(i_1 + i_2) \quad (1)$

D'après la figure on a :

✓ Au point d'incidence $I_1$ :

$i_1 + \hat{I}_1 = 90° \quad \Rightarrow \hat{I}_1 = 90° - i_1 \quad (1)$

✓ Au point d'incidence $I_2$ :

$i_2 + \hat{I}_2 = 90° \quad \Rightarrow \hat{I}_2 = 90° - i_2 \quad (2)$

✓ Dans le triangle $I_1AI_2$ on a :

$\alpha + \hat{I}_1 + \hat{I}_2 = 180° \qquad (3)$

En remplaçant les relations (1) et (2) dans la relation (3), on a :

$\alpha + 90° - i_1 + 90° - i_2 = 180° \Rightarrow \alpha + 180° - (i_1 + i_2) = 180$

$\Rightarrow i_1 + i_2 = \alpha \quad (4)$

Ainsi en remplaçant (4) dans (1), on trouve finalement :

$\boxed{S\hat{I}_1I_2 + I_1\hat{I}_2R = 2\alpha}$



**Conclusion :**

L'angle du rayon incident et du rayon réfléchi deux fois vaut le double de l'angle que font les deux miroirs.

**EXERCICE 14 :**

Une fente éclairée, très étroite F, est au point zéro d'une règle AB graduée en cm, devant et sur la perpendiculaire FM à AB, se trouve un petit miroir plan parallèle à la règle.

1°) Le miroir plan tourne d'un angle de 15°, puis de 30°. Où se trouve la trace d'un rayon réfléchi ?

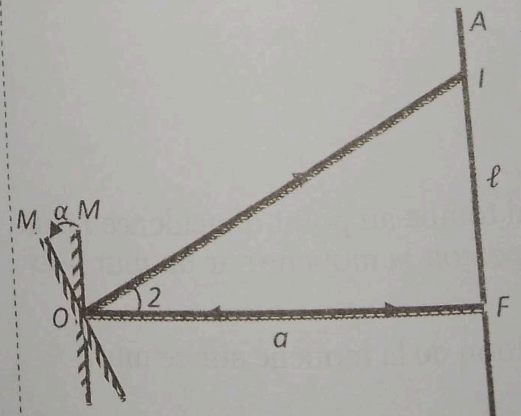
2°) Si cette trace est à la division 50, quel est l'angle de rotation du miroir ?

3°) Calcule en radians l'angle dont le miroir a tourné si la trace est à la division 1.

Le miroir est à 50cm de la règle.

**Corrigé 14 :**

**1°) Lieu où se trouve la trace du rayon réfléchi.**




Lorsque le miroir en passant de la position M à la position M' tourne d'un angle α, le rayon réfléchi OI tourne d'un angle double 2α.

D'après la figure, le lieu de la trace du rayon réfléchi est la distance FI = ℓ.

Considérons le triangle OFI, on a :

$\tan 2\alpha = \frac{FI}{FO} = \frac{\ell}{a} \Rightarrow \boxed{\ell = a\tan 2\alpha}$

**Application Numérique :**

**1$^{er}$ cas :** $\alpha = 15° \Rightarrow 2\alpha = 30°$

$\ell = 50 \times \tan 30° = 28{,}8 \Rightarrow \boxed{\ell = 28{,}8\text{cm}}$

**2$^{ème}$ cas :** $\alpha' = 30° \Rightarrow 2\alpha' = 60°$

$\ell' = 50 \times \tan 60° = 28{,}8 \Rightarrow \boxed{\ell' = 86{,}6\text{cm}}$

**2°)** $\ell = 50\text{cm}$

**Calcul de l'angle de rotation du miroir.**

$$\tan 2\alpha = \frac{\ell}{a} = \frac{50}{50} = 1 \Rightarrow 2\alpha = 45°$$

D'où : $\boxed{\alpha = 22{,}5°}$

**3°) Calcul en radians de l'angle dont le miroir a tourné** si la **trace est à la division 1.**

La trace étant à la division 1, le rayon lumineux a tourné d'un angle petit $2\alpha$ tel que :

$$\tan 2\alpha \simeq 2\alpha = \frac{1}{50} \Rightarrow \alpha = \frac{1}{100} = 0{,}01$$

D'où : $\boxed{\alpha = \frac{1}{100} = 0{,}01\text{rad}}$

**EXERCICE 15 :**

Une mouche émet un rayon qui tombe au point d'incidence $I$ d'un miroir. L'œil d'un observateur perçoit la mouche sur un mur placé derrière lui.

**1°)** Retrouve sans calcul, la position de la mouche sur ce mur.

**2°)** Calcule :

**a.** L'angle d'incidence (angle que font la normale et le rayon incident);

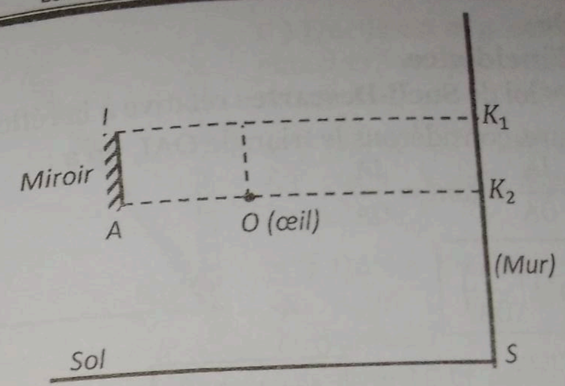
**b.** La distance $K_1M$ ($M$ = mouche) ;

**c.** La position de la mouche par rapport au sol ($SM$).

**A.N :** $OA = 1m$ ; $SK_2 = 1{,}50m$ ; $SK_2 = 1{,}50m$ ; $IA = 20cm$.



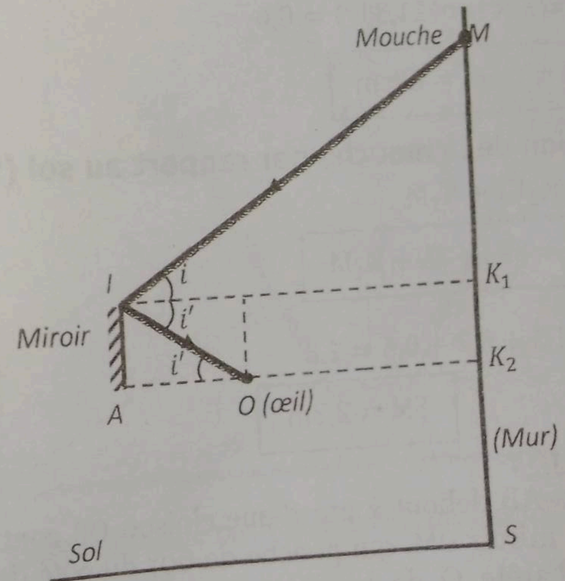





**Corrigé 15 :**

$OA = 1m$ ; $SK_2 = 1{,}50m$ ; $IK_1 = 3m$ ; $IA = 20cm$.

**1°) Position de la mouche sur ce mur.**



**2°) Calcul de :**

**d. L'angle d'incidence**

D'après la 2ème loi de **Snell-Descartes** relative à la réflexion: $i = i'$

D'après la figure, considérons le triangle OAI, on a :

$\tan i = \tan i' = \frac{IA}{OA} \Rightarrow \tan i = \frac{IA}{OA}$

Soit : $\boxed{i = \tan^{-1}\left(\frac{IA}{OA}\right)}$

A.N: $i = \tan^{-1}\left(\frac{0,2}{1}\right) = 11,31 \Rightarrow$ $\boxed{i = 11,31°}$

**e. La distance $K_1M$ ;**

Considérons le triangle $K_1IM$, on a :

$\tan i = \frac{K_1M}{IK_1} \Rightarrow$ $\boxed{K_1M = IK_1 \tan i}$

A.N : $K_1M = 3 \times \tan(11,31°) = 0,6$

$\boxed{K_1M = 0,6m = 60cm}$

**f. La position de la mouche par rapport au sol (SM).**

$SM = SK_2 + K_2K_1 + K_1M$

Soit : $\boxed{SM = SK_2 + IA + K_1M}$

A.N : $SM = 1,5 + 0,2 + 0,6 = 2,3$

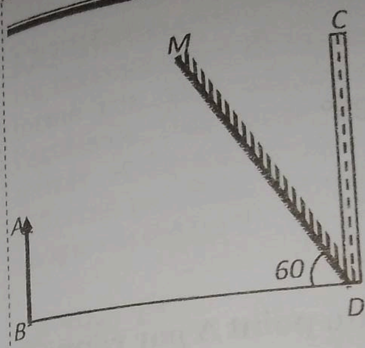
$\boxed{SM = 2,3m}$

**EXERCICE 16 :**

Une personne AB debout à 2m d'une cloison OC contre laquelle est adossé un miroir OM, qui penche de 60° du côté de AB et qui s'appuie sur l'arête O de la cloison et du plancher OB (Voir figure).








1°) Quelle est la pente de l'image du plancher, vu par réflexion dans le miroir ?

2°) Quelle est l'altitude de l'image du point A par rapport au plan horizontal ?

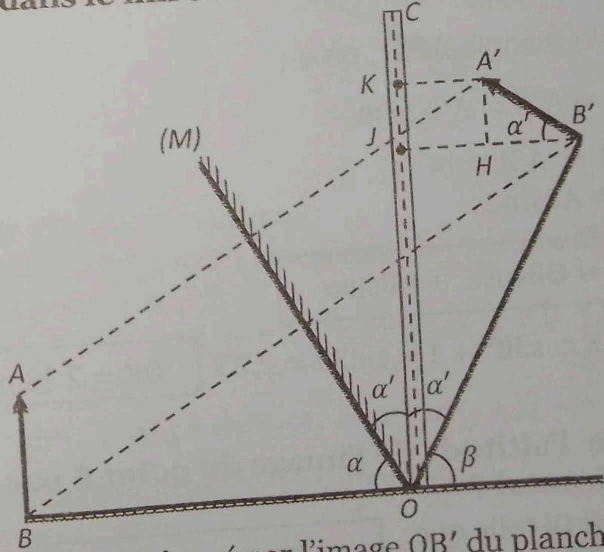
3°) Quelle est l'altitude de l'image du point B par rapport au plan horizontal ?

On donne: AB = 1m ; α = 60°.

**Corrigé 16 :**

$OB = 2m$ ; $\alpha = 60°$; $AB = 1m$

**1°) Calcul de la pente de l'image du plancher, vu par réflexion dans le miroir.**




Il s'agit de l'angle β formé par l'image OB′ du plancher par rapport au miroir et le plancher.

En effet B′ étant l'image de B, est symétrique de B par rapport au miroir, alors :

$B\widehat{O}M = M\widehat{O}B' = \alpha$.

D'après la figure :

$B\widehat{O}M + M\widehat{O}B' + \beta = 180° \Rightarrow 2\alpha + \beta = 180°$

D'où : $\boxed{\beta = 180° - 2\alpha}$

A.N : $\beta = 180° - 2 \times 60° \Rightarrow \boxed{\beta = 60°}$

**2°) Calcul de l'altitude de l'image du point A par rapport au plan horizontal.**

C'est la hauteur $OK = OJ + JK$.

✓ D'après le triangle OJB', on a :

$\cos\alpha' = \frac{OJ}{OB'} \Rightarrow OJ = OB'\cos\alpha' = OB\cos\alpha'$

Avec $\alpha + \alpha' = 90° \Rightarrow \alpha' = 90° - \alpha$

$\Rightarrow \alpha' = 90° - 60° \Rightarrow \alpha' = 30°$

✓ D'après le triangle A'HB', on a :

$\sin\alpha' = \frac{A'H}{A'B'} \Rightarrow A'H = A'B'\sin\alpha'$

Or $A'B' = AB$ et $A'H = JK$

$\Rightarrow A'H = JK = AB\sin\alpha'$

D'où : $\boxed{OK = OB\cos\alpha' + AB\sin\alpha'}$

AN : $OK = 2 \times \cos30° + 1 \times \sin30 = 2{,}23$ $\boxed{OK = 2.23m}$

**3°) Calcul de l'altitude de l'image du point B par rapport au plan horizontal ?**

C'est la hauteur OJ telle que: $\boxed{OJ = OB\cos\alpha'}$

AN : $OJ = 2 \times \cos30° = 1{,}73$

$\boxed{OJ = 1{,}73m}$

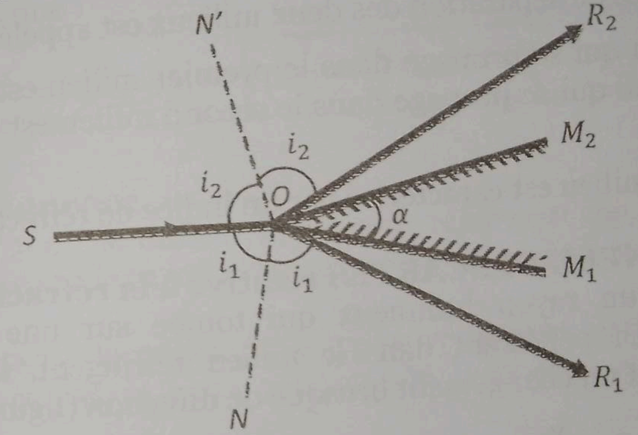




**EXERCICE 17 :**

Un faisceau étroit de rayons parallèles tombe sur l'arête du dièdre formé par deux miroirs ayant leurs faces réfléchissantes vers l'extérieur. Une partie de la lumière se réfléchit sur le premier miroir et l'autre partie sur le deuxième. Les deux faisceaux réfléchis parallèles forment entre eux un angle de 60°. Quel est l'angle du dièdre ?

**Corrigé 17 :**




**Je calcule l'angle du dièdre.**

Soient $i_1$ et $i_2$ les angles d'incidence sur les miroirs $M_1$ et $M_2$.

D'après la figure on a :

D'un côté: $i_1 + 90° + \alpha + i_2 + 90° = 360° \Rightarrow i_1 + i_2 + \alpha = 180°$ (1)

De l'autre :

$R_1\widehat{O}R_2 = 90° - i_1 + \alpha + 90° - i_2 = 60° \Rightarrow i_1 + i_2 - \alpha = 120°$ (2)

En faisant la différence (1) – (2), on obtient :

$2\alpha = 60° \Rightarrow \alpha = 30°$

D'où : $\boxed{\alpha = 30°}$

# REFRACTION DE LA LUMIERE

**1. Définition :** La réfraction de la lumière est le brusque changement de direction que subit la lumière en traversant la surface de séparation de deux milieux transparents.

**Remarques :**

**$R_1$** : Une telle surface est dite réfringente ;

**$R_2$** : La surface de séparation des deux milieux est appelé dioptre ;

**$R_3$** : Le rayon qui se propage dans le premier milieu est le rayon incident ; celui qui se propage dans le second milieu est dit rayon réfracté.

**$R_4$** : Chaque milieu est caractérisé par un indice de réfractionn.

**2. Lois de SNELL-DESCARTES relative à la réfraction.**
Considérons un rayon lumineux qui tombe sur une surface réfringente. En pénétrant dans le milieu réfringent, le rayon lumineux subit un changement brusque de direction (figure 1).

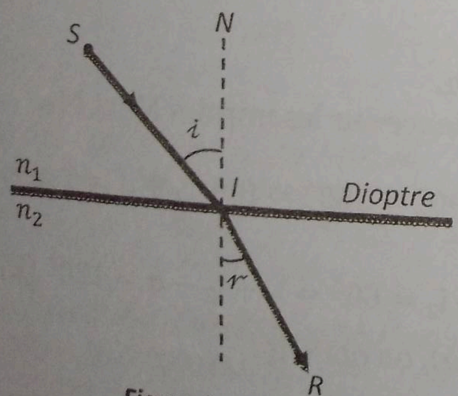


Figure 1.

*I : Point d'incidence ;*
*SI : rayon incident ; IR : rayon réfracté ;*
*IN : normale au dioptre ;*
*$\widehat{SIN} = i$ : angle d'incidence ;*
*$\widehat{NIR} = r$ : angle de réfraction.*



**• Enoncé des lois.**
Le phénomène de la réfraction obéit à deux lois fondamentales dites lois de SNELL-DESCARTES.

1[ère] ***loi*** **:** Le rayon incident, la normale et le rayon réfracté sont dans le même plan appelé plan d'incidence.

2[ème] ***loi*** : L'angle d'incidence $i$ que font le rayon incident et la normale dans le milieu d'indice $n_1$ et l'angle de réfraction r que font le rayon réfracté et la normale dans le milieu d'indice $n_2$ sont tels que :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = \text{cte} \; ; \; \text{Soit :} \; \boxed{n_1 \sin i = n_2 \sin r}$$

**3. Conséquence.**
- Si $n_2 > n_1$, le milieu (2) est plus réfringent que le milieu (1). Dans ce cas le rayon réfracté se rapproche de la normale (figure 2.a).
- Si $n_1 > n_2$, le milieu (1) est plus réfringent que le milieu (2). Dans ce cas, le rayon réfracté s'éloigne de la normale (figure 2.b).

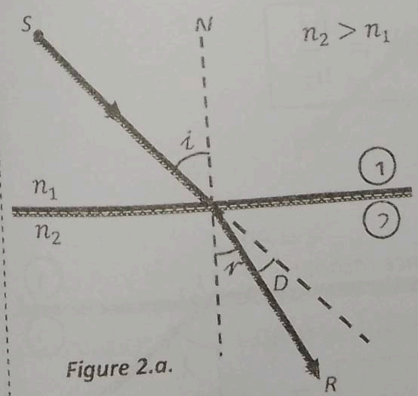


Figure 2.a.

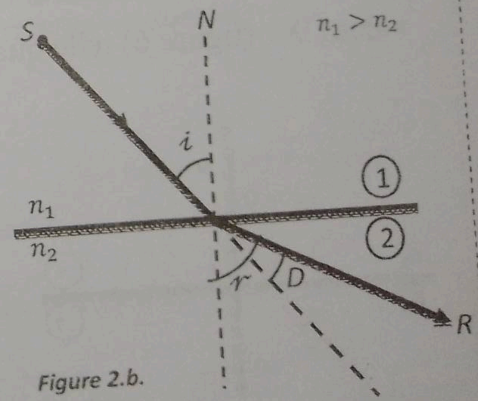


Figure 2.b.

La déviation que subit le rayon incident en traversant le dioptre vaut :

Dans le $1^{er}$ cas (figure 2.a)

$\boxed{i = r + D} \Rightarrow D = i - r$

Dans le $2^{ème}$ cas (figure 2.b)

$\boxed{r = i + D} \Rightarrow D = r - i$

## 4. Angle limite de réfraction; réflexion totale.

### a. Angle limite de réfraction.

Considérons un rayon lumineux qui passe d'un milieu d'indice $n_1$ à un milieu d'indice $n_2$ tel que $n_2 > n_1$.

❖ **Discussion :**

D'après la $2^{ème}$ *loi* de SNELL-DESCARTES: $n_1 \sin i = n_2 \sin r$

✓ Si $i = 0 \Rightarrow \sin i = 0$ ; Alors : $\sin r = 0 \Rightarrow r = 0$.
Un rayon normal à la surface réfringente traverse cette surface sans déviation (figure 3.a).

✓ Si $i = 90°$ (incidence rasante), $r$ prend aussi la plus grande valeur $\lambda$ (figure 6) telle que : $\boxed{\sin\lambda = \frac{n_1}{n_2}}$

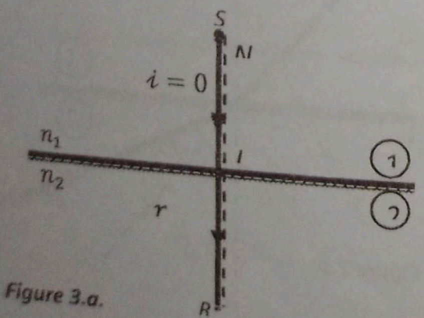



Figure 3.a.

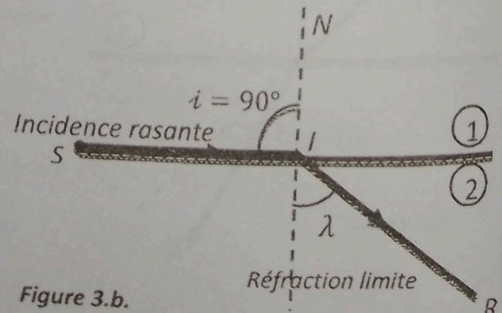



Figure 3.b.





### b. Réflexion totale.

Envisageons maintenant le passage de la lumière d'un milieu donné d'indice $n_1$ dans un milieu d'indice $n_2$ tel que $n_2 < n_1$. (figure 4).

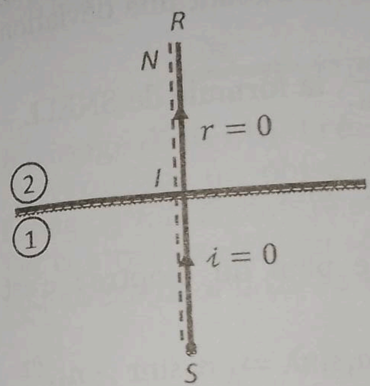



Figure 4.a.

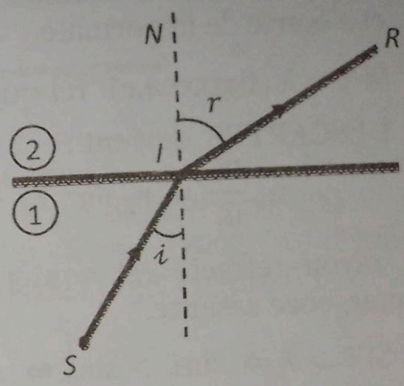



Figure 4.b.

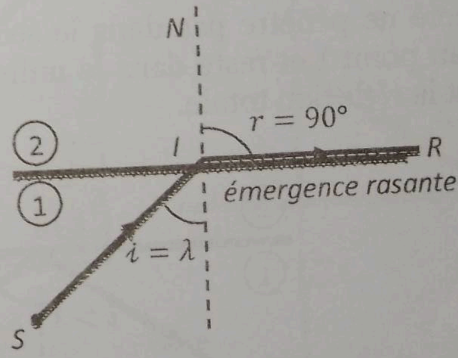



Figure 4.c.

D'après la loi du retour inverse de la lumière, pour un angle $i$ correspond un angle $r$ tel que :

$n_1 \sin i = n_2 \sin r \Rightarrow \boxed{\sin i = \frac{n_2}{n_1} \sin r}$

## ❖ Discussion :

✓ Si $i = 0$ (figure 4.a), comme dans le ca précédent: $r = 0$; le rayon lumineux traverse le dioptre sans déviation.

✓ Si $i < \lambda$ (figure 4.b), comme dans le cas précédent: $r > 0$; le rayon lumineux traverse le dioptre en subissant une déviation et s'écarte de la normale.

✓ Si $i = \lambda$ (figure 4.c) tel que $\sin\lambda = \frac{n_2}{n_1}$, la formule de SNELL – DESCARTES devient :

$$n_1.\frac{n_2}{n_1} = n_2\sin r \Rightarrow \sin r = 1 \text{ ; Soit : } r = 90°.$$

Le rayon réfracté est contenu dans le plan du dioptre : c'est l'émergence rasante.

✓ Si $i > \lambda \Rightarrow \sin i > \sin\lambda \Rightarrow n_1 \sin i > n_1 \sin\lambda \Rightarrow n_2 \sin r > n_1.\frac{n_2}{n_1}$

$\Rightarrow \sin r > 1$ (Impossible)

Le rayon réfracté ne pénètre pas dans le second milieu, il subit une réflexion au point I et reste dans le milieu le plus réfringent (figure 5) : c'est la réflexion totale.

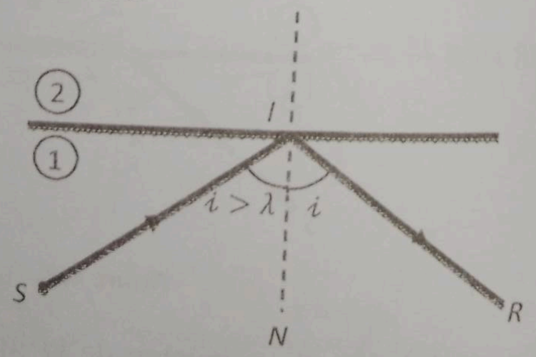



Figure 5.

## 5. Dioptre plan.

**a. Définition:** On appelle dioptre plan, toute surface plane séparant deux milieux transparents.





**Exemples :**

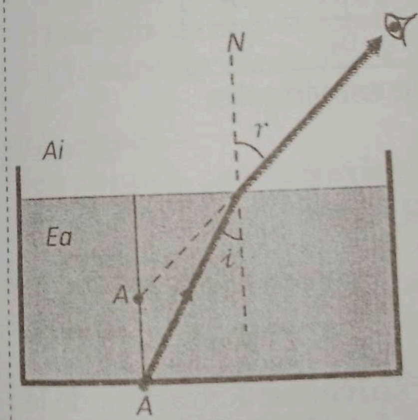
✓ Surface de l'eau tranquille.

✓ Surface d'une glace d'appartement.

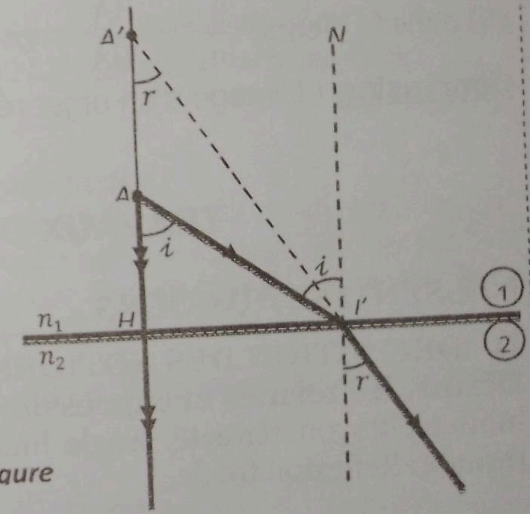
Son symbole est représenté par la figure ci – contre :


**b. Image d'un objet réel.**

En regardant un objet $A$ situé au fond d'une cuve, l'œil voit l'image $A'$ que le dioptre plan donne de cet objet (figure 6.a). Par contre l'image d'un objet placé au-dessus d'une cuve d'eau se voit à l'extérieur de la cuve au-dessus de l'objet (figure 6.b).




Figure




Fiqure

**❖ Relation entre les distances HA' de l'image et HA de l'objet.**

D'après la figure 6.b, considérons les triangles AHI et A'HI, on a :

$\widehat{HAI} = i$ et $\widehat{HA'I} = r$

$$\tan i = \frac{HI}{HA} \Rightarrow HI = HA\tan i \quad (1)$$

$$\tan r = \frac{HI}{HA'} \Rightarrow HI = HA'\tan r \quad (2)$$

En égalant les deux expressions, on obtient: $\boxed{HA\tan i = HA'\tan r}$ (3)

✓ Pour $i$ et $r$ des angles petits, on a: $\tan i \simeq i$ et $\tan r \simeq r$ Alors: $HA.i = HA'.r$

D'où: $\boxed{\frac{i}{r} = \frac{HA'}{HA}}$ (4)

✓ D'après la 2ème *loi* de SNELL-DESCARTES, on a: $n_1 \sin i = n_2 \sin r$

En utilisant la loi de KEPLER sur les petits angles :

$n_1.i = n_2.r \Rightarrow \boxed{\frac{i}{r} = \frac{n_2}{n_1}}$ (5)

(5) dans (4)donne : $\frac{n_2}{n_1} = \frac{HA'}{HA}$ ; D'où : $\boxed{\frac{HA}{n_1} = \frac{HA'}{n_2}}$

**Conclusion :** L'image d'un objet réelle est virtuelle.

## TRAVAUX DIRIGES

### L'ESSENTIEL DU COURS

### I)- DEFINITION DES NOTIONS.

**Définis les termes et expressions suivants**: Réfraction de la lumière; Rayon réfracté; Angle limite de réfraction; Emergence rasante; Réflexion totale.

**Réponse :**

**Je définis les termes et expressions suivants :**

✓ La réfraction de la lumière est le brusque changement de direction que subit la lumière en traversant la surface de séparation de deux milieux transparents.

✓ On appelle rayon réfracté, le rayon obtenu après réfraction sur un dioptre plan.





✓ L'angle limite de réfraction est l'angle de réfraction maximale correspondant à une incidence rasante.

✓ L'émergence rasante est le phénomène observé lorsque le rayon réfracté est contenu dans le plan du dioptre plan.

✓ La réflexion totale est le phénomène observé lorsqu'un rayon lumineux se propageant d'un milieu plus réfringent vers un milieu moins réfringent se réfléchit à la surface de séparation des deux milieux.

### II)- QUESTIONS A REPONSES COURTES.

**Réponds aux questions suivantes :**

**1°)** Quelle différence fais-tu entre un rayon réfléchi et un rayon réfracté ?

**2°)** Définis un dioptre plan. Donnes-en deux exemples.

**3°)** Enonce les lois de DESCARTES relatives à la réfraction.

**Réponse:**

**Je réponds aux questions suivantes :**

**1°)** La différence entre un rayon réfléchi et un rayon réfracté est que le rayon réfléchie est obtenu après réflexion sur un miroir, tandis que le rayon réfracté est obtenu après réfraction à la surface de séparation de deux milieux.

**2°)** Un dioptre plan, est une surface plane séparant deux milieux transparents.

**Exemples :**

✓ Surface de l'eau tranquille.

✓ Surface d'un bloc de glace

**3°)** J'énonce les lois de DESCARTES relatives à la réflexion :

**1ère *loi*:** Le rayon incident, la normale et le rayon réfléchi sont dans le même plan appelé plan d'incidence.

**2ème *loi*:** L'angle d'incidence $i$ que font le rayon incident et la normale dans le milieu d'indice $n_1$ et l'angle de réfraction $r$ que font le rayon réfracté et la normale dans le milieu d'indice $n_2$ sont tels que :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = cte \; ; \; \text{Soit :} \quad n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

**III)- QUESTIONS A CHOIX DIRECT.**

**Choisis la bonne réponse tout en recopiant la phrase.**

**1°)** Le verre (indice 1,5) est un milieu **plus / moins** réfringent que l'eau (indice 1,33).

**2°)** Lorsque la lumière se propage d'un milieu transparent vers un autre milieu transparent plus réfringent, le rayon réfracté **s'écarte / se rapproche** de la normale à la surface de séparation des 2 milieux.

**3°)** La réflexion totale peut s'observer lorsque le milieu de propagation de la lumière incidente est **plus / moins** réfringent que le milieu dans lequel la lumière peut être transmise.

**Réponse :**

**Je choisis la bonne réponse tout en recopiant la phrase.**

**1°)** Le verre (indice 1,5) est un milieu **plus** réfringent que l'eau (indice 1,33).

**2°)** Lorsque la lumière se propage d'un milieu transparent vers un autre milieu transparent plus réfringent, le rayon réfracté **se rapproche** de la normale à la surface de séparation des 2 milieux.

**3°)** La réflexion totale peut s'observer lorsque le milieu de propagation de la lumière incidente est **plus** réfringent que le milieu dans lequel la lumière peut être transmise.

**IV)- Questions à alternative vrai ou faux.**

**Réponds par vrai ou faux aux affirmations suivantes :**

**1°)** Lorsque la lumière se propage d'un milieu transparent vers un autre milieu transparent moins réfringent, il y a toujours un rayon réfracté.



**2°)** Lorsqu'un rayon lumineux passe d'un milieu transparent moins réfringent à un milieu transparent plus réfringent, l'angle de réfraction limite est atteint si l'angle d'incidence vaut $i = 0$.

**3°)** Le rapport $n = \frac{n_1}{n_2}$ caractérise l'indice du milieu (2) par rapport au milieu (1).

**4°)** La deuxième loi de DESCARTES relative à la réfraction de la lumière s'écrit : $\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin r}{\sin i}$.

**5°)** L'angle limite de réfraction, dans le cas du passage d'un rayon lumineux de l'air dans l'eau vaut $\lambda = 49°$.

**Réponse :**

**Je réponds par vrai ou faux aux affirmations suivantes :**

| | | |
|---|---|---|
| 1°) – Faux. | 3°) – Faux. | 5°) – Vrai. |
| 2°) –Faux. | 4°) –Faux. | |

**V)- TEXTE A TROUS.**

**Ecris les phrases suivantes en complétant les mots manquants :**

L'angle d'incidence est l'angle entre le rayon incident et la ... (1) ... à la surface de séparation. Lorsque la lumière rencontre un miroir, elle se ... (2) ... Lorsque la lumière rencontre la surface de séparation de deux milieux ...(3) ... , elle se ...(4) ... et se ... (5) ...

Il y a toujours un rayon réfracté lorsque la lumière passe d'un milieu d'indice $n_1$ à un milieu d'indice $n_2$ plus ... (6) ... que $n_1$. On dit que le milieu d'indice $n_2$ est plus ...(7) ... que le milieu d'indice $n_1$. Il y a réflexion totale si la lumière passe d'un milieu d'indice $n_1$ à un milieu d'indice $n_2$ plus ...(8) ... que $n_1$ et que l'angle d'incidence est ...(9) ... à l'angle limite de réfraction. On trouve une application de ce phénomène dans les ...(10) ....

**Réponse :**

**J'écris les phrases suivantes en complétant les mots manquants :**

L'angle d'incidence est l'angle entre le rayon incident et la **normale** à la surface de séparation. Lorsque la lumière rencontre un miroir, elle se **réfléchit**. Lorsque la lumière rencontre la surface de séparation de deux milieux **transparents**, elle se **réfléchit** et se **réfracte.**

Il y a toujours un rayon réfracté lorsque la lumière passe d'un milieu d'indice $n_1$ à un milieu d'indice $n_2$ plus **grand** que $n_1$. On dit que le milieu d'indice $n_2$ est plus **réfringent** que le milieu d'indice $n_1$. Il y a réflexion totale si la lumière passe d'un milieu d'indice $n_1$ à un milieu d'indice $n_2$ plus **petit** que $n_1$ et que l'angle d'incidence est **supérieure** à l'angle limite de réfraction. On trouve une application de ce phénomène dans les **fibres optiques**.

## QUESTIONS A CHOIX MULTIPLES (QCM).

**Choisis les bonnes réponses.**

**1°)** Un rayon lumineux est normal à une surface, si l'angle d'incidence est égal à :

**a)** 90° ; **b)** 0° ; **c)** 45° ; **d)** 180°

**2°)** Un rayon lumineux se propage de l'air d'indice 1 vers un verre d'indice 1,5 sous une incidence de 30°. L'angle de réfraction est environ égal à :

**a)** 19° ; **b)** 30° ; **c)** 50°.

**3°)** Quand un rayon arrive perpendiculairement à une surface séparant deux milieux transparents :

**a)** il n'est pas dévié ; **b)** il est toujours dévié ;
**b)** cela dépend des milieux transparents.

**4°)** Un rayon lumineux se propage d'un milieu d'indice $n_1$ vers un milieu d'indice $n_2$. Il ne peut y avoir réflexion totale que si :

**a)** $n_1 < n_2$ ; **b)** $n_1 = n_2$; **c)** $n_1 > n_2$.





**5°)** Un rayon lumineux se propage d'un milieu d'indice $n_1$ vers un milieu d'indice $n_2$. L'angle de réfraction limite $\lambda$ vaut :

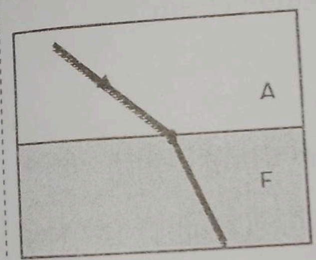
a) $\lambda = \sin^{-1}\left(\frac{n_1}{n_2}\right)$ b) $\lambda = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$ c) $\lambda = \sin^{-1}(n_1 . n_2)$

**Réponse : Je choisis les bonnes réponses :**

**1°)** – b ; **2°)** – a ; **3°)** – a ; **4°)** – c ; **5°)** – a

## RESOLUTION DES PROBLEMES.

**EXERCICE 1 :**

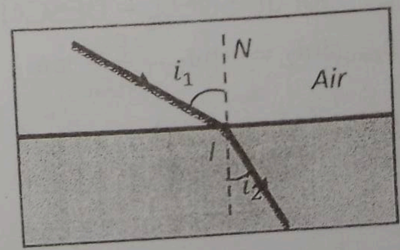



Un rayon lumineux passe de l'air dans l'eau comme indiqué ci-contre. Reproduis et complète le schéma en indiquant le point d'incidence I, puis précise où se trouvent les angles d'incidence $i_1$ et de réfraction $i_2$ de ce rayon.

**Corrigé 1 :**

**Je reproduis et complète le schéma**

Le point d'incidence I est le point où le rayon arrive sur la surface de séparation air / eau. Le rayon va d'un milieu moins réfringent vers un milieu plus réfringent : le rayon réfracté se rapproche de la normale, soit $i_2 < i_1$.




Eau

**Je précise où se trouvent les angles d'incidence $i_1$ et de réfraction $i_2$ de ce rayon.**

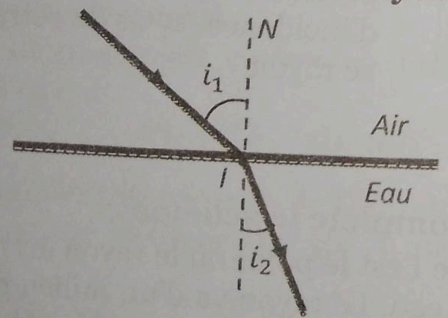
Pour indiquer les angles d'incidence et de réfraction il faut d'abord tracer la normale (N), c'est-à-dire la droite en pointillée perpendiculaire à la surface de séparation des deux milieux au point d'incidence I.

L'angle d'incidence $i_1$ est l'angle formé par la normale et le rayon incident et l'angle de réfaction est l'angle formé par la normale et le rayon réfracté.

**EXERCICE 2 :** Un rayon lumineux pénètre dans l'eau avec un angle d'incidence $i_1$ égale à 60°. Les indices de réfraction de l'eau et de l'air sont respectivement $n_{air} = 1$ et $n_{eau} = 1,33$. Quelle est la valeur de l'angle de réfraction du rayon dans l'eau ?

**Corrigé 2 :** $i_1 = 60°$; $n_{air} = 1$ ; $n_{eau} = 1,33$.

**Valeur de l'angle de réfraction du rayon dans l'eau.**




D'après la 2ème loi de SNELL – DESCARTES, on a :

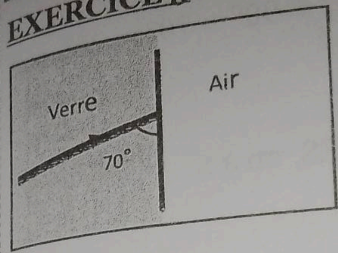
$$n_{air}\sin i_1 = n_{eau}\sin i_2 \Rightarrow \sin i_2 = \frac{n_{air}}{n_{eau}}\sin i_1 \Rightarrow i_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_{air}}{n_{eau}}\sin i_1\right)$$

**A.N** : $i_2 = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1,33}\sin 60°\right) = 40,6 \Rightarrow \boxed{i_2 = 40,6°}$





**EXERCICE 3 :**




Un rayon lumineux se propageant dans un verre d'indice $n_v = 1,50$ (schéma ci-contre) sort dans l'air d'indice $n_a = 1$.

**1°)** Reproduis le schéma en indiquant l'angle d'incidence $i_1$, le rayon réfracté et l'angle de réfraction $i_2$.

**2°)** Quelle est la valeur de l'angle d'incidence?

**3°)** Calcule l'angle de réfraction.

**4°)** A partir de quelle valeur de l'angle d'incidence y a-t-il réflexion totale ?

**5°)** Trace la marche d'un rayon faisant un angle d'incidence égal à 60°.

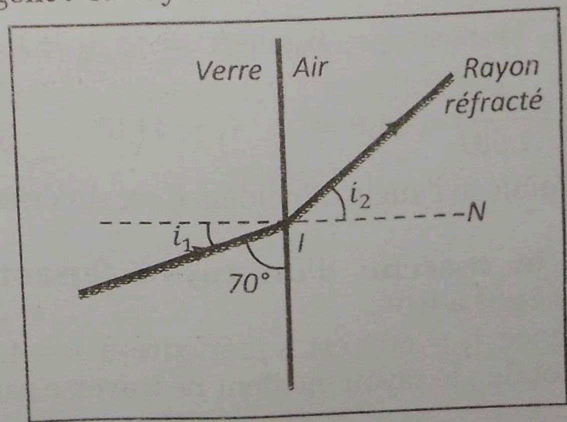
**Corrigé 3 :**

$n_v = 1,50$ ; $n_a = 1$

**1°) Je reproduis le schéma.**

Pour indiquer les angles d'incidence et de réfraction il faut d'abord tracer la normale (N), au plan de l'interface des deux milieux au point d'incidence I.

Sachant que le rayon va d'un milieu plus réfringent vers un milieu moins réfringent : le rayon réfracté s'écarte de la normale, soit $i_2 > i_1$.



**2°) Valeur de l'angle d'incidence.**
D'après la figure, on a: $i_1 + 70° = 90° \Rightarrow i_1 = 90° - 70° = 20°$, soit $i_1 = 20°$

**3°) Je calcule l'angle de réfraction.**
D'après la 2ème loi de SNELL – DESCARTES, on a :

$n_v \sin i_1 = n_a \sin i_2 \Rightarrow \sin i_2 = \frac{n_v}{n_a}\sin i_1$

D'où :

$$i_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_v}{n_a}\sin i_1\right)$$

**A.N :** $i_2 = \sin^{-1}\left(\frac{1,50}{1}\sin 20°\right) = 30,9 \Rightarrow \quad i_2 = 30,90°$

**4°) Valeur de l'angle d'incidence à partir duquel il y a réflexion totale.**
On obtient une réfraction du rayon incident pour $0 \le r \le 90°$. Pour $r = 90°$, on obtient une émergence rasante pour laquelle correspond un angle d'incidence équivaut à l'angle de réfraction limite $\lambda$. Il y a réflexion totale dès que l'angle d'incidence devient supérieure à $\lambda$.

**Calcul de $\lambda$.**
D'après la 2ème loi de SNELL – DESCARTES, on a :

$n_v \sin i_1 = n_a \sin i_2 \Rightarrow n_v \sin i_1 = n_a \sin 90° \Rightarrow \quad i_1 = \lambda = \sin^{-1}\left(\frac{n_a}{n_v}\right)$

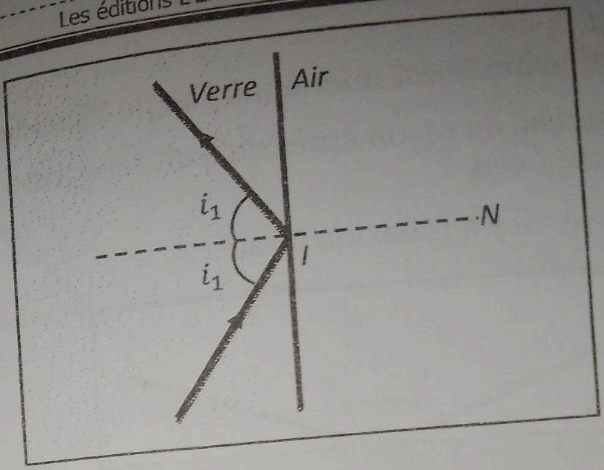
**A.N :** $i_1 = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1,50}\right) = 41,8 \Rightarrow \quad i_2 = 41,8°$

Il y a réflexion totale si l'angle d'incidence est supérieure à 41,80°.

**5°) Je trace la marche d'un rayon faisant un angle d'incidence égal à 60°.**
L'angle d'incidence $i_1 = 60°$ est supérieure à $\lambda = 41,80°$. Il y a donc réflexion totale ; le rayon incident ne traverse pas le dioptre.








**EXERCICE 4 :**
Une lame de verre est fixée à la surface de l'eau contenue dans une cuve. Un rayon lumineux se propageant dans le verre tombe sur la surface de l'eau avec un angle d'incidence de 70°.

1°) Calcule l'angle de réfraction limite et compare-le à l'angle d'incidence.

2°) Trace la marche du rayon après qu'il ait rencontré la surface de séparation verre / eau.

**Données :** Indice du verre = 1,5 ; indice de l'eau = 1,33.

**Corrigé 4 :**
$i_1 = 70°$ ; $n_v = 1,5$ ; $n_e = 1,33$

**1°) Je calcule l'angle de réfraction limite.**
$n_v > n_e$ : Le verre est plus réfringent que l'eau.
Par définition :

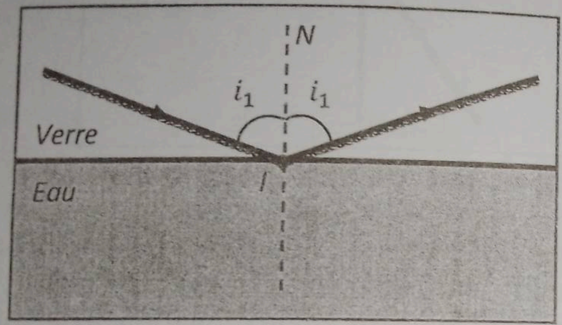
$\sin\lambda = \frac{n_e}{n_v} \Rightarrow \boxed{\lambda = \sin^{-1}\left(\frac{n_e}{n_v}\right)}$

**A.N :** $\lambda = \sin^{-1}\left(\frac{1,33}{1,50}\right) = 62,5 \Rightarrow \quad \boxed{\lambda = 62,5°}$

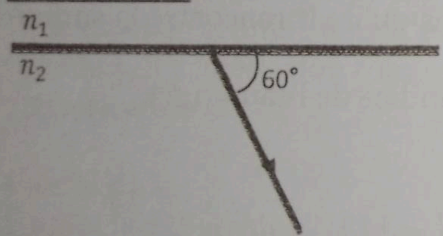
**Comparaison:**
l'angle de réfraction limite est inférieur à l'angle d'incidence: $\lambda < i_1$

**2°)** Je trace la marche du rayon après qu'il ait rencontré la surface de séparation verre / eau.

$\left.\begin{matrix} i_1 = 70° \\ \lambda = 62{,}5° \end{matrix}\right\} \Rightarrow i_1 > \lambda$ : il y a réflexion totale.




## EXERCICE 5 :




Un fin pinceau lumineux tombe sur la face séparant deux milieux transparents d'indice $n_1 = 1{,}2$ et $n_2 = 1{,}6$.

**1°)** Représente le rayon incident correspondant au rayon réfracté ci-contre.

**2°)** Quelle est la déviation subie par le rayon réfracté ?

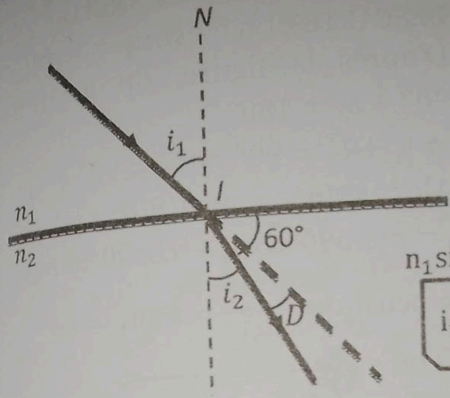
## Corrigé 5 :

$n_1 = 1{,}2$ ; $n_2 = 1{,}6$

**1°) Je représente le rayon incident correspondant au rayon réfracté.**

Je détermine d'abord l'angle d'incidence.

Les éditions L'Enfant Intelligent Physique 1ére 2019




D'après la figure, on a : $i_2 + 60° = 90°$

$\Rightarrow i_2 = 90° - 60° = 30°$, soit $i_2 = 30°$

D'après la 2ème loi de SNELL – DESCARTES, on a :

$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \Rightarrow \sin i_1 = \frac{n_2}{n_1}\sin i_2 \Rightarrow$

$$\boxed{i_1 = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\sin i_2\right)}$$

A.N : $i_1 = \sin^{-1}\left(\frac{1{,}6}{1{,}2}\sin 30°\right) = 41{,}8 \simeq 42 \Rightarrow \boxed{i_1 = 42°}$

**2°) Déviation subie par le rayon réfracté ?**

D'après la figure, on a :

$i_1 = i_2 + D \Rightarrow \boxed{D = i_1 - i_2}$

A.N : $D = 42 - 30 = 12$

D'où : $\boxed{D = 12°}$

## EXERCICE 6 :

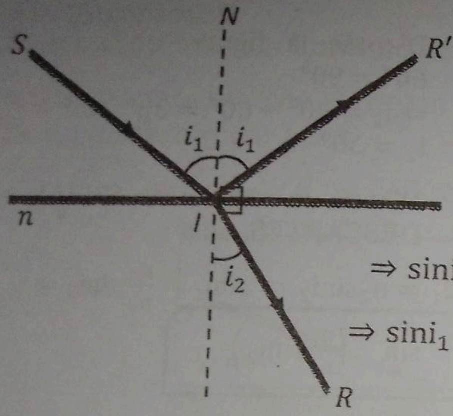
Un rayon incident SI, frappant une surface plane, donne un rayon réfléchi IR et un rayon réfracté IR'. Calcule l'angle d'incidence de façon que le rayon réfléchi IR et le rayon réfracté IR' soient perpendiculaires. On désignera par n l'indice du second milieu par rapport au premier.

A.N: n = 1,52.

## Corrigé 6 :

n = 1,52

Je calcule l'angle d'incidence de façon que le rayon réfléchi IRet le rayon réfracté IR'soient perpendiculaires.




D'après la 2ème *loi* de SNELL-DESCARTES, on a : $sini_1 = nsini_2$

D'après la figure, on a : $i_1 + 90° + i_2 = 180°$

$\Rightarrow i_1 + i_2 = 90° \Rightarrow i_2 = 90° - i_1$

Alors : $sini_1 = n\sin(90° - i_1)$

$\Rightarrow \sin i_1 = n[\sin 90° \cos i_1 - \cos 90° \sin i_1]$

$\Rightarrow \sin i_1 = n\cos i_1 \Rightarrow \frac{\sin i_1}{\cos i_1} = \tan i_1 = n$

D'où : $\boxed{i_1 = \tan^{-1}(n)}$

**A.N** : $i_1 = \tan^{-1}(1{,}52) = 56{,}7 \Rightarrow \boxed{i_1 = 56{,}7°}$

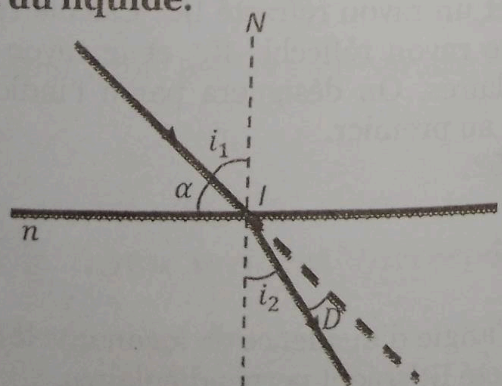
**EXERCICE 7 :**

Un rayon lumineux se propageant dans l'air tombe sur la surface d'un liquide horizontal. Ce rayon fait un angle de 56° avec le plan horizontal. La déviation entre le rayon incident et le rayon réfracté est de 13,5°. Calcule l'indice du liquide.

**Corrigé 7 :**

$\alpha = 56°$ ; $D = 13{,}5°$

**Je calcule l'indice du liquide.**








D'après la 2ème loi de SNELL-DESCARTES, on a: $\sin i_1 = n\sin i_2$ (1)

D'après la figure, on a :

$i_1 + \alpha = 90° \Rightarrow i_1 = 90° - \alpha$ (2)

$i_1 = i_2 + D \Rightarrow i_2 = i_1 - D = 90° - \alpha - D$

$\Rightarrow i_2 = 90° - (\alpha + D)$ (3)

En remplaçant les relations (2) et (3) dans (1), on obtient :

$\sin(90° - \alpha) = n\sin[90° - (\alpha + D)]$

$\Rightarrow \cos\alpha = n\cos(\alpha + D)$

Car $\sin(90° - \beta) = \cos\beta \Rightarrow$ $\boxed{n = \frac{\cos\alpha}{\cos(\alpha + D)}}$

**A.N** : $n = \frac{\cos 56°}{\cos(56° + 13{,}5°)} = 1{,}59 \simeq 1{,}6 \Rightarrow \boxed{n = 1{,}6}$

**EXERCICE 8 :**

Un rayon lumineux provenant de l'eau (indice absolu 1,33) sous l'incidence de 40°, traverse une vitre en verre d'épaisseur 1cm(indice absolu 1,50) et sort dans l'air.
Trace le chemin du rayon lumineux.

**Corrigé 8 :**

$n_1 = 1{,}33$ ; $n_2 = 1{,}50$ ; $i = 40°$.

**Tracé du chemin optique du rayon lumineux.**

D'après la 2ème loi de SNELL – DESCARTES, on a :

- A la surface de séparation eau – verre :

$n_1\sin i = n_2\sin i_1 \Rightarrow \sin i_1 = \frac{n_1}{n_2}\sin i \Rightarrow$ $\boxed{i_1 = \sin^{-1}\left(\frac{n_1}{n_2}\sin i\right)}$

**A.N** : $i_1 = \sin^{-1}\left(\frac{1{,}33}{1{,}5}\sin 40°\right) = 35 \Rightarrow \boxed{i_1 = 35°}$

➢ A la surface de séparation verre – air :

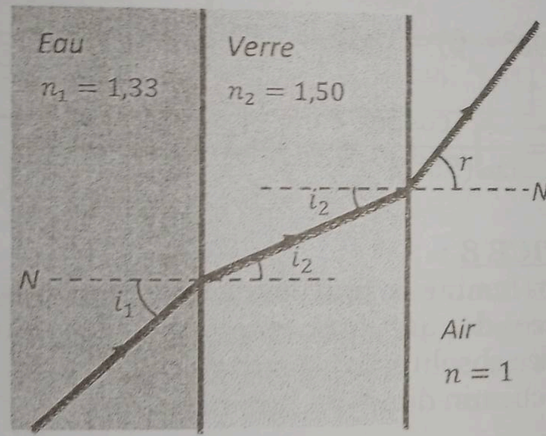
$n_2 \sin i_2 = n \sin r \Rightarrow \sin r = \frac{n_2}{n}\sin i_2$ ; $i_2 = i_1$ ; D'où :

$r = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n}\sin i_1\right)$

A.N : n = 1 (indice de l'air)

$r = \sin^{-1}\left(\frac{1,5}{1}\sin 35°\right) = 59 \Rightarrow r = 59°$

D'où le tracé est :




**EXERCICE 9 :**

Quelle est la profondeur apparente d'une piscine de profondeur 3,2m :

**1°)** Pour un observateur regardant sous incidence de 30° ?

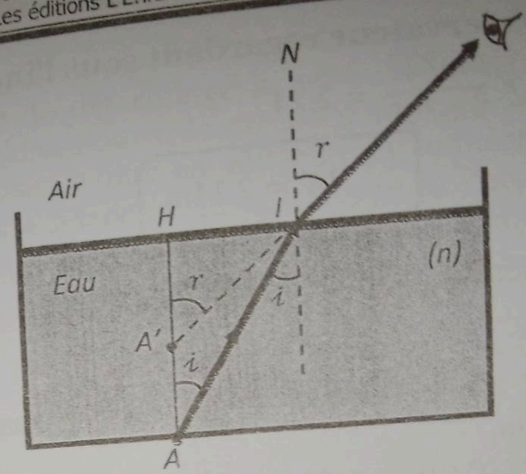
**2°)** Pour un observateur regardant sous incidence quasi-normale?

**Corrigé 9 :**

h = HA = 3,2m

**Profondeur apparente de la piscine.**






Soit A un point du fond de la piscine, A' son image par rapport au dioptre. Le point A du fond de la piscine émet de la lumière qui parvient à l'œil de l'observateur en semblant provenir de du point A' image de A par rapport au dioptre.

D'après la 2ème loi de SNELL – DESCARTES, on a :

$n \sin i = \sin r \Rightarrow i = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\sin r\right)$

A. N : $r = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1,33} \times \sin 30°\right) = 22° \Rightarrow i = 22°$

D'après la figure, considérons les triangles AHI et A'HI, on a :

$\widehat{HAI} = i$ et $\widehat{HA'I} = r$

$\tan i = \frac{HI}{HA} \Rightarrow HI = HA \tan i$ (1)

$\tan r = \frac{HI}{HA'} \Rightarrow HI = HA' \tan r$ (2)

En égalant les deux expressions, on obtient :

$HA \tan i = HA' \tan r \Rightarrow \boxed{HA' = HA\frac{\tan i}{\tan r}}$

**1°) Pour un observateur regardant sous l'incidence de 30°**

A.N : $HA' = 3{,}2 \times \frac{\tan 22°}{\tan 30°} = 2{,}24$

$$\boxed{HA' = 2{,}24m}$$

L'observateur semble voir le fond de la piscine à 2,24m de la surface de l'eau.

**2°) Pour un observateur regardant sous l'incidence quasi-normale.**

Pour une incidence quasi-normale $i$ et $r$ sont des angles petits, on a alors :

$$\tan i \simeq i \text{ et } \tan r \simeq r$$

$$HA.i = HA'.r \Rightarrow \frac{i}{r} = \frac{HA'}{HA} \qquad (3)$$

D'après la 2ème *loi* de SNELL-DESCARTES, on a : $n_1 \sin i = n_2 \sin r$

En utilisant la loi de KEPLER sur les petits angles :

$$n_1.i = n_2.r \Rightarrow \frac{i}{r} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (4)$$

En égalant les deux relations (3) et (4), on obtient :

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{HA'}{HA} = \frac{1}{n} \quad \text{avec} \begin{cases} n_2 = 1 \text{ (air)} \\ n_1 = n \end{cases}$$

D'où :

$$\boxed{HA' = \frac{HA}{n}}$$

A.N : $HA' = \frac{3{,}2}{1{,}33} = 2{,}4 \Rightarrow \boxed{HA' = 2{,}4m}$

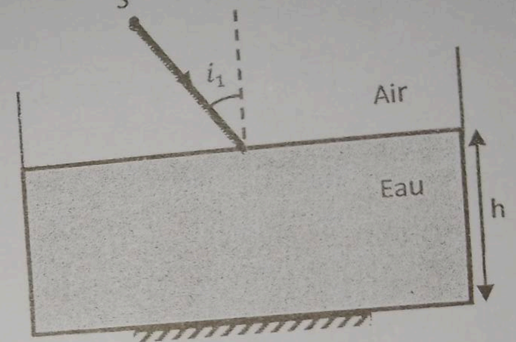
**Conclusion :** L'observateur semble voir le fond de la piscine à 2,4m de la surface de l'eau ; elle parait un peu plus profonde que dans le 1er cas





**EXERCICE 10 :**

On se propose de déterminer la profondeur de l'eau contenue dans un aquarium. Pour cela on place au fond de l'aquarium un miroir plan dans le but de réfléchir la lumière incidente. On envoie un rayon incident SI qui frappe la surface de l'eau de l'aquarium sous une incidence $i_1 = 30°$ (voir figure).




On mesure ensuite la distance entre le point d'émergence A et le point d'incidence I du rayon lumineux, on trouve $IA = 60cm$.

**1°)** Trace la marche du rayon lumineux.

**2°)** Calcule l'angle d'émergence du rayon qui sort de l'aquarium.

**3°)** Calcule la profondeur de l'eau contenue dans l'aquarium.

On donne : indice de l'air $n_1 = 1{,}00$ ; indice de l'eau $n_2 = 1{,}33$.

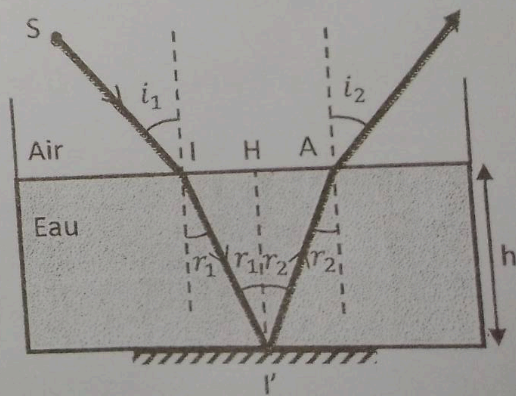
**Corrigé 10 :**

$i_1 = 30°$ ; $IA = 60cm$;

$n_1 = 1{,}00$ ;

$n_2 = 1{,}33$

**1°) Je trace la marche du rayon lumineux.**



**2°) Calcule l'angle d'émergence du rayon qui sort de l'aquarium.**

D'après la 2ème loi de DESCARTES, on a :

✓ Au point I : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin r_1 (1)$

$$\Rightarrow r_1 = \sin^{-1}\left(\frac{n_1 \sin i_1}{n_2}\right)$$

$$\text{A.N} : r_1 = \sin^{-1}\left(\frac{1 \times \sin 30°}{1{,}33}\right) = 22 \Rightarrow r_1 = 22°$$

✓ Au point A : $n_2 \sin r_2 = n_1 \sin i_2$

D'après la 2ème loi de DESCARTES relative à la réflexion, on a au point I' : $r_1 = r_2$.

Alors : $n_2 \sin r_1 = n_1 \sin i_2$

D'après (1) : $n_1 \sin i_1 = n_1 \sin i_2 \Rightarrow \sin i_1 = \sin i_2$

D'où : $i_2 = i_1 = 30°$

**3°) Je calcule la profondeur de l'eau contenue dans l'aquarium.**

Le point A est symétrique de I par rapport à H ; alors IH = HA ⇒ IA = 2IH

Considérons le triangle IHI', on a :

$$\tan r_1 = \frac{IH}{HI'} \Rightarrow IH = HI' \tan r_1$$

$$\Rightarrow \frac{IA}{2} = HI' \tan r_1 = h \tan r_1 \Rightarrow \quad h = \frac{IA}{2 \tan r_1}$$

$$\textbf{A.N} : h = \frac{60}{2 \times \tan 22°} = 75{,}25$$

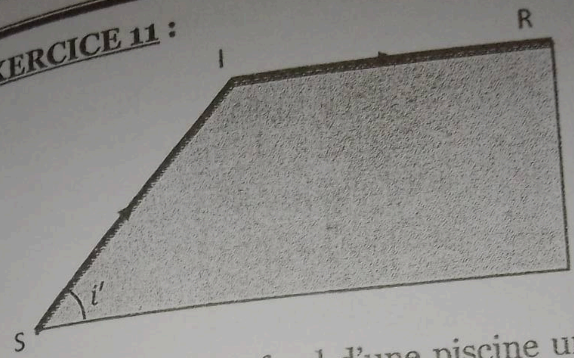
$$\boxed{h = 75{,}25\text{cm}}$$

La profondeur de l'eau contenue dans l'aquarium vaut 75,25cm





**EXERCICE 11 :**




On veut installer au fond d'une piscine une source de lumière S, produisant un pinceau lumineux SI, qui éclaire horizontalement la surface de l'eau. On veut connaître la valeur de l'angle $i'$, entre le fond de la piscine et le pinceau pour obtenir cet effet.

**1°)** Reproduis le schéma ci-contre et indique la normale au point d'incidence, l'angle d'incidence $i_1$ et l'angle de réfraction $i_2$.

**2°)** Indique la valeur de l'angle $i_2$ et calcule la valeur de $i_1$.

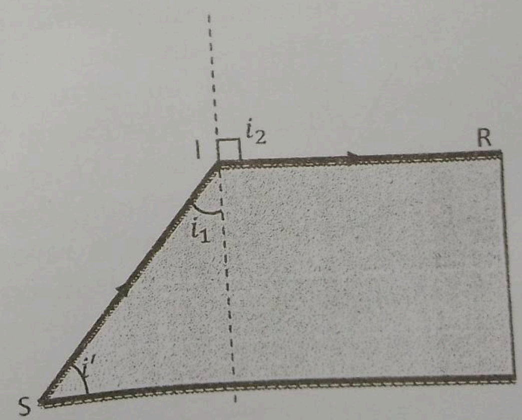
**3°)** Déduis-en la valeur de l'angle $i'$.

Données : $n_{eau} = n_1 = 1{,}33$ ; $n_{air} = n_2 = 1{,}00$

**Corrigé 11 :**

$n_{eau} = n_1 = 1{,}33$ ; $n_{air} = n_2 = 1{,}00$

**1°) Je reproduis le schéma.**



**2°) J'indique la valeur de l'angle $i_2$ et je calcule la valeur de $i_1$.**

D'après la figure, on observe une émergence rasante du rayon, donc:

$$\boxed{i_2 = 90°}$$

D'après la 2ème loi de DESCARTES, on a :

✓ Au point I : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 (1)$

$$\Rightarrow \boxed{i_1 = \sin^{-1}\left(\frac{n_2 \sin i_2}{n_1}\right)}$$

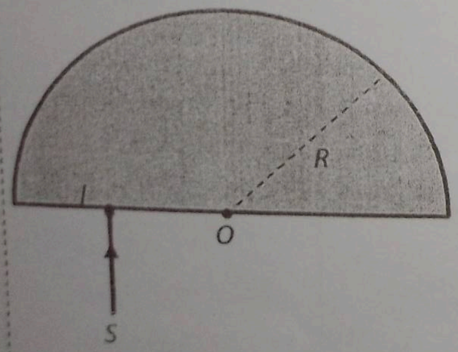
**A.N :** $r_1 = \sin^{-1}\left(\frac{1 \times \sin 90°}{1,33}\right) = 48,75 \Rightarrow \boxed{i_1 = 48,75°}$

**3°) Je déduis – en la valeur de l'angle i'.**

D'après la figure, on a : $i_1 + i' + 90° = 180° \Rightarrow \boxed{i' = 90° - i_1}$

*A.N* : $i' = 90° - 48,75° = 41,25° \Rightarrow \boxed{i' = 41,25°}$

**EXERCICE 12 :**




Perpendiculairement à la face plane d'un demi-cylindre, de rayon R, en verre d'indice de réfraction $n = 1,5$, on envoie un rayon lumineux $SI$ en un point $I$ tel que $OI = 0,60R$. Détermine le trajet suivi par le rayon $SI$ et l'angle que font le rayon incident et le rayon émergent.

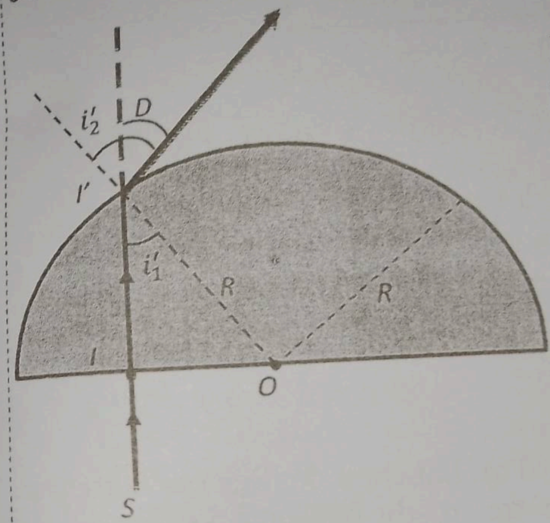




**Corrigé12 :**

$n = 1,5$ ; $OI = 0,60R$

***Je détermine le trajet suivi par le rayon SI.***




Le rayon incident SI étant perpendiculaire à la face horizontale du verre, il pénètre donc sans déviation dans le verre et atteint la face courbe en I'.

L'angle d'incidence $i'_1$ en I' est l'angle du rayon lumineux avec la normale en ce point. Celle-ci est confondue avec le rayon OI' du demi-cylindre. $i'_1$ est donc l'angle II'O.

**Calcul de l'angle $i'_1$ :**

$\sin i'_1 = \frac{OI}{OI'} = \frac{0,60R}{R} = 0,60$

$\Rightarrow i'_1 = \sin^{-1}(0,60) \Rightarrow i'_1 = 36,9°$

**Calcul de l'angle limite de réfraction$\lambda$.**

$n \sin\lambda = \sin 90° \Rightarrow \sin\lambda = \frac{1}{n}$

$\Rightarrow \lambda = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1,5}\right) \Rightarrow \lambda = 41,8°$

L'angle $i'_1 < \lambda$ : il n'y a **pas réflexion totale**. Le rayon émerge du verre.

**2°) J'indique la valeur de l'angle $i_2$ et je calcule la valeur de $i_1$.**

D'après la figure, on observe une émergence rasante du rayon, donc:

$$\boxed{i_2 = 90°}$$

D'après la 2ème loi de DESCARTES, on a :

- ✓ Au point I : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 (1)$

$$\Rightarrow \boxed{i_1 = \sin^{-1}\left(\frac{n_2 \sin i_2}{n_1}\right)}$$

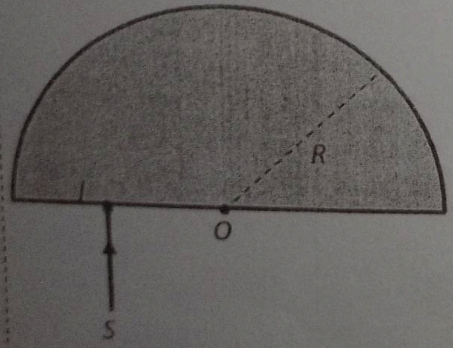
**A.N :** $r_1 = \sin^{-1}\left(\frac{1 \times \sin 90°}{1,33}\right) = 48,75 \Rightarrow \boxed{i_1 = 48,75°}$

**3°) Je déduis – en la valeur de l'angle $i'$.**

D'après la figure, on a : $i_1 + i' + 90° = 180° \Rightarrow \boxed{i' = 90° - i_1}$

**A.N :** $i' = 90° - 48,75° = 41,25° \Rightarrow \boxed{i' = 41,25°}$

**EXERCICE 12 :**




Perpendiculairement à la face plane d'un demi-cylindre, de rayon R, en verre d'indice de réfraction $n = 1,5$, on envoie un rayon lumineux $SI$ en un point $I$ tel que $OI = 0,60R$. Détermine le trajet suivi par le rayon $SI$ et l'angle que font le rayon incident et le rayon émergent.

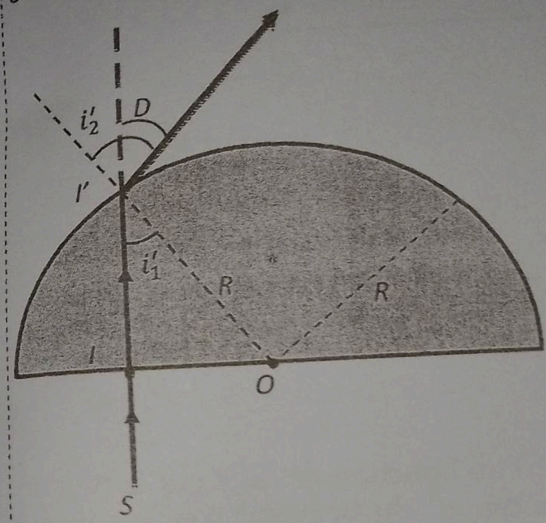




**Corrigé12 :**

$n = 1,5$ ; $OI = 0,60R$

***Je détermine le trajet suivi par le rayon SI.***




Le rayon incident SI étant perpendiculaire à la face horizontale du verre, il pénètre donc sans déviation dans le verre et atteint la face courbe en I'.

L'angle d'incidence $i'_1$ en I' est l'angle du rayon lumineux avec la normale en ce point. Celle-ci est confondue avec le rayon OI' du demi-cylindre. $i'_1$ est donc l'angle II'O.

**Calcul de l'angle $i'_1$ :**

$$\sin i'_1 = \frac{OI}{OI'} = \frac{0,60R}{R} = 0,60$$

$$\Rightarrow i'_1 = \sin^{-1}(0,60) \Rightarrow i'_1 = 36,9°$$

**Calcul de l'angle limite de réfractionλ.**

$$n \sin\lambda = \sin 90° \Rightarrow \sin\lambda = \frac{1}{n}$$

$$\Rightarrow \lambda = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1,5}\right) \Rightarrow \lambda = 41,8°$$

L'angle $i'_1 < \lambda$ : il n'y a **pas réflexion totale**. Le rayon émerge du verre.

**Calcul de l'angle $i'_2$ :**

D'après la 2ème loi de DESCARTES, on a :

✓ Au point I' : $n\sin i'_1 = \sin i'_2 (1)$

$$\Rightarrow \boxed{i'_2 = \sin^{-1}(n\sin i'_1)}$$

A.N : $i'_2 = \sin^{-1}(1{,}5\sin 36{,}9) = 64{,}2 \Rightarrow i'_2 = 64{,}2°$

**Calcul de l'angle que font le rayon incident et le rayon émergent.**

La déviation du rayon SI est donc :

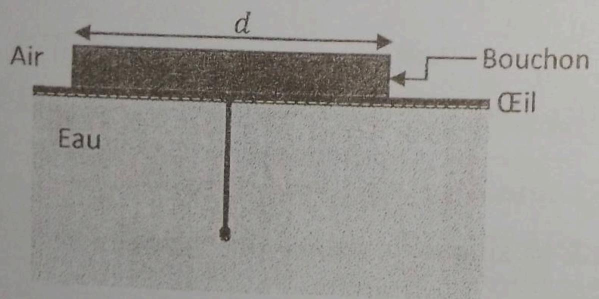
$$\boxed{D = i'_2 - i'_1}$$

A.N : $D = 64{,}2 - 36{,}9 \Rightarrow \boxed{D = 27{,}3°}$

**EXERCICE 13 :**

Une épingle dépasse de 3cm d'un bouchon de liège qui flotte sur l'eau. Quel doit être le diamètre d du bouchon pour qu'on ne puisse pas voir la tête de l'épingle T quand on regarde à la surface de l'eau ?

Données : indice de l'eau : $n_1 = 1{,}33$ ; indice de l'air : $n_2 = 1$.



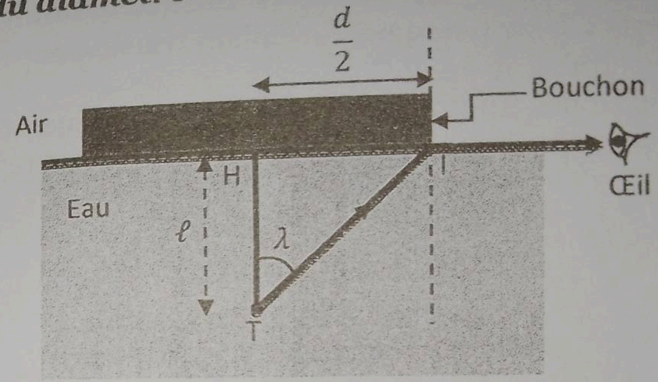





**Corrigé 13 :**

$\ell = 3cm$ ; $n_1 = 1{,}33$ ; $n_2 = 1$.

***Calcul du diamètre d du bouchon.***




Lorsqu'on regarde à la surface de l'eau, le rayon lumineux issu de **T** et arrivant sur l'œil aura été réfracté à la surface de séparation eau – air suivant un angle pratiquement égale à 90° ; on observe une émergence rasante.

L'angle d'incidence est alors pratiquement égal à $\lambda$, tel que :

$$n_1 \sin\lambda = n_2 \sin 90° \Rightarrow \lambda = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right)$$

$$\Rightarrow \lambda = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1{,}5}\right) \Rightarrow \lambda = 48{,}8°$$

Le diamètre $d$ est donné par la relation :

$$\tan\lambda = \frac{HI}{HT} = \frac{\left(\frac{d}{2}\right)}{\ell} = \frac{d}{2\ell} \Rightarrow \quad d = 2\ell\tan\lambda$$

*A.N* : $d = 2 \times 0{,}3 \times \tan 48{,}8° = 0{,}068$

$$\boxed{d = 0{,}068m = 6{,}8cm}$$

**Conclusion :**

Pour qu'on ne puisse pas voir la tête de l'épingle **T** quand on regarde à la surface de l'eau, le diamètre du bouchon de liège devra être supérieur à 6,8cm.

# DISPERSION DE LA LUMIERE

## 1. Effet d'un prisme sur la lumière monochromatique.

**a. Définitions :** Un prisme est un milieu transparent limité par deux dioptres non parallèles.

Il est caractérisé par un angle Â, dit angle du prisme, formé par les deux plans qui limitent ce milieu, et d'un indice de réfraction n du milieu (figure 1).

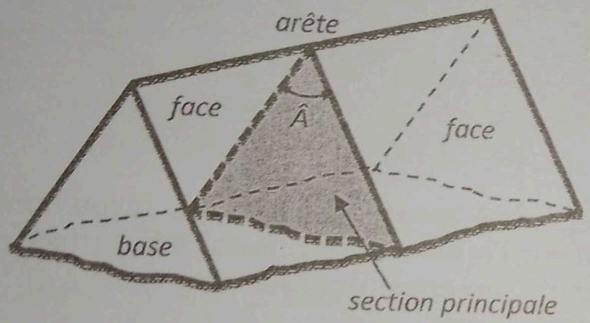



**Figure 1.**

**b. Lumière monochromatique et lumière polychromatique.**

- Une lumière monochromatique est une lumière qui a une seule couleur, c'est – à – dire une radiation (une longueur d'onde précise λ).

**Exemples :** La lumière jaune; La lumière rouge.

- Une lumière polychromatique est une lumière composée de plusieurs radiations (plusieurs couleurs) qui se superposent.

**Exemple :** La lumière blanche.

## 2. Dispersion de la lumière.

**Définition :** La dispersion de la lumière est la décomposition de la lumière blanche sous l'effet d'un prisme.





A la traversée du prisme, la lumière subit deux réfractions successives, ce qui nous permet de prévoir la déviation du faisceau.

Lorsque le prisme est traversé par la lumière blanche, celle-ci est décomposé; on observe une tâche étalée et colorée, les couleurs sont celles de l'arc-en-ciel passant continuellement du rouge au violet : c'est le phénomène de la dispersion de la lumière.

## 3. Marche d'un rayon lumineux à travers le prisme.

**a. Déviation de la lumière monochromatique dans un prisme.**

Envoyons un rayon lumineux monochromatique sur l'une des faces d'un prisme triangulaire d'angle au sommet Â comme l'indique la figure 2 ci – dessous :

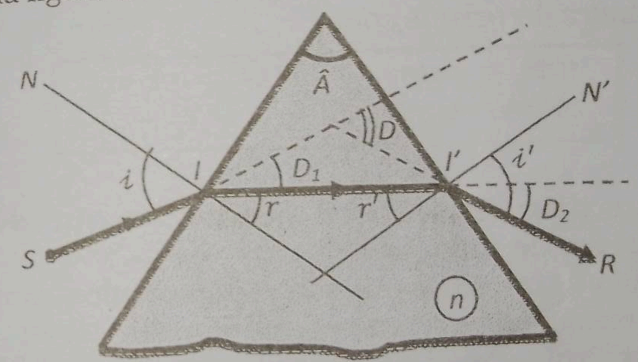



**Figure 2.**

Il apparait un rayon appelé *rayon émergent (I'R)*, sur la face opposée à la face d'incidence. On constate que le rayon incident est dévié d'un *angle* $\widehat{D}$.

**b. Formules du prisme.**

D'après la 2ème *loi de SNELL – DESCARTES* relative à la réfraction, on a :

- ✓ Au point I : $\sin i = n \sin r$ (a)
- ✓ Au point I' : $\sin i' = n \sin r'$ (b)

✓ Considérons le triangle $AII'$ on a : $\hat{A} + \hat{I} + \hat{I'} = \pi$

$$\text{Or}\begin{cases} \hat{I} + r = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \hat{I} = \frac{\pi}{2} - r \\ \hat{I'} + r' = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \hat{I'} = \frac{\pi}{2} - r' \end{cases}$$

Ainsi on a : $\hat{A} + \frac{\pi}{2} - r + \frac{\pi}{2} - r' = \pi \Rightarrow \quad \hat{A} = r + r'$ (c)

✓ Déviation : $\hat{D} = \widehat{D_1} + \widehat{D_2}$

$$\text{Or}\begin{cases} \widehat{D_1} + r = i \Rightarrow \widehat{D_1} = i - r \\ \widehat{D_2} + r' = i' \Rightarrow \widehat{D_2} = i' - r' \end{cases}$$

Alors : $\hat{D} = i - r + i' - r' \Rightarrow \hat{D} = i + i' - (r + r') \Rightarrow \hat{D} = i + i' - \hat{A}$ (d)

D'où les formules du prisme sont :

$$\boxed{\begin{array}{c} sini = nsinr \quad ; \quad sini' = nsinr' \\ \hat{A} = r + r' \ ; \ \hat{D} = i + i' - \hat{A} \end{array}}$$

**c. Cas d'un prisme de petit angle, attaqué sous une incidence presque normale.**

Pour le cas des petits angles, si l'angle d'incidence $i$ est petit, l'angle de réfraction est encore plus petit. Nous pouvons remplacer les formules de *DESCARTES* par celles de *KEPLER*, les formules du prisme se réduisent à :

$sini \simeq i$ ; $sinr \simeq r$ ; $sini' \simeq i'$ ; $sinr' \simeq r'$

$$\text{Ainsi}\begin{cases} i = nr \Rightarrow r = \frac{i}{n} \\ i' = nr' \Rightarrow r' = \frac{i'}{n} \end{cases}$$

Alors : $\hat{A} = r + r' = \frac{i}{n} + \frac{i'}{n}$ ; D'où :

$$\boxed{\hat{A} = \frac{1}{n}(i + i')}$$





✓ $\hat{D} = i + i' - \hat{A} = nr + nr' - \hat{A}$

$\hat{D} = n(r + r') - \hat{A}$

$\hat{D} = n\hat{A} - \hat{A} = (n - 1)\hat{A} \Rightarrow \quad \boxed{\hat{D} = (n - 1)\hat{A}}$

**4. Minimum de déviation et conditions d'émergence.**

**a. Minimum de déviation.**

Au minimum de déviation $r = r'$ ; donc $i = i'$.

Ainsi : $\hat{A} = r + r' \Rightarrow \hat{A} = 2r \Rightarrow \boxed{r = \frac{\hat{A}}{2}}$

✓ $\hat{D} = i + i' - \hat{A}$

Avec $i = i' = i_m \Rightarrow \hat{D}_m = 2i_m - \hat{A} \Rightarrow \boxed{i_m = \frac{D_m + \hat{A}}{2}}$

L'*indice* $n$ du prisme peut être déterminé dans ces conditions par la relation suivante :

D'après *la* 2ème *loi de SNELL – DESCARTES* :

$$sini_m = nsinr \Rightarrow sin\left(\frac{D_m + \hat{A}}{2}\right) = nsin\left(\frac{\hat{A}}{2}\right) \Rightarrow n = \frac{sin\left(\frac{D_m + \hat{A}}{2}\right)}{sin\left(\frac{\hat{A}}{2}\right)}$$

**b. Condition d'émergence.**

Un rayon lumineux incident, cheminant dans l'air, peut toujours pénétrer dans un prisme d'indice $n > 1$ ; mais ne peut en sortir que s'il attaque la face de sortie sous un angle d'incidence *inférieur à l'angle limite de réfraction* $\lambda$ relatif au dioptre.

**1ère Condition : relative à l'angle du prisme.**

Pour une émergence rasante : $i' = 90° \Rightarrow r' = \lambda$

Au point I' : $sini' = nsinr' \Rightarrow sin90° = nsin\lambda \Rightarrow sin\lambda = \frac{1}{n}$

Pour qu'il y ait émergence du rayon, il faut que : $0 \leq r \leq \lambda$

$\Rightarrow \quad r' \leq r + r' \leq \lambda + r'$

Or $r' = \lambda \Rightarrow \quad \lambda \leq \hat{A} \leq 2\lambda$ ; D'où: $\boxed{\hat{A} \leq 2\lambda}$

*Aucun rayon ne sort d'un prisme dont l'angle est supérieur au double de l'angle limite de réfraction.*

**2ème Condition : relative à l'angle d'incidence.**

$\hat{A} = r + r' \Rightarrow \quad r' = \hat{A} - r$

$\lambda$ étant l'angle limite de réfraction, alors on a : $-\lambda \leq r' \leq +\lambda$

$\Rightarrow \quad -\lambda \leq \hat{A} - r \leq +\lambda$

$\Rightarrow \quad -\lambda - \hat{A} \leq -r \leq +\lambda - \hat{A}$

$\Rightarrow \quad \hat{A} - \lambda \leq r \leq \hat{A} + \lambda$

$r$ est toujours inférieur à $\hat{A} + \lambda$ ;

Ainsi : $r \geq \hat{A} - \lambda = r_0 \Rightarrow r \geq r_0$

Alors : $sinr \geq sinr_0 \Rightarrow \quad nsinr \geq nsinr_0$

$\Rightarrow sini \geq sini_0 \Rightarrow i \geq i_0$ ; D'où : $i_0 \leq i \leq \frac{\pi}{2}$

*Aucun rayon ne sort d'un prisme si l'angle d'incidence est inférieur à un angle minimum $i_0$.*

## TRAVAUX DIRIGES

### L'ESSENTIEL DU COURS

### I-DEFINITIONS DES NOTIONS.

**Définis les termes et expressions suivants** : Prisme; Plan de section principale; Arête; Lumière monochromatique; Lumière polychromatique.

**Réponse :**

**Je définis les termes et expressions suivants :**

- ✓ Un prisme est un milieu transparent limité par deux dioptres non parallèles.
- ✓ On appelle plan de section principale, tout plan normal à l'arête du prisme.
- ✓ On appelle arête d'un prisme, l'intersection de ces faces.
- ✓ Une lumière monochromatique est une lumière qui a une seule couleur, c'est-à-dire une radiation (une longueur d'onde précise $\lambda$).
- ✓ Une lumière polychromatique est une lumière composée de plusieurs radiations (plusieurs couleurs) qui se superposent.



### II – QUESTIONS A REPONSES CONSTRUCTIVES.

**Réponds aux questions suivantes :**

**1°)** Voici trois systèmes optiques : le miroir plan, le dioptre plan, le prisme. Lequel des trois systèmes est utilisé pour décomposer la lumière blanche ?

**2°)** Qu'appelle-t-on dispersion de la lumière ?

**3°)** Qu'appelle-t-on prisme ? De quoi est-il caractérisé ?

**4°)** Quelle différence fais-tu entre une lumière monochromatique et une lumière polychromatique ? Donne un exemple dans chaque cas.

**Réponse :**

**Je réponds aux questions suivantes :**

**1°)** Le système optique qui est utilisé pour décomposer la lumière blanche est le prisme.

**2°)** On appelle dispersion de la lumière, la décomposition de la lumière blanche sous l'effet d'un prisme.

**3°)** On appelle prisme, un milieu transparent limité par deux dioptres non parallèles. Il est caractérisé par un angle appelé arête et un indice de réfraction.

**4°)** La différence entre une lumière monochromatique et une lumière polychromatique est que la lumière monochromatique est constitué d'une seule radiation, tandis que la lumière polychromatique est constitué de plusieurs radiation.

Exemples :

- ✓ Lumière monochromatique : la lumière verte ;
- ✓ Lumière polychromatique : lumière blanche.

### III -QUESTIONS A ALTERNATIVE VRAI OU FAUX.

**Réponds par vrai ou faux aux affirmations suivantes :**

**1°)** La décomposition de la lumière se fait à l'aide d'un prisme.

**2°)** Si l'on décompose la lumière blanche, on obtient essentiellement deux radiations : rouge et jaune.

**$2^{ème}$ Condition : relative à l'angle d'incidence.**

$\hat{A} = r + r' \Rightarrow \quad r' = \hat{A} - r$

$\lambda$ étant l'angle limite de réfraction, alors on a : $-\lambda \leq r' \leq +\lambda$

$\Rightarrow \quad -\lambda \leq \hat{A} - r \leq +\lambda$

$\Rightarrow \quad -\lambda - \hat{A} \leq -r \leq +\lambda - \hat{A}$

$\Rightarrow \quad \hat{A} - \lambda \leq r \leq \hat{A} + \lambda$

$r$ est toujours inférieur à $\hat{A} + \lambda$ ;

Ainsi : $r \geq \hat{A} - \lambda = r_0 \Rightarrow r \geq r_0$

Alors : $\sin r \geq \sin r_0 \Rightarrow n \sin r \geq n \sin r_0$

$\Rightarrow \sin i \geq \sin i_0 \Rightarrow i \geq i_0$ ; D'où : $i_0 \leq i \leq \frac{\pi}{2}$

*Aucun rayon ne sort d'un prisme si l'angle d'incidence est inférieur à un angle minimum $i_0$.*

## TRAVAUX DIRIGES

### L'ESSENTIEL DU COURS

### I-DEFINITIONS DES NOTIONS.

**Définis les termes et expressions suivants** : Prisme; Plan de section principale; Arête; Lumière monochromatique; Lumière polychromatique.

**Réponse :**

**Je définis les termes et expressions suivants :**

- ✓ Un prisme est un milieu transparent limité par deux dioptres non parallèles.
- ✓ On appelle plan de section principale, tout plan normal à l'arête du prisme.
- ✓ On appelle arête d'un prisme, l'intersection de ces faces.
- ✓ Une lumière monochromatique est une lumière qui a une seule couleur, c'est-à-dire une radiation (une longueur d'onde précise $\lambda$).
- ✓ Une lumière polychromatique est une lumière composée de plusieurs radiations (plusieurs couleurs) qui se superposent.



### II – QUESTIONS A REPONSES CONSTRUCTIVES.

**Réponds aux questions suivantes :**

**1°)** Voici trois systèmes optiques : le miroir plan, le dioptre plan, le prisme. Lequel des trois systèmes est utilisé pour décomposer la lumière blanche ?

**2°)** Qu'appelle-t-on dispersion de la lumière ?

**3°)** Qu'appelle-t-on prisme ? De quoi est-il caractérisé ?

**4°)** Quelle différence fais-tu entre une lumière monochromatique et une lumière polychromatique ? Donne un exemple dans chaque cas.

**Réponse :**

**Je réponds aux questions suivantes :**

**1°)** Le système optique qui est utilisé pour décomposer la lumière blanche est le prisme.

**2°)** On appelle dispersion de la lumière, la décomposition de la lumière blanche sous l'effet d'un prisme.

**3°)** On appelle prisme, un milieu transparent limité par deux dioptres non parallèles. Il est caractérisé par un angle appelé arête et un indice de réfraction.

**4°)** La différence entre une lumière monochromatique et une lumière polychromatique est que la lumière monochromatique est constitué d'une seule radiation, tandis que la lumière polychromatique est constitué de plusieurs radiation.

Exemples :

- ✓ Lumière monochromatique : la lumière verte ;
- ✓ Lumière polychromatique : lumière blanche.

### III -QUESTIONS A ALTERNATIVE VRAI OU FAUX.

**Réponds par vrai ou faux aux affirmations suivantes :**

**1°)** La décomposition de la lumière se fait à l'aide d'un prisme.

**2°)** Si l'on décompose la lumière blanche, on obtient essentiellement deux radiations : rouge et jaune.

**3°)** Au minimum de déviation d'un prisme, les rayons émergent et incident sont parallèles.

**4°)** Au minimum de déviation d'un prisme, le rayon intérieur qui traverse le prisme est perpendiculaire au plan bissecteur du prisme.

**5°)** Lorsque l'angle du prisme est faible, la déviation d'ailleurs faible, est indépendante de l'incidence ; elle ne dépend que de l'angle du prisme et de son indice.

**<u>Réponse</u> :**

**Je réponds par vrai ou faux aux affirmations suivantes :**

1°)-Vrai, 2°)-Faux, 3°)-Faux, 4°)-Vrai, 5°)-Vrai.

**IV -APPARIEMENT.**

**Relie un élément-question de la colonne A à un élément réponse de la colonne B dans le tableau ci-dessous :**

| Colonne A | | Colonne B | |
|---|---|---|---|
| $a_1$ | Formule du prisme | $b_1$ | $i_0 \leq i \leq \frac{\pi}{2}$ |
| $a_2$ | Lumière non décomposable | $b_2$ | $i' = 90°$ |
| $a_3$ | Prisme de petit angle | $b_3$ | $\widehat{D} = i + i' - \hat{A}$ |
| $a_4$ | Condition d'émergence du prisme | $b_4$ | Radiations multicolores des couleurs de l'arc – en – ciel |
| $a_5$ | Décomposition de la lumière blanche | $b_5$ | $i_m = \frac{D_m + \hat{A}}{2}$ |
| $a_6$ | Emergence rasante | $b_6$ | $\hat{A} = \frac{1}{n}(i + i')$ |
| $a_7$ | Minimum de déviation | $b_7$ | Lumière monochromatique |





**<u>Réponse</u> :**

**Je relie un élément-question de la colonne A à un élément-réponse de la colonne B.**

$a_1 = b_3 a_4 = b_1 a_6 = b_2$

$a_2 = b_7 a_5 = b_4 a_7 = b_5$

$a_3 = b_6$

## RESOLUTION DES PROBLEMES.

**<u>EXERCICE 1</u>** :

**1°)** On considère un prisme de verre d'angle au sommet $\hat{A} = 60°$ et d'indice de réfraction $n = 1{,}50$. On demande de calculer pour un angle d'incidence de $30°$ :

**a)** L'angle d'émergence du rayon lumineux ;

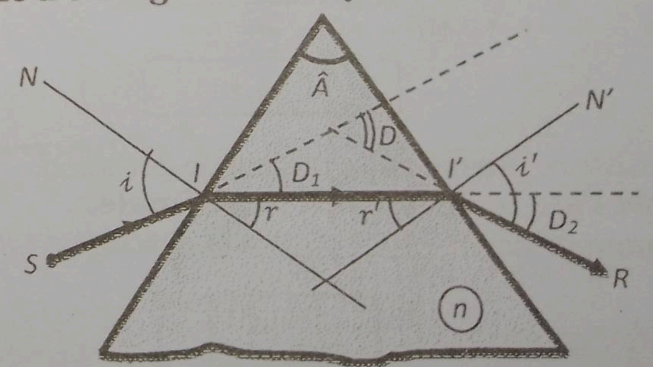
**b)** L'angle de déviation que forme le rayon émergent avec le prolongement du rayon incident.

**2°)** On utilise ce prisme au minimum de déviation. Calcule l'angle de déviation minimale et indique en même temps les valeurs correspondantes de l'angle d'incidence, de l'angle d'émergence et des angles de réfraction à l'intérieur du prisme.

**<u>Corrigé 1</u> :**

$\hat{A} = 60°$ ; n = 1,50 ; i = 30° :

**1°) a) L'angle d'émergence du rayon lumineux ;**



**D'après les formules du prisme :**

$\sin i = n\sin r (1)$
$\sin i' = n\sin r' (2)$
$\hat{A} = r + r' (3)$
$\hat{D} = i + i' - \hat{A} (4)$

(1) $\sin i = n\sin r \Rightarrow \boxed{r = \sin^{-1}\left(\frac{\sin i}{n}\right)}$

**A.N** : $r = \sin^{-1}\left(\frac{\sin 30°}{1,50}\right) = 19,47 \Rightarrow r = 19,47°$

(3) $\hat{A} = r + r' \Rightarrow \boxed{r' = \hat{A} - r}$

A.N : $r' = 60 - 19,47 = 40,53 \Rightarrow r' = 40,53°$

(2) $\sin i' = n\sin r'$

D'où : $\boxed{i' = \sin^{-1}(n\sin r')}$

A.N : $i' = \sin^{-1}(1,50 \times \sin 40,53°) \Rightarrow \boxed{i' = 77,10°}$

**b) L'angle de déviation que forme le rayon émergent avec le prolongement du rayon incident.**
La déviation du rayon incident est telle que :

$$\boxed{\hat{D} = i + i' - \hat{A}}$$

**A.N** : $\hat{D} = 30 + 77,10 - 60 = 40,10$

$$\boxed{\hat{D} = 40,10°}$$

**2°)** On utilise ce prisme au minimum de déviation.
**Je calcule l'angle de déviation minimale.**
Au minimum de déviation : $r = r' \Rightarrow i = i' = i_m$
Ainsi :

$\hat{A} = r + r' \Rightarrow \hat{A} = 2r \Rightarrow \boxed{r = \frac{\hat{A}}{2}}$





$A.N : r = \frac{60}{2} = 30 \Rightarrow \boxed{r = r' = 30°}$

D'après la *loi de SNELL – DESCARTES*, on a :

$\sin i_m = n\sin r \Rightarrow \boxed{i_m = \sin^{-1}\left(n\sin\frac{\hat{A}}{2}\right)}$

**A.N** : $i_m = \sin^{-1}\left(1,5 \times \sin\frac{60}{2}\right) = 48,6$

D'où : $\boxed{i_m = 48,6°}$

(4) $\hat{D} = i + i' - \hat{A}$
Avec $i = i' = i_m$
D'où : $\boxed{\hat{D}_m = 2i_m - \hat{A}}$

**A.N** : $\hat{D}_m = 2 \times 48,6 - 60 = 37,2$

$$\boxed{\hat{D}_m = 37,2°}$$

**<u>EXERCICE 2</u> :** Trace la marche du rayon lumineux jusqu'à la sortie du prisme d'indice $n = 1,50$ dans l'air dans les deux cas de figure :

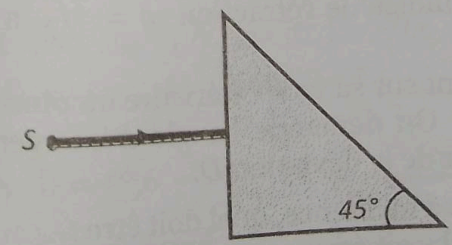



Figure 1

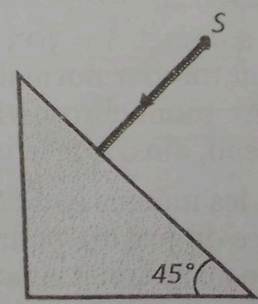



Figure 2

**Corrigé 2 :**

n = 1,50

**Je trace la marche du rayon lumineux jusqu'à la sortie.**

D'une part, un faisceau lumineux perpendiculaire à la surface séparant deux milieux transparents n'est pas dévié. D'autre part, le faisceau réfracté existe si l'angle d'incidence $i$ est inférieur à l'angle limite de réfraction λ tel que :

$$\lambda = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1,5}\right) \Rightarrow \lambda = 42°$$

Or le calcul de l'angle incidence sur la face de sortie au point I' donne $i = 45°$, $i > \lambda$ : il y a **réflexion totale**.

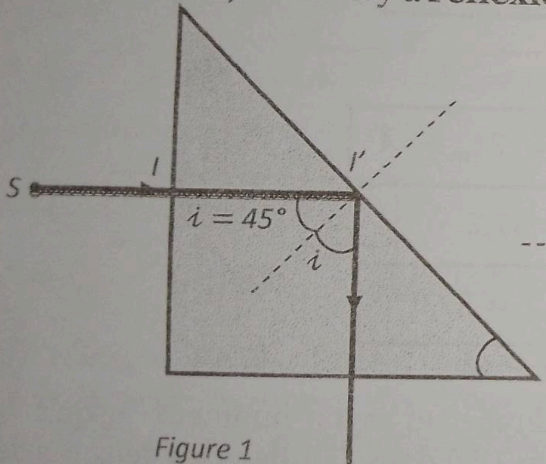



Figure 1

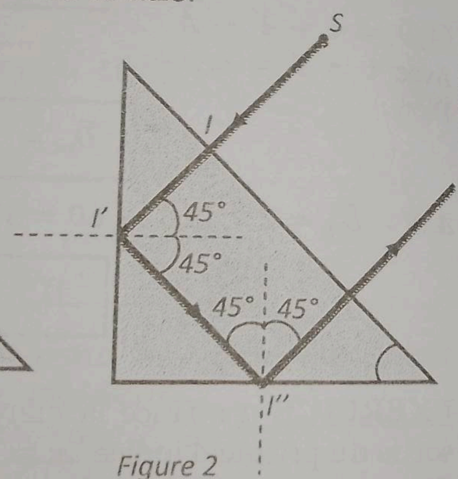



Figure 2

**EXERCICE 3** : Un prisme d'indice de réfraction $n = {}^3/_2$ a un angle au sommet $\hat{A} = 30°$.

**1°)** On fait tomber normalement sur sa face extérieure un pinceau lumineux monochromatique. On demande l'angle d'émergence du pinceau, ainsi que la valeur de la déviation $D$.

**2°)** Dans les mêmes conditions d'incidence, quel doit être :

**a)** L'indice du prisme pour qu'il y ait émergence rasante? $\hat{A} = 30°$.

**b)** L'angle au sommet Â pour qu'il y ait émergence rasante ? $n = {}^3/_2$.

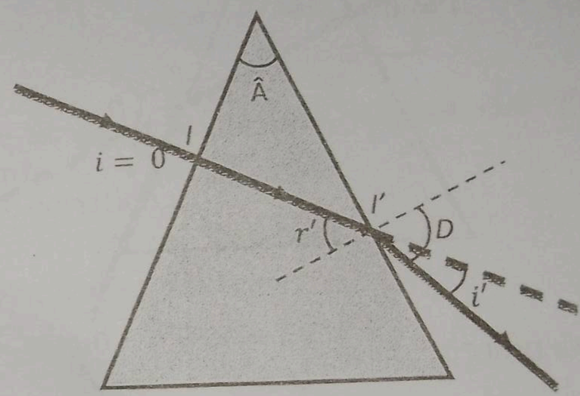


**3°)** Le prisme est utilisé au minimum de déviation. Calcule cette déviation minimale et l'incidence correspondante.

**Corrigé 3**

$n = {}^3/_2$ ; $\hat{A} = 30°$

**1°) Calcul de l'angle d'émergence et de la déviation.**




L'incidence étant normal, alors l'angle d'incidence i = 0.

D'après les formules de SNELL – DESCARTES on a :

- $\sin i = n\sin r$ ; $i = 0 \Rightarrow r = 0$.
- $\hat{A} = r + r'$ ; $r = 0 \Rightarrow r' = \hat{A}$.
- $\sin i' = n\sin r'$

$$\boxed{i' = \sin^{-1}(n\sin\hat{A})}$$

**A. N :** $i' = \sin^{-1}({}^3/_2 \sin 30°) = 48,6 \Rightarrow$ $\boxed{i' = 48,6°}$

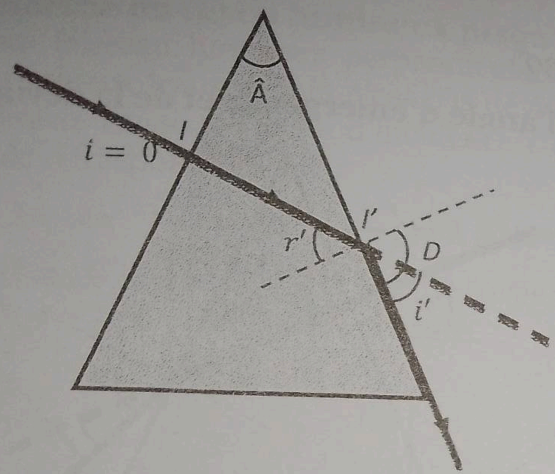
- $\hat{D} = i + i' - \hat{A}$ ; $i = 0$

D'où : $\boxed{\hat{D} = i' - \hat{A}}$

**A. N :** $\hat{D} = 48,6 - 30 = 18,6$

$$\boxed{\hat{D} = 18,6°}$$

**2°) a) Calcul de l'indice du prisme pour qu'il y ait émergence rasante.**




D'après ce qui précède on a : $\begin{cases} i = 0 \Rightarrow r = 0 \\ r = 0 \Rightarrow r' = \hat{A} \end{cases}$

Au point I' : $\sin i' = n\sin r'$

Pour une émergence rasante : $i' = 90°$.

Ainsi : $\sin 90° = n\sin\hat{A} \Rightarrow n\sin\hat{A} = 1$

D'où :

$$\boxed{n = \frac{1}{\sin\hat{A}}}$$

$A.N : n = \frac{1}{\sin 30°} = 2 \Rightarrow \boxed{n = 2}$

**b) Calcul de l'angle au sommet Â du prisme pour qu'il y ait émergence rasante.**

D'après ce qui précède on a : $\begin{cases} i = 0 \Rightarrow r = 0 \\ r = 0 \Rightarrow r' = \hat{A} \end{cases}$

Au point I' : $\sin i' = n\sin r'$

Pour une émergence rasante : $i' = 90°$





Ainsi : $\sin 90° = n\sin\hat{A} \Rightarrow n\sin\hat{A} = 1$

D'où :

$$\boxed{\hat{A} = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right)}$$

$A.N : \hat{A} = \sin^{-1}\left(\frac{1}{3/2}\right) = 41,8 \Rightarrow \boxed{\hat{A} = 42°}$

**3°) Calcul de la déviation minimale et de l'incidence correspondante.**

Au minimum de déviation :

$$r = r' \Rightarrow i = i' = i_m$$

D'après la loi de $DESCARTES$ : $\sin i = n\sin r$

$$\Rightarrow \sin i_m = n\sin r$$

Avec $r = \frac{\hat{A}}{2}$ et $i_m = \frac{\hat{D}_m + \hat{A}}{2}$

$$\Rightarrow \sin\left(\frac{\hat{D}_m + \hat{A}}{2}\right) = n\sin\frac{\hat{A}}{2} \Rightarrow \frac{\hat{D}_m + \hat{A}}{2} = \sin^{-1}\left(n\sin\frac{\hat{A}}{2}\right)$$

D'où :

$$\boxed{\hat{D}_m = 2\sin^{-1}\left(n\sin\frac{\hat{A}}{2}\right) - \hat{A}}$$

$A.N : \hat{D}_m = 2\sin^{-1}\left(1,5 \times \sin\frac{30°}{2}\right) - 30° \Rightarrow \boxed{\hat{D}_m = 15,69°}$

✓ $\hat{D} = i + i' - \hat{A} = 2i_m - \hat{A}$

D'où :

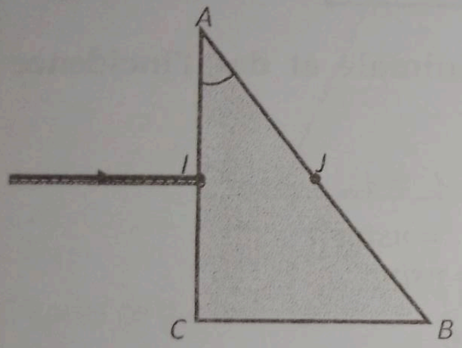
$$\boxed{i_m = \frac{\hat{D}_m + \hat{A}}{2}}$$

$A.N : i_m = \frac{15,69° + 30°}{2} = 22,85°$

$$\boxed{i_m = 22,8°}$$

**EXERCICE 4 :**

Un prisme est représenté dans le plan de figure par le triangle rectangle en $C$. La valeur de l'angle au sommet $\hat{A}$ est $30°$. Un rayon de lumière blanche arrive perpendiculairement en $I$ sur la face $AC$ du prisme. On note $J$ l'intersection du prolongement de ce rayon et la face $AB$. Le prisme est fait en verre de type flint, pour lequel l'indice vaut $1{,}673$ pour le violet et $1{,}609$ pour le rouge.




**1°)** Reproduis le schéma et trace le rayon lumineux rouge et le rayon lumineux violet dans le prisme.

**2°)** Détermine l'angle d'incidence $i$ de ces rayons quand ils rencontrent l'autre face du prisme.

**3°)** Calcule les angles de réfraction $r_V$ et $r_R$ des deux rayons.

**4°)** La déviation d'un rayon lors de la réfraction est définie par l'angle que fait le rayon réfracté avec le prolongement du rayon incident. Calcule la déviation du rayon rouge $D_R$ et celle du rayon violet $D_V$.

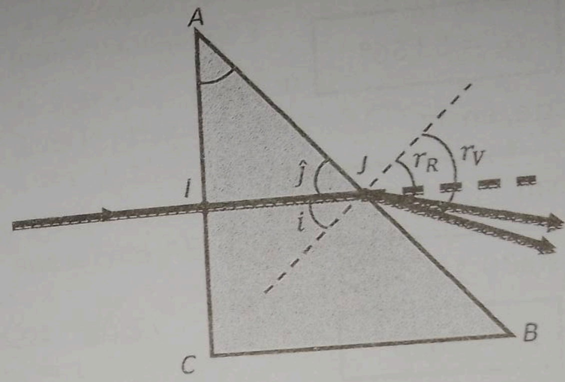
**Corrigé 4 :**

$\hat{A} = 30°$ ; $n_V = 1{,}673$; $n_R = 1{,}609$

**1°) Je reproduis le schéma et je trace le rayon lumineux rouge et le rayon lumineux violet dans le prisme.**








Le rayon incident qui arrive sur la face AC étant perpendiculaire au prisme, pénètre dans le prisme sans déviation, on observe une incidence normale. Les rayons rouges et violet atteignent donc la face AB au point J, dans le prolongement du rayon incident.

**2°) Je détermine l'angle d'incidence i de ces rayons quand ils rencontrent l'autre face du prisme.**

Dans le triangle AIJ rectangle en, I on a :

$\hat{A} + \hat{I} + \hat{\jmath} = 180° \Rightarrow \hat{\jmath} = 180 - \hat{A} - \hat{I}$

$\Rightarrow \hat{\jmath} = 180° - 30° - 90° \Rightarrow \hat{\jmath} = 60°$

Au point J : $\hat{\jmath} + i = 90° \Rightarrow i = 90° - \hat{\jmath}$

$\Rightarrow i = 90° - 60° \Rightarrow \boxed{i = 30°}$

**3°) Je calcule les angles de réfraction $r_V$ et $r_R$ des deux rayons.**

✓ Pour la radiation rouge, en J :

$n_v \sin i = \sin r_R \Rightarrow \boxed{r_R = \sin^{-1}(n_v \sin i)}$

**A.N :** $r_R = \sin^{-1}(1{,}609 \times \sin 30°) = 53{,}56$

$$\boxed{r_R = 53{,}56°}$$

✓ Pour la radiation violette, en J :

$n_v \sin i = \sin r_V \Rightarrow$ $\boxed{r_V = \sin^{-1}(n_v \sin i)}$

**A.N :** $r_V = \sin^{-1}(1{,}673 \times \sin 30°) = 56{,}77$

$$\boxed{r_V = 56{,}77°}$$

**4°) Je calcule la déviation du rayon rouge $D_R$ et celle du rayon violet $D_V$.**

✓ Pour la radiation rouge : $\boxed{D_R = r_R - i}$

A.N : $D_R = 53{,}56 - 30 \Rightarrow$ $\boxed{D_R = 23{,}56°}$

Pour la radiation violette : $\boxed{D_V = r_V - i}$

A.N : $D_V = 56{,}77 - 30 \Rightarrow$ $\boxed{D_V = 26{,}77°}$

**EXERCICE 5 :**

La lumière se propage dans l'air d'indice de réfraction $n_1 = 1$ et entre dans un prisme de verre, d'indice de réfraction $n_2 = 1{,}55$ dont la section droite est un triangle isocèle d'angle au sommet $\hat{A}$ égal à 45° et ayant pour base la longueur BC = 4cm.

**1°)** Dessine la section droite de ce prisme et la marche d'un rayon lumineux arrivant sur le côté AB avec un angle d'incidence de 60°.

**2°)** Pourquoi le rayon lumineux, au cours des deux réfractions qu'il subit, reste-t-il dans le plan de la section droite dessinée ?





**3°)** Pourquoi le prisme permet-il d'obtenir le spectre de la lumière incidente ?

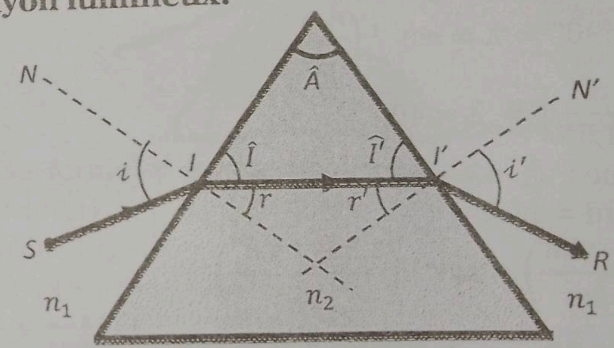
**4°)** Soit r et r′ les angles que fait le rayon incident lumineux, dans le prisme, avec les normales aux faces AB et AC. Montre que $A = r + r'$.

**5°)** Tout rayon lumineux (quel que soit l'angle d'incidence) arrivant sur le côté AB du prisme peut – il ressortir par le côté AC ?

**Corrigé 5 :**

$n_1 = 1$ ; $n_2 = 1{,}55$ ; $\hat{A} = 45°$ ; BC = 4cm ;
$i = 60°$.

**1°) Je dessine la section droite de ce prisme et la marche d'un rayon lumineux.**




**2°)** Le rayon incident et la normale au point d'incidence sur le côté AB sont dans le plan de section droite du prisme, qui donc le plan d'incidence. D'après la première loi de la réfraction, le rayon incident, la normale et le rayon réfracté sont dans le même plan. Il en est de même pour la réfraction sur le côté AC.

**3°)** Le prisme permet d'obtenir le spectre de la lumière incidente parce que, l'indice de réfraction dépend de la fréquence de la radiation lumineuse, donc l'angle de réfraction est légèrement différent pour chaque radiation, et cela devient plus observable après la deuxième réfraction.

**4°) Je montre que** $A = r + r'$.

Considérons le triangle AI I' on a :

$\hat{A} + \hat{I} + \hat{I'} = 180°$

$$\text{Or}\begin{cases} \hat{I} + r = 90° \Rightarrow \hat{I} = 90° - r \\ \hat{I'} + r' = 90° \Rightarrow \hat{I'} = 90° - r' \end{cases}$$

Ainsi on a : $\hat{A} + 90° - r + 90° - r' = 180°$

D'où :

$$\boxed{\hat{A} = r + r'}$$

**5°) Vérifions si tout rayon lumineux arrivant sur le côté AB du prisme peut ressortir par le côté AC.**

Pour que la lumière puisse sortir par la face AC, il faut que : $r' \leq \lambda$, soit $r \geq \hat{A} - \lambda$

D'après la deuxième de DESCARTES

$n_2 \sin\lambda = n_1 \sin 90° \Rightarrow \lambda = \sin^{-1}\left(\frac{n_1}{n_2}\right)$

$\Rightarrow \lambda = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1{,}55}\right) \Rightarrow \lambda = 40{,}2°$

Il faut donc que $r \geq 45 - 40{,}2$, soitr $\geq 4{,}8°$

D'après : $n_1 \sin i = n_2 \sin r$

$\Rightarrow i = \sin^{-1}\left(\frac{n_2 \sin r}{n_1}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1{,}55 \sin 4{,}8°}{1}\right)$

D'où :

$$\boxed{i \geq 7{,}5°}$$

**Conclusion :**

Pour que la lumière puisse sortir par le côté AC du prisme, il faut que l'angle d'incidence soit supérieur à 7,5°.

**EXERCICE 6 :**

On considère un prisme de verre d'angle au sommet $\hat{A} = 60°$ et d'indice de réfraction $n = 1{,}5$. Il reçoit un rayon lumineux sous une incidence $i = 35°$.





**1°)** Calcule les angles de réfraction **r** et **r'** sur la seconde face du prisme.

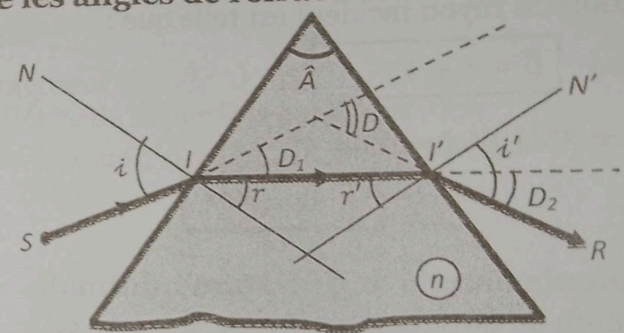
**2°)** Déduis-en les valeurs des angles d'émergence **r'** et de déviation D.

**3°)** Calcule l'angle de déviation minimale de ce prisme.

**Corrigé 6 :**

$\hat{A} = 60°$ ; $n = 1{,}50$ ; $i = 35°$ :

**1°) Je calcule les angles de réfractionretr'.**




D'après les formules du prisme :

$\sin i = n \sin r (1)$

$\sin i' = n \sin r' (2)$

$\hat{A} = r + r' (3)$

$\hat{D} = i + i' - \hat{A} (4)$

(1) $\sin i = n \sin r \Rightarrow \boxed{r = \sin^{-1}\left(\frac{\sin i}{n}\right)}$

**A.N** : $r = \sin^{-1}\left(\frac{\sin 35°}{1{,}5}\right) = 22{,}48°$

$$\boxed{r = 22{,}48°}$$

(3) $\hat{A} = r + r' \Rightarrow \boxed{r' = \hat{A} - r}$

A.N : $r' = 60 - 22{,}48° = 37{,}52$

$$\boxed{r' = 37{,}52°}$$

**2°) Je déduis les valeurs des angles d'émergence r′ et de déviation D.**

(2) $\sin i' = n\sin r'$

D'où : $\boxed{i' = \sin^{-1}(n\sin r')}$

**A.N :** $i' = \sin^{-1}(1,50 \times \sin 37,52°)$

$$\boxed{i' = 66,0°}$$

La déviation du rayon incident est telle que :

(4) $\boxed{\widehat{D} = i + i' - \widehat{A}}$

**A.N :** $\widehat{D} = 35 + 66,0 - 60 = 41$

$$\boxed{\widehat{D} = 41°}$$

**2°) Je calcule l'angle de déviation minimale.**

Au minimum de déviation : $r = r' \Rightarrow i = i' = i_m$

D'après la relation (1) : $\sin i = n\sin r$

$$\Rightarrow \sin i_m = n\sin r$$

Avecr $= \frac{\widehat{A}}{2}$ et $i_m = \frac{\widehat{D}_m + \widehat{A}}{2}$

$$\Rightarrow \sin\left(\frac{\widehat{D}_m + \widehat{A}}{2}\right) = n\sin\frac{\widehat{A}}{2} \Rightarrow \frac{\widehat{D}_m + \widehat{A}}{2} = \sin^{-1}\left(n\sin\frac{\widehat{A}}{2}\right)$$

D'où :

$$\boxed{\widehat{D}_m = 2\sin^{-1}\left(n\sin\frac{\widehat{A}}{2}\right) - \widehat{A}}$$

**A.N :** $\widehat{D}_m = 2\sin^{-1}\left(1,5 \times \sin\frac{60°}{2}\right) - 60°$

$$\boxed{\widehat{D}_m = 37,18°}$$





**EXERCICE 7 :**

Un prisme d'angle au sommet $\hat{A}$ est éclairé par une source lumineuse monochromatique de longueur d'onde λ. L'expérience est réalisée de sorte que la déviation soit minimale. Dans ce cas $i = i'$et $r = r'$.

**1°)** Montre qu'au minimum de déviation $\hat{A} = 2r$et $\widehat{D}_m = 2i_m - \hat{A}$.

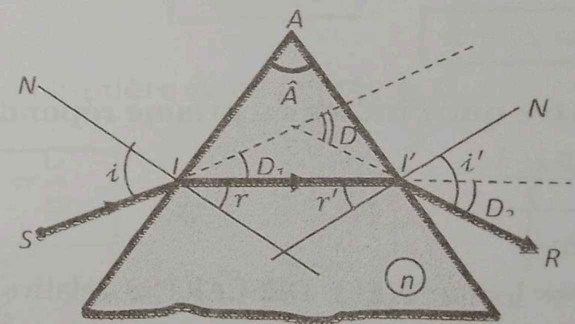
**2°)** Montre que l'indice du prisme répond à la relation :

$$n = \frac{\sin\frac{\widehat{D}_m + \hat{A}}{2}}{\sin\frac{\hat{A}}{2}}$$

**3°)** Pour la longueur d'onde λ, calcule l'indice de réfraction du prisme et la célérité de la lumière dans le prisme.

**Données :** $\lambda = 0,66\mu m$ ; $\hat{A} = 55°$; $\widehat{D}_m = 29,78°$; $C = 3.10^8 m/s$.

**Corrigé 7 :**




**1°)** Je montre qu'au minimum de déviation $\hat{A} = 2r$ et $\widehat{D}_m = 2i_m - \hat{A}$.

✓ Considérons le triangle AI I' on a :

$\widehat{A} + \hat{I} + \widehat{I'} = \pi$

$$\text{Or} \begin{cases} \hat{I} + r = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \hat{I} = \frac{\pi}{2} - r \\ \widehat{I'} + r' = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \widehat{I'} = \frac{\pi}{2} - r' \end{cases}$$

Ainsi on a : $\widehat{A} + \frac{\pi}{2} - r + \frac{\pi}{2} - r' = \pi$

$$\Rightarrow \widehat{A} = r + r'$$

Au minimum de déviation : $r = r'$

Ainsi : $\widehat{A} = r + r$

D'où :

$$\boxed{\widehat{A} = 2r}$$

✓ Déviation : $\widehat{D} = \widehat{D_1} + \widehat{D_2}$

Or $\begin{cases} \widehat{D_1} + r = i \Rightarrow \widehat{D_1} = i - r \\ \widehat{D_2} + r' = i' \Rightarrow \widehat{D_2} = i' - r' \end{cases}$

Alors :

$\widehat{D} = i - r + i' - r'$

$\widehat{D} = i + i' - (r + r')$

$\Rightarrow \widehat{D} = i + i' - \widehat{A}$ (d)

Au minimum de déviation : $r = r' \Rightarrow i = i'$

D'où :

$$\boxed{\widehat{D}_m = 2i - \widehat{A}}$$

**2°) Je montre que l'indice du prisme répond à la relation:**

$$n = \frac{\sin\frac{\widehat{D}_m + \widehat{A}}{2}}{\sin\frac{\widehat{A}}{2}}$$

D'après la 2ème loi de SNELL-DESCARTES relative à la réfraction, on a : $\sin i = n\sin r$

Or $\widehat{D}_m = 2i - \widehat{A} \Rightarrow i_m = \frac{\widehat{D}_m + \widehat{A}}{2}$

$\widehat{A} = 2r \Rightarrow r = \frac{\widehat{A}}{2}$

Ainsi : $\sin\left(\frac{\widehat{D}_m + \widehat{A}}{2}\right) = n\sin\frac{\widehat{A}}{2}$

D'où :

$$\boxed{n = \frac{\sin\frac{\widehat{D}_m + \widehat{A}}{2}}{\sin\frac{\widehat{A}}{2}}}$$





**3°)** $\lambda = 0{,}66\mu m$ ; $\widehat{A} = 55°$ ; $\widehat{D}_m = 29{,}78°$ ; $C = 3.10^8 m/s$.

**Je calcule l'indice de réfraction du prisme et la célérité de la lumière dans le prisme.**

**✓ indice de réfraction du prisme.**

$$\boxed{n = \frac{\sin\frac{\widehat{D}_m + \widehat{A}}{2}}{\sin\frac{\widehat{A}}{2}}}$$

A.N : $n = \frac{\sin\frac{29{,}78+55}{2}}{\sin\frac{55}{2}} = 1{,}46$

$$\boxed{n = 1{,}46}$$

**✓ célérité de la lumière dans le prisme.**

Par définition :

$n = \frac{C}{V} \Rightarrow \boxed{V = \frac{C}{n}}$

A.N : $V = \frac{3.10^8}{1{,}46} = 2{,}05.10^8$

$$\boxed{V = 2{,}05.10^8 m/s}$$

**EXERCICE 8 :**

**1°)** L'indice du verre d'un prisme est $\sqrt{2}$. Calcule pour ce verre la valeur de l'angle limite de réfraction.

**2°)** L'angle $\widehat{A}$ du prisme est tel que les rayons qui tombent sur la première face sous une incidence de 45° (angle positif), commencent à subir la réflexion totale sur la deuxième face. Calcule la valeur de l'angle $\widehat{A}$.

**3°)** Si l'angle d'incidence diminue, y a-t-il encore réflexion totale ?

**Corrigé 8:**

$n = \sqrt{2}$.

**1°) Je calcule pour ce verre la valeur de l'angle limite de réfraction.**

L'angle limite de réfraction est donné par la relation :

$\sin\lambda = \frac{1}{n} \Rightarrow$ $\boxed{\lambda = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right)}$

**A. N :** $\lambda = \sin^{-1}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) \Rightarrow$ $\boxed{\lambda = 45°}$

**2°)**= 45° .

**Je calcule la valeur de l'angle$\widehat{A}$.**

Il y a réflexion totale sur la deuxième face pour un angle de réfraction $r' > \lambda = 45°$.

Pour $r' = \lambda = 45°$, on observe une émergence rasante.

D'après la loi de DESCARTES :

$\sin i = n\sin r \Rightarrow$ $\boxed{r = \sin^{-1}\left(\frac{\sin i}{n}\right)}$

**A. N :** $r = \sin^{-1}\left(\frac{\sin 45°}{\sqrt{2}}\right) \Rightarrow r = 30°$

L'angle au sommet est alors : $\boxed{\widehat{A} = r + r'}$

**A. N :** $\widehat{A} = 30° + 45° \Rightarrow$ $\boxed{\widehat{A} = 75°}$

**3°) Je vérifie si l'angle d'incidence diminue, il y a encore réflexion totale.**

D'après la loi de DESCARTES :

$\sin i = n\sin r$ : si $i$ diminue, r diminue aussi. Comme la somme $\widehat{A} = r + r'$ est constante, si r diminue, $r'$ augmentera et sera plus grand que $\lambda$ : **il y a donc réflexion totale** sur la deuxième face.





**EXERCICE 9 :**

La section d'un prisme en verre d'indice $\sqrt{2}$ est un triangle équilatéral ABC. Sur la face AB tombent :

**1°)** Un rayon SI faisant avec BI un angle de 45°.

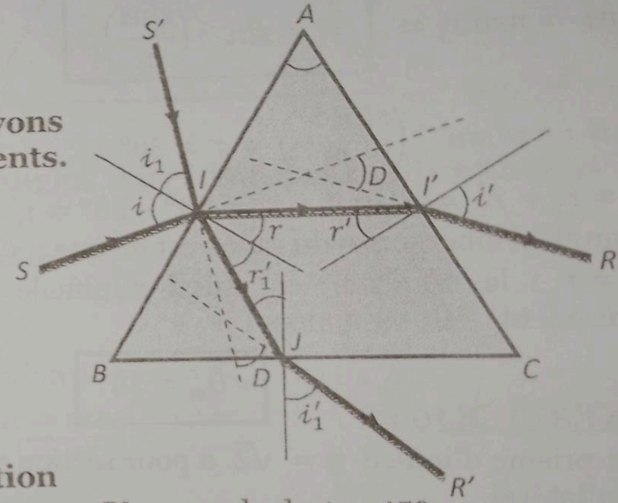
**2°)** Un rayon S'I faisant avec BI un angle de 135°.

Construis les rayons réfractés et émergents et, dans chacun des deux cas, calcule la déviation.

**Corrigé 9 :**

$n = \sqrt{2}$.

**Je construis les rayons réfractés et émergents.**




**Je calcule la déviation**

**1°)** Le rayon SI faisant avec BI un angle de $i = 45°$.

D'après la loi de DESCARTES :

$\sin i = n\sin r \Rightarrow \quad r = \sin^{-1}\left(\frac{\sin i}{n}\right)$

**A. N :** $r = \sin^{-1}\left(\frac{\sin 45°}{\sqrt{2}}\right) \Rightarrow r = 30°$

$\hat{A} = r + r' \Rightarrow r' = \hat{A} - r = 60° - 30° \Rightarrow r' = 30°$

$r' = r$ : la déviation est minimale.

D'après les formules du prisme :

$$\widehat{D}_m = i + i' - \hat{A} \Rightarrow \boxed{\widehat{D}_m = 2i - \hat{A}}$$

**A. N :** $\widehat{D} = 2 \times 45° - 60° \Rightarrow$ $\boxed{\widehat{D}_m = 30°}$

**2°)** Le deuxième rayon $S'I$ se comporte comme s'il pénétrait dans le prisme d'angle au sommet $\hat{B} = 60°$ et d'indice $n = \sqrt{2}$ : faisant avec $BI$ un angle de $135°$.
L'angle d'incidence $i_1$ est tel que :

$90° + i_1 = 135° \Rightarrow i_1 = 45°$ .

D'après la loi de DESCARTES :

$sin i = n sin r_1 \Rightarrow \boxed{r_1 = sin^{-1}\left(\frac{sin i}{n}\right)}$

$A.N : r = sin^{-1}\left(\frac{sin45°}{\sqrt{2}}\right) \Rightarrow r = 30°$

$\hat{A} = r_1 + r_1' \Rightarrow r_1' = \hat{A} - r_1 = 60° - 30° \Rightarrow r_1' = 30°$

L'angle d'émergence du rayon est tel que : $i_1' = i_1 = 45°$

$r_1' = r_1$ : la déviation est aussi minimale comme dans le cas précédent. Elle vaut alors :

$$\boxed{\hat{D}_m = 30°}$$

**EXERCICE 10 :**

Un prisme d'indice $n = \sqrt{2}$ a pour section principale un triangle équilatéral.

**1°)** Il est au minimum de déviation pour un certain angle d'incidence. Calcule les angles d'incidence, de réfraction et la déviation minimale.

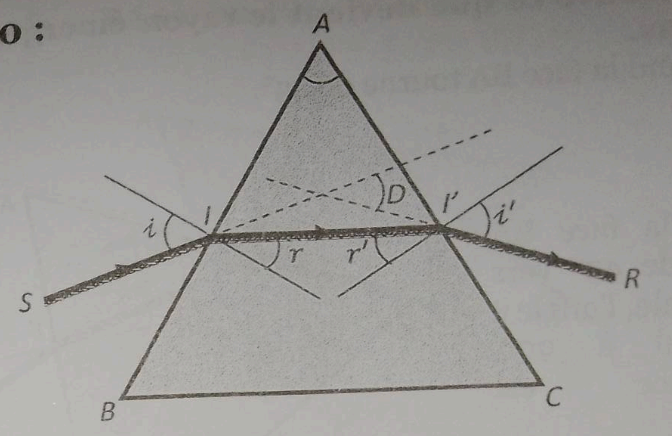
**2°)** On fait tourner le prisme sans toucher au rayon incident et successivement dans les deux sens de $45°$. Trouve ce que devient le rayon émergent dans les deux cas.





**Corrigé 10 :**

$n = \sqrt{2}$.




**1°) Je Calcule les angles d'incidence, de réfraction et la déviation minimale.**

✓ **Angle de réfraction.**

En I : $\sin i = n\sin r (1)$

En I' : $\sin i' = n\sin r' (2)$

Au minimum de déviation : $i = i' = i_m$

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

Or $\hat{A} = r + r' = 2r \Rightarrow \boxed{r = \frac{\hat{A}}{2}}$

A. N : $r = \frac{60°}{2} \Rightarrow \boxed{r = 30°}$

✓ **Angle d'incidence.**

(1) $\sin i = n\sin r \Rightarrow i = \sin^{-1}(n\sin r)$

A. N: $i = \sin^{-1}(\sqrt{2}\sin 30°) \Rightarrow \boxed{i = 45°}$

✓ **Angle de déviation.**

D'après les formules du prisme :

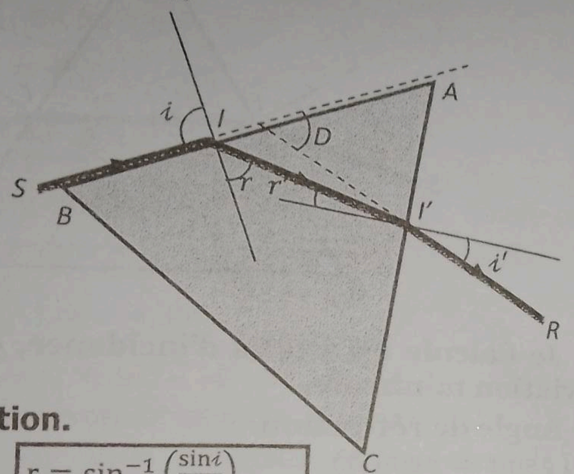
$$\hat{D}_m = i + i' - \hat{A} \Rightarrow \boxed{\hat{D}_m = 2i_m - \hat{A}}$$

**A. N** : $\hat{D} = 2 \times 45° - 60° \Rightarrow \boxed{\hat{D}_m = 30°}$

**2°) Je trouve ce que devient le rayon émergent dans les deux cas.**

a) Quand la face BA tourne de 45°.

Quand la face BA tourne de 45° vers la normale, l'angle $i$ est égal à 90°, l'incidence est rasante.




✓ **Angle de réfraction.**

En I : $\sin i = n\sin r \Rightarrow$ $\boxed{r = \sin^{-1}\left(\frac{\sin i}{n}\right)}$

**A. N:** $r = \sin^{-1}\left(\frac{\sin 90°}{\sqrt{2}}\right) \Rightarrow$ $\boxed{r = 45°}$

✓ **Angle de déviation.**

D'après les formules du prisme :

$\widehat{A} = r + r' \Rightarrow r' = \widehat{A} - r = 60° - 45°$

$\boxed{r' = 15°}$

En I' : $\sin i' = n\sin r' \Rightarrow \quad r' = \sin^{-1}(n\sin r')$

**A. N** : $i' = \sin^{-1}(\sqrt{2}\sin 15°) \Rightarrow$ $\boxed{i' = 21{,}47°}$

La déviation du rayon incident est alors :

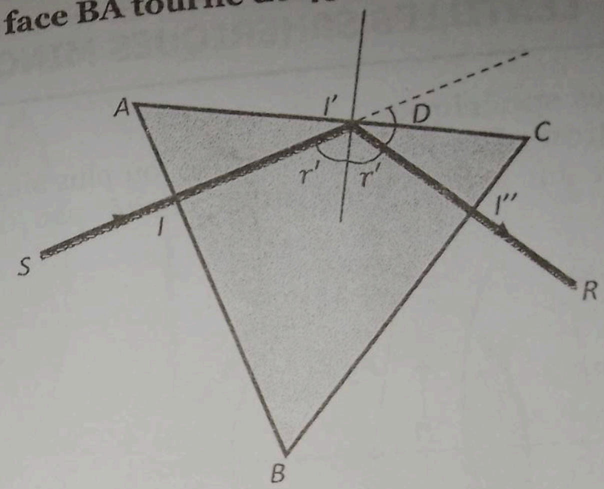
$\widehat{D} = i + i' - \widehat{A} \Rightarrow \quad \widehat{D} = 90° + 21{,}47 - 60°$

$\boxed{\widehat{D} = 51{,}47°}$





**b) Quand la face BA tourne de 45° dans l'autre sens.**




Si la face $BA$ tourne de 45° dans l'autre sens, le rayon incident est normal : $i = 0$et $r = 0$. Alors le rayon $SI$ prolongé peut rencontrer la face $AC$. Dans ce cas, l'angle $r' = \hat{A} = 60°$.

Sachant que : $\sin\lambda = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \lambda = 45°$

En remarque que : $r' > \lambda$ ; il y a ***réflexion totale*** en I'. Après réflexion en I', le rayon $I'E$ rencontre la face BC avec une incidence normale. L'angle d'émergence est nul.

La déviation est telle que :

$\widehat{D} + 2r' = 180° \Rightarrow$ $\boxed{\widehat{D} = 180° - 2r'}$

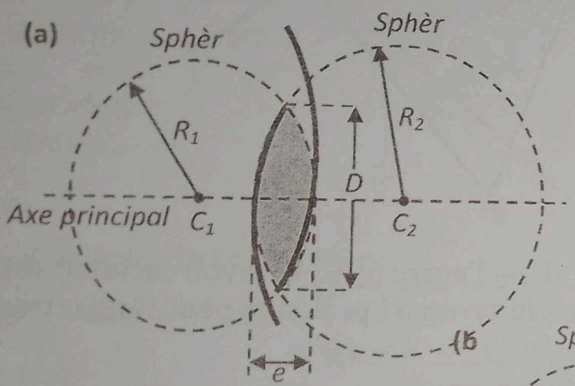
*A. N* : $\widehat{D} = 180° - 2 \times 60° = 60°$

$\boxed{\widehat{D} = 60°}$

# LENTILLES SPHERIQUES MINCE

## 1. Lentilles sphériques.

**a. Définition :** Une lentille sphérique, ou plus simplement, une lentille est un milieu transparent limité par deux dioptres sphériques.



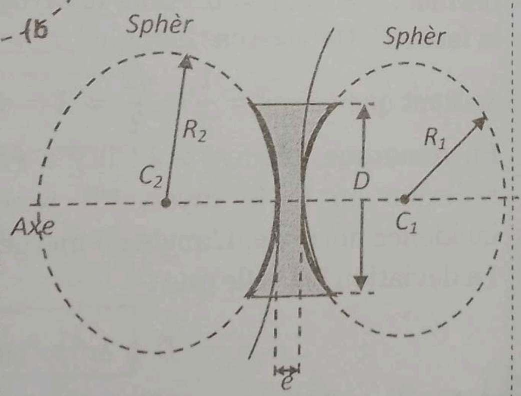




**Figure 1.**

- Les rayons $R_1$ et $R_2$ des sphères qui constituent les faces de la lentille sont les rayons de courbure.
- La droite $C_1C_2$ qui passe par les centres de ces sphères est l'axe principal.

**b. Classification.**

Suivant la forme des bords des lentilles, on distingue :

**a)** Les lentilles à bords minces ou lentilles convergentes : comprenant trois types, tels que représentés par la figure 2a.





**b)** Les lentilles à bords épais ou lentilles divergentes : comprenant également trois types (voir figure 2.b).

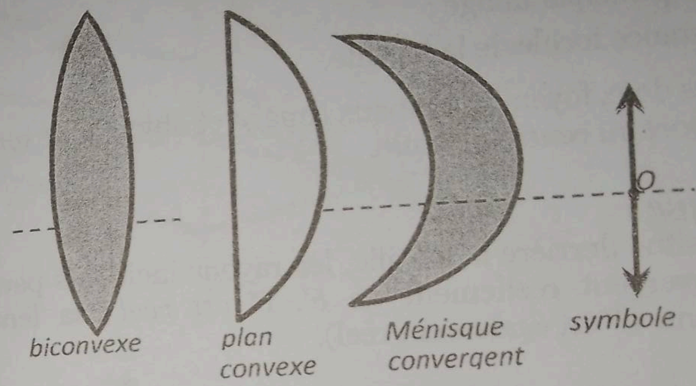



*Figure 2.a.*

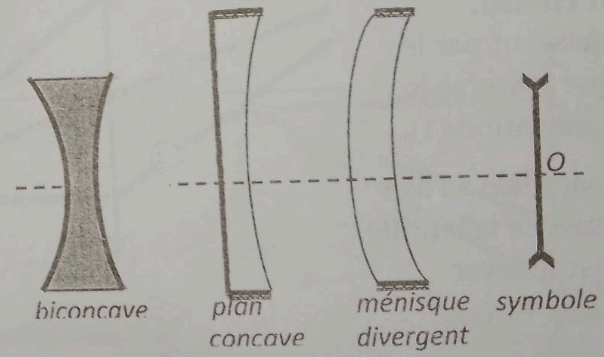



*Figure 2.b*

**Lentilles convergentes.**

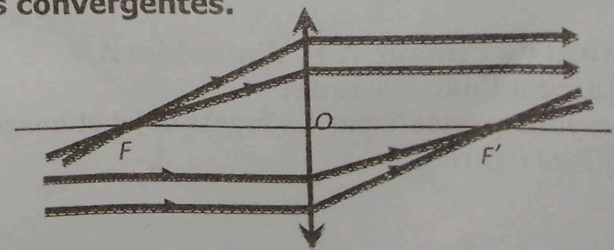



*Figure 3.*

**O** : est le centre optique de la lentille. C'est le seul point de la lentille qui se laisse traverser par la lumière sans déviation.
$F$ : Foyer principal objet ;
$F'$ : Foyer principal image ;
$\overline{OF'}$ : Distance focale de la lentille.

**<u>N.B</u> :** Les deux foyers principaux (image et objet) *sont symétriques par rapport au centre optique.*

**<u>Remarque</u> :**
Si $F'$ est situé derrière la lentille, les rayons incidents parallèles à l'axe convergent réellement en $F'$. *$F'$ est réel ;* la lentille est *convergente* ($F$ est également réel).

### 2.1. Construction d'images.

#### a. Marche du rayon.

- Tout rayon passant par le centre optique traverse la lentille sans déviation (1).
- Tout rayon parallèle à l'axe optique émerge de la lentille en passant par le foyer principal image F' (2).

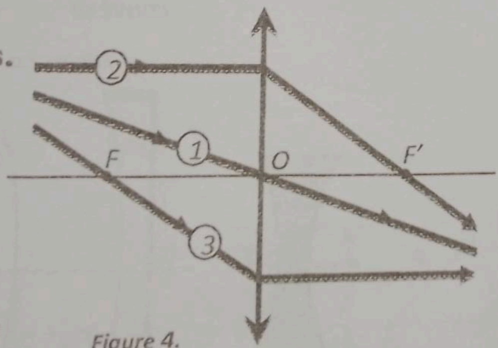


Figure 4.

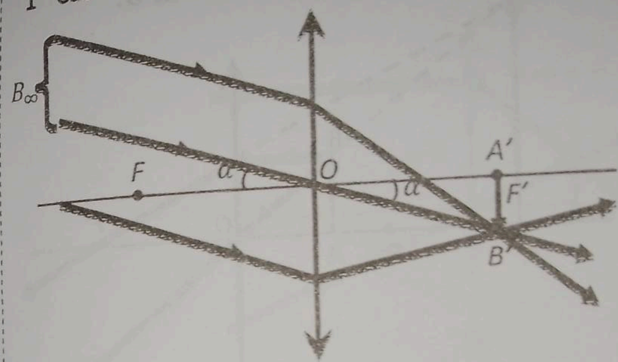
- Tout rayon passant par le foyer principal objet F, émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique (3). (voir figure 4 ci – dessous).

#### b. Construction de l'image A'B' d'un objet AB perpendiculaire à l'axe optique.

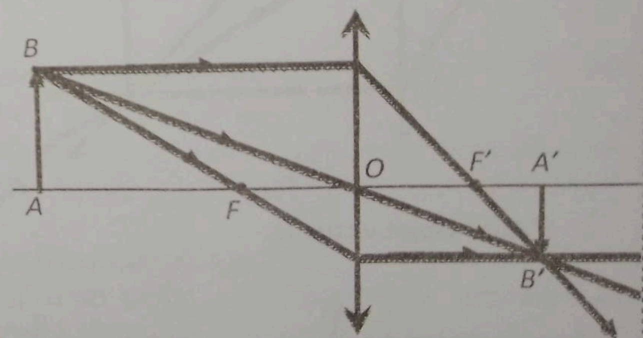
On utilise les rayons passants par les foyers objet et image $F$, $F'$ et le centre optique $O$ figure 5.



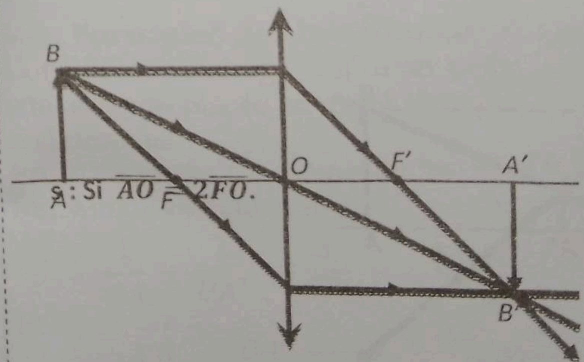
**1er Cas : Objet réel situé à l'infini.**




**2e Cas : Si $\overline{AO} > 2\overline{FO}$.**

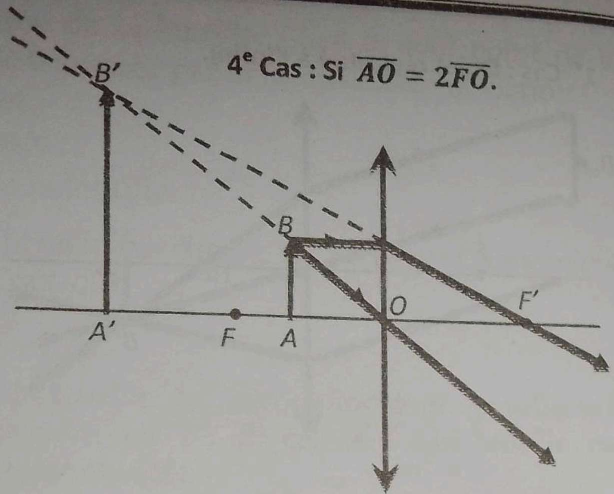



3e Cas

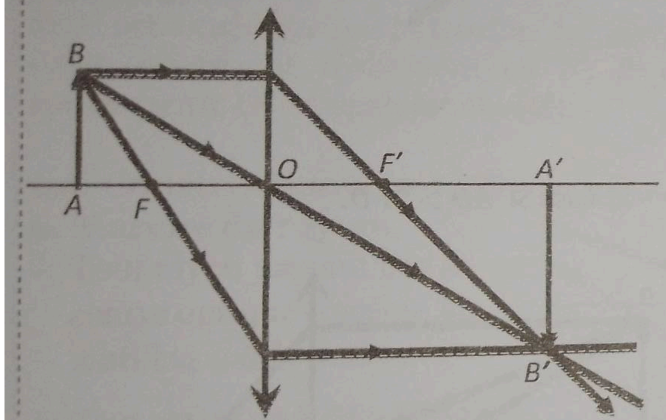


Si $\overline{AO} = 2\overline{FO}$.

4e Cas : Si $\overline{AO} = 2\overline{FO}$.

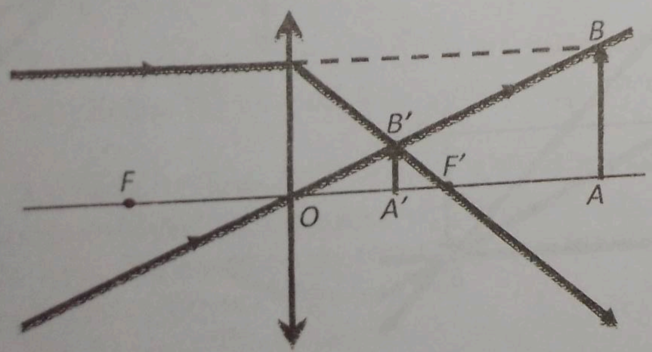



5e Cas : Si $\overline{AO} <$




*Figure*

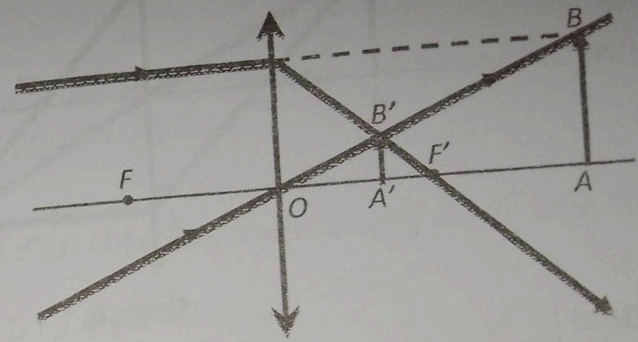
6e Cas : Objet virtuelle.








6e Cas : Objet virtuelle.




**2.2. Objet (ou image) réel ou virtuel.**

- Si tous les rayons issus d'un point A (objet) passent après réfraction sur la lentille, par un même point A', on dit que A' est l'image de A.
- Si A (ou A') est réellement sur le trajet des rayons, on dira que A est un objet réel (ou A' est une image réelle).
- Si A (ou A') est sur le prolongement du trajet des rayons, on dira que A est un objet virtuel (ou A' est une image virtuelle).

**2.3. Formules des lentilles convergentes.**

Considérons l'image A'B' d'un objet AB donnée par une lentille convergente placée en avant de celui-ci, comme l'indique la figure 6 ci-dessous.
En utilisant le théorème de THALES, on établit deux relations fondamentales suivantes :

$$\frac{1}{OA} + \frac{1}{OA'} = \frac{1}{OF'}$$

Et

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$$

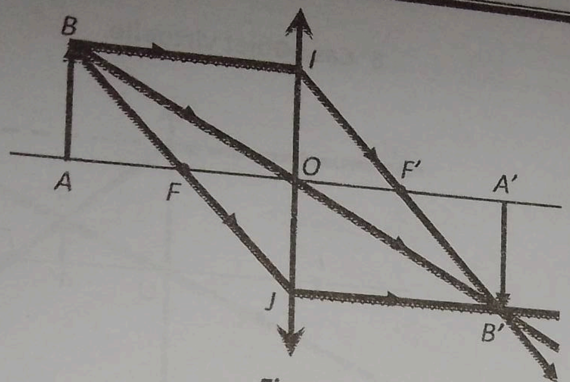



Figure 6.

**Remarques :**

- On oriente l'axe optique dans le sens de parcours de la lumière (figure 7).
- On prend $\overline{AB}$ et $\overline{A'B'}$ positifs vers le haut.

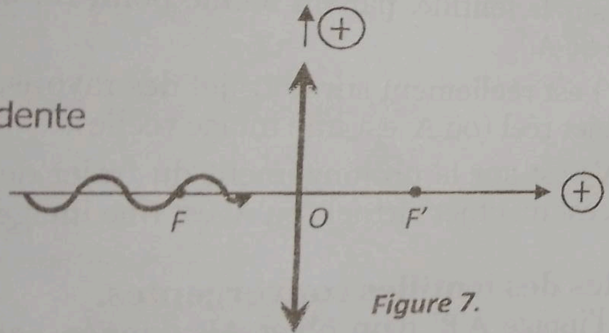



Figure 7.

Nous désignons par :

$p$ : le segment $\overline{OA}(< 0)$, position de l'objet ;

$p'$ : le segment $\overline{OA'}(> 0)$, position de l'image ;

$f$ : le segment $\overline{OF'}(> 0)$, distance focale de la lentille ;

$\sigma$ : le segment $\overline{AB}$, taille de l'objet ;

$i$ : le segment $\overline{A'B'}$, taille de l'image.

Les formules deviennent :

$$-\frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OF'}} \quad ou \quad \boxed{-\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}}$$



C'est la formule de position encore appelée relation de conjugaison ou formule de DESCARTES.

$$et \qquad \frac{i}{\sigma} = \frac{p'}{p} = \gamma$$

C'est la formule de grandissement qui donne la grandeur de l'image par rapport à l'objet.

**Remarque :**

**R₁ :** La nature d'un objet (ou d'une image) est donnée en fonction de sa position :

- Si $\begin{cases} \overline{OA} > 0 : \text{l'objet est virtuel} \\ \overline{OA} < 0 : \text{l'objet est réel} \end{cases}$
- Si $\begin{cases} \overline{OA'} > 0 : \text{l'image est réelle} \\ \overline{OA'} < 0 : \text{l'image est virtuelle} \end{cases}$

**R₂** : Pour un objet droit ($\sigma > 0$) :

- Si $\gamma < 0 \Rightarrow i < 0$ ; l'image est renversée par rapport à l'objet.
- Si $\gamma > 0 \Rightarrow i > 0$ ; l'image est droite par rapport à l'objet.

**R₃** : $\gamma$ renseigne sur la grandeur de l'image par rapport à l'objet :

- Si $|\gamma| < 1$ ; l'image est plus petite que l'objet ;
- Si $|\gamma| > 1$ ; l'image est plus grande que l'objet ;

## 3. Lentilles divergentes.

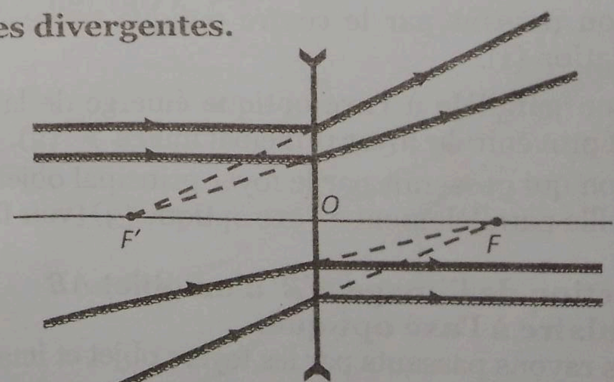



Figure 8.

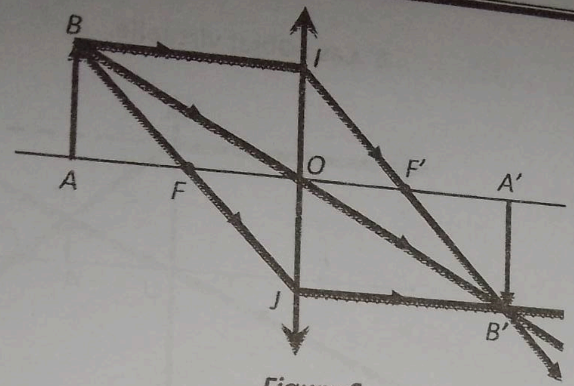



Figure 6.

**Remarques :**

❖ On oriente l'axe optique dans le sens de parcours de la lumière (figure 7).

❖ On prend $\overline{AB}$ et $\overline{A'B'}$ positifs vers le haut.

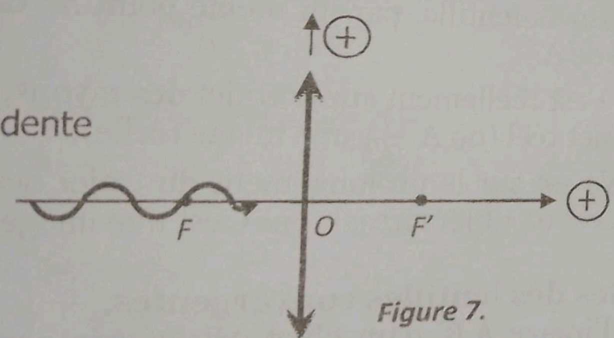



Figure 7.

Nous désignons par :

$p$ : le segment $\overline{OA}(< 0)$, position de l'objet ;

$p'$ : le segment $\overline{OA'}(> 0)$, position de l'image ;

$f$ : le segment $\overline{OF'}(> 0)$, distance focale de la lentille ;

$\sigma$ : le segment $\overline{AB}$, taille de l'objet ;

$i$ : le segment $\overline{A'B'}$, taille de l'image.

Les formules deviennent :

$$-\frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OF'}} \quad ou \quad \boxed{-\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}}$$





C'est la formule de position encore appelée relation de conjugaison ou formule de DESCARTES.

$$et \qquad \frac{i}{\sigma} = \frac{p'}{p} = \gamma$$

C'est la formule de grandissement qui donne la grandeur de l'image par rapport à l'objet.

**Remarque :**

**R₁ :** La nature d'un objet (ou d'une image) est donnée en fonction de sa position :

❖ Si $\begin{cases} \overline{OA} > 0 : \text{l'objet est virtuel} \\ \overline{OA} < 0 : \text{l'objet est réel} \end{cases}$

❖ Si $\begin{cases} \overline{OA'} > 0 : \text{l'image est réelle} \\ \overline{OA'} < 0 : \text{l'image est virtuelle} \end{cases}$

**$R_2$** : Pour un objet droit ($\sigma > 0$) :

❖ Si $\gamma < 0 \Rightarrow i < 0$ ; l'image est renversée par rapport à l'objet.

❖ Si $\gamma > 0 \Rightarrow i > 0$ ; l'image est droite par rapport à l'objet.

**$R_3$** : $\gamma$ renseigne sur la grandeur de l'image par rapport à l'objet :

❖ Si $|\gamma| < 1$ ; l'image est plus petite que l'objet ;

❖ Si $|\gamma| > 1$ ; l'image est plus grande que l'objet ;

## 3. Lentilles divergentes.

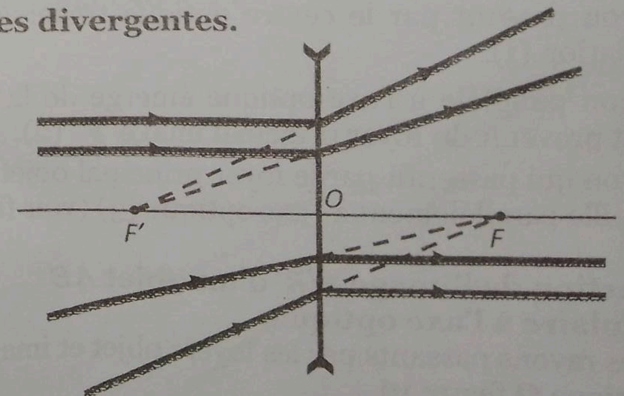



Figure 8.

***O*** **: est le centre optique de la lentille. C'est le seul point de la lentille qui se laisse traverser par la lumière sans déviation.**
***F*** **: Foyer principal objet ;**
***F'*** **: Foyer principal image ;**
$\overline{OF'}$ : Distance focale de la lentille.

***N.B :***
Les deux foyers principaux (image et objet) *sont symétriques par rapport au centre optique.*

### 3.1. Construction d'images.
#### a. Marche du rayon.

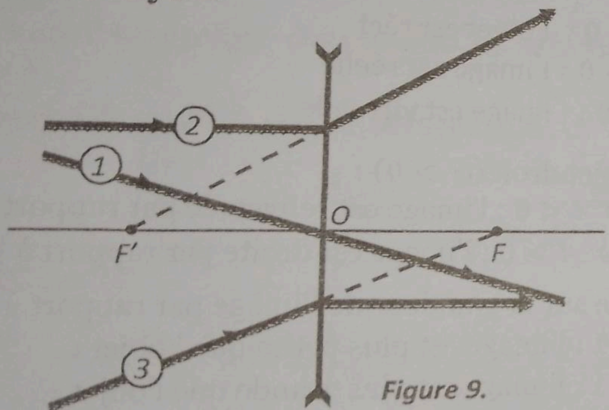


*Figure 9.*

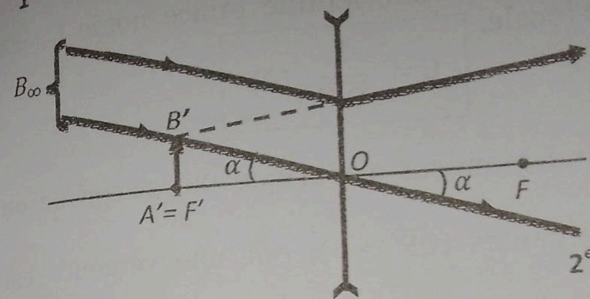
- Tout rayon passant par le centre optique traverse la lentille sans déviation (1).
- Tout rayon parallèle à l'axe optique émerge de la lentille en semblant provenir du foyer principal image F' (2).
- Tout rayon qui passerait par le foyer principal objet F, émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique (3) (voir figure 9).

#### b. Construction de l'image *A'B'* d'un objet *AB* perpendiculaire à l'axe optique.
On utilise les rayons passants par les foyers objet et image ***F, F'*** et le centre optique ***O*** figure 10.

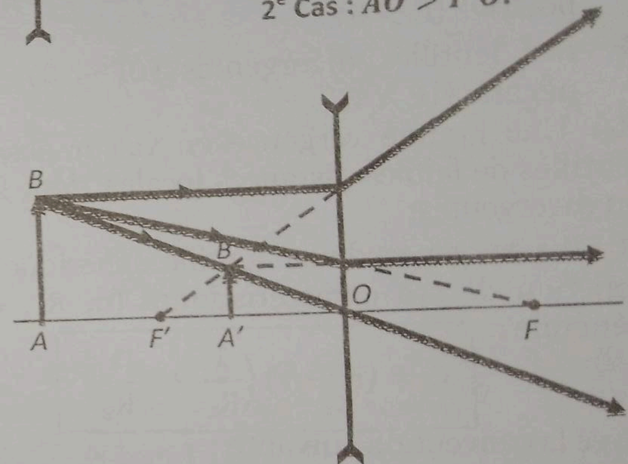




**1$^{er}$ Cas : Objet réel situé à**




2$^e$ Cas : $\overline{AO} > \overline{F'O}$.




**3$^e$ Cas : Objet virtuel situé entre le centre optique et le plan focal objet ($\overline{AO} < \overline{FO}$).**

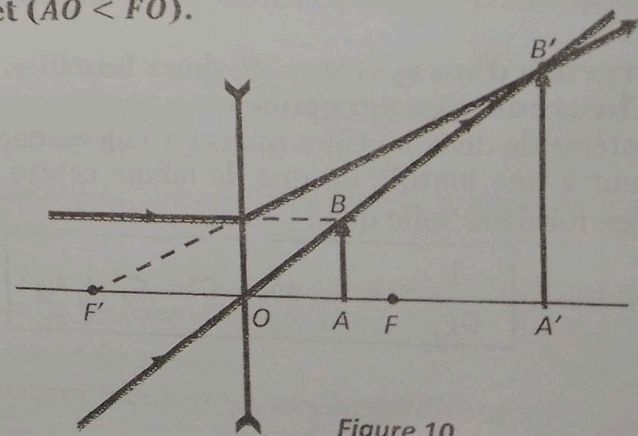


*Figure 10.*

**4. Vergence d'une lentille.**

**a. Définition :** La vergence d'une lentille mince notée C, est l'inverse de sa distance focale.

$$\boxed{C = \frac{1}{\overline{OF'}} \ (\delta)}$$

**Remarques :**

**$R_1$:** La vergence est une grandeur algébrique qui s'exprime en dioptries (δ).

- ➢ Les lentilles convergentes ($\overline{OF'} > 0$), ont une vergence est positive ($C > 0$).
- ➢ Les lentilles divergentes ($\overline{OF'} < 0$), ont une vergence est négative ($C < 0$ ).

**$R_2$:** Une grande vergence en valeur absolue correspond à des lentilles de faibles distances focales, donc fortement convergentes ou divergentes.

**$R_2$:** La vergence d'une lentille sphérique mince est donnée en fonction de ses caractéristiques (n, $R_1$, et $R_2$) par la relation générale :

$$\boxed{C = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}$$

Avec la convention suivante :

- ➢ Les rayons des faces convexes sont comptés positivement ;
- ➢ Les rayons des faces concaves sont comptés négativement.

**b. Vergence d'un système de deux lentilles accolées.**

- **Théorème des vergences.**

Un système de deux lentilles minces accolées, de vergence $C_1$et $C_2$, équivaut à une lentille unique de même centre optique O et de distance focale$\overline{OF'}$telle que :

$$\boxed{\frac{1}{\overline{OF'}} = C \quad \text{avec } C = C_1 + C_2}$$



# TRAVAUX DIRIGES

## L'ESSENTIEL DU COURS

### I – DEFINITIONS DES NOTIONS.

**Définis les termes et expressions suivants** : Lentille; Centre optique; Foyer objet; Foyer image; Distance focale; Vergence.

**Réponse :**

**Je définis les termes et expressions suivants :**

- ✓ Une lentille sphérique, ou plus simplement, une lentille est un milieu transparent limité par deux dioptres sphériques.
- ✓ Le centre optique d'une lentille est le point O, unique de la lentille qui se laisse traverser par la lumière sans qu'elle ne subisse une déviation.
- ✓ Le foyer objet est le point de l'axe optique par où passent les rayons incidents qui donnent des rayons émergents parallèles à l'axe optique.
- ✓ Le foyer image est le point de concours des rayons lumineux incidents parallèles à l'axe optique, situé sur cet axe.
- ✓ La distance focale est la distance $\overline{OF'}$ du centre optique O au foyer image F' orientée par le sens de parcours de la lumière.
- ✓ La vergence d'une lentille mince notée C, est l'inverse de sa distance focale.

### II – QUESTIONS A REPONSES COURTES.

**Réponds aux questions suivantes :**

**1°)** Quelle différence fais-tu entre une lentille convergente et une lentille divergente ?

**2°)** Cite les différents types de lentilles convergentes ainsi que les différents types de lentilles divergentes.

**3°)** Quelle différence fais-tu entre :

a) Un ménisque convergent et un ménisque divergent ?

b) Une lentille plan-convexe et une lentille plan-concave ?

**4°)** Pour quelle condition une lentille convergente peut-elle donner d'un objet réel, une image virtuelle ?

**5°)** Quand dit-on qu'un objet (ou une image) est réel (réelle) et qu'un objet (ou une image) est virtuel (virtuelle) ?

**Réponse :**

**Je réponds aux questions suivantes :**

**1°)** La différence entre une lentille convergente et une lentille divergente est qu'une lentille convergente a des bords minces tandis qu'une lentille divergente a des bords épais.

**2°)** Les différents types de lentilles convergentes sont : la lentille biconvexe, la lentille plan-convexe et le ménisque convergent.
Les différents types de lentilles divergentes sont : la lentille biconcave, la lentille plan-concave et le ménisque divergent.

**3°)**

**a)** La différence entre Un ménisque convergent et un ménisque divergent est que un ménisque convergent possède des bords minces tandis qu'un ménisque divergent a des bords épais.

**b)** La différence entre une lentille plan-convexe et une lentille plan-concave est qu'une lentille plan-convexe possède une face bombée tandis qu'une lentille plan-concave possède une face creuse.

**4°)** Une lentille convergente peut donner d'un objet réel, une image virtuelle lorsque l'objet est situé entre le foyer principal objet et le centre optique.

**5°)** On qu'un objet (ou une image) est réel (réelle) lorsqu'il (ou elle) est réellement sur le trajet des rayons.
On qu'un objet (ou une image) est virtuel (virtuelle) lorsqu'il (ou elle) est sur le prolongement du trajet des rayons.





## III – QUESTIONS A ALTERNATIVE VRAI OU FAUX.

**Réponds par vrai ou faux aux affirmations suivantes :**
On répondra en considérant le cas d'une lentille convergente, puis celui d'une lentille divergente.

**1°)** La vergence d'une lentille est un nombre positif.

**2°)** La distance focale d'une lentille est inférieure à zéro.

**3°)** Le foyer objet F et le foyer image F' sont virtuels.

**4°)** Les foyers objet et image sont deux points conjugués symétrique par rapport au centre optique.

**5°)** Les positions A et A' de deux points conjugués sont reliées par la relation :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = C + \frac{1}{\overline{OA}}$$

**6°)** Un rayon lumineux parallèle à l'axe optique donne un rayon dont le support passe par F.

**Réponse :**

**Je réponds par vrai ou faux aux affirmations suivantes :**

✓ **Cas d'une lentille convergente.**

1°) – Vrai. 3°) – Faux. 5°) – Vrai.
2°) – Faux. 4°) – Vrai. 6°) – Faux.

✓ **Cas d'une lentille divergente.**

1°) – Faux. 3°) – Vrai. 5°) – Vrai.
2°) – Vrai. 4°) – Vrai. 6°) – Faux.

## IV – APPARIEMENT.

**Relie un élément – question de la colonne A à un élément – réponse de la colonne B dans le tableau ci – dessous : Exemple $a_{10} = b_8$.**

| Colonne A | | Colonne B | |
|---|---|---|---|
| $a_1$ | Formule de conjugaison | $b_1$ | $p' > 0$ |
| $a_2$ | Vergence | $b_2$ | $\frac{1}{f} = -\frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$ |
| $a_3$ | Grandissement | $b_3$ | Image dans le plan focal image |
| $a_4$ | Lentille divergente | $b_4$ | $p > 0$ |
| $a_5$ | Image réelle | $b_5$ | $C = \frac{1}{f}$ |
| $a_6$ | Objet virtuel | $b_6$ | Foyers objet et image virtuels |
| $a_7$ | Objet à l'infini | $b_7$ | $\gamma = \frac{p'}{p}$ |

**<u>Réponse</u> :**

**Je relie un élément-question de la colonne A à un élément – réponse de la colonne B.**

$a_1 = b_2 a_4 = b_6 a_6 = b_4$

$a_2 = b_5 a_5 = b_1 a_7 = b_3$

$a_3 = b_7$

## RESOLUTION DES PROBLEMES.

**<u>EXERCICE 1</u>:**

Un objet AB est placé en avant d'une lentille L, à 100cm de son centre optique. L est un ménisque convergent de rayons 12,5cm et 25cm et d'indice n = 1,5.

**1°)** Calcule la distance focale de la lentille L.

**2°)** a) Détermine la position et la nature de l'image $A_1B_1$ donné par L.

b) Fais la construction géométrique.





**<u>Corrigé 1</u> :**

Objet réel ($p < 0$) $\Rightarrow p = -100cm$ ; $n = 1,5$ ;

$R_1 > 0$ (Face convexe) $\Rightarrow R_1 = 12,5cm$

$R_2 < 0$ (Face concave) $\Rightarrow R_2 = -25cm$.

**1°) Calcul de la distance focale de la lentille.**

Par définition : $C = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

$\Rightarrow \frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

D'où : $\boxed{f = \frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}}$

$$A.N : f = \frac{1}{(1,5-1)\left(\frac{1}{12,5} + \frac{1}{(-25)}\right)} = 50$$

$\boxed{f = 50cm}$

**2°) a) Position et nature de l'image $A_1B_1$.**

D'après la relation de conjugaison :

$$-\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{p'} = \frac{p+f}{f.p} \Rightarrow \boxed{p' = \frac{f.p}{p+f}}$$

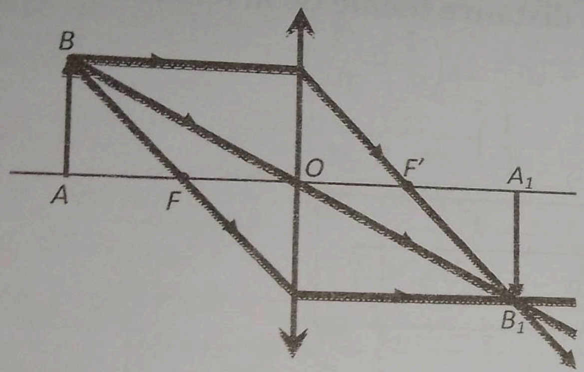
$$A.N : p' = \frac{50 \times (-100)}{-100 + 50} = 100$$

$\boxed{p' = 100cm}$

➢ **Nature de l'image.**

$p' > 0$: l'image $A_1B_1$ donnée par la lentille est réelle.

**b) Construction géométrique** $(\overline{AO} = 2\overline{FO})$




**EXERCICE 2**:

La vergence d'une lentille mince dont les deux faces sont sphériques, est donnée par la formule :

$$C = (n-1)\left(\frac{1}{\overline{OC_1}} - \frac{1}{\overline{OC_2}}\right)$$

Dans laquelle n est l'indice de la lentille, O est le centre optique, $C_1$ est le centre de courbure de la face d'entrée et $C_2$ celui de la face de sortie.

**1°)** On donne : $\overline{OC_1} = -\overline{OC_2} = 50cm$ et $n = 1{,}5$.
Quelle est la nature de la lentille ? Calcule sa distance focale.

**2°)** Même question pour $\overline{OC_1} = -\overline{OC_2} = -25cm$ et $n = 1{,}5$.

**3°)** Que devient la formule pour une lentille plan convexe ?

**Corrigé 2 :**

**1°)** $\overline{OC_1} = -\overline{OC_2} = 50cm$ ; $n = 1{,}5$.





**Nature de la lentille.**

✓ **Calcul de la vergence de la lentille**

$C = (n-1)\left(\frac{1}{\overline{OC_1}} - \frac{1}{\overline{OC_2}}\right)$

A.N : $C = (1{,}5-1)\left(\frac{1}{0{,}5} - \frac{1}{(-0{,}5)}\right) = 2$

$$\boxed{C = 2\delta}$$

$C > 0$ : la lentille est convergente.

✓ **Distance focale**

Par définition : $C = \frac{1}{f} \Rightarrow \boxed{f = \frac{1}{C}}$

A.N : $f = \frac{1}{2} = 0{,}5 \Rightarrow \boxed{f = 0{,}5m = 50cm}$

**2°)** $\overline{OC_1} = -\overline{OC_2} = -25cm$ ; $n = 1{,}5$.

**Nature de la lentille.**

✓ **Calcul de la vergence de la lentille**

$C = (n-1)\left(\frac{1}{\overline{OC_1}} - \frac{1}{\overline{OC_2}}\right)$

A.N : $C = (1{,}5-1)\left(\frac{1}{-0{,}25} - \frac{1}{0{,}25}\right) = -4$

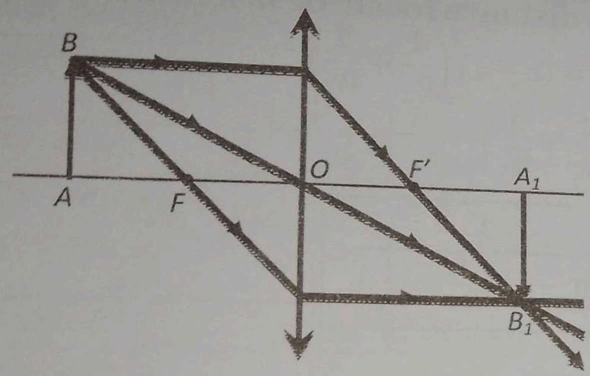
$$\boxed{C = -4\delta}$$

$C < 0$ : la lentille est divergente.

➢ **Nature de l'image.**

$p' > 0$: l'image $A_1B_1$ donnée par la lentille est réelle.

**b) Construction géométrique** ($\overline{AO} = 2\overline{FO}$)




**EXERCICE 2**:

La vergence d'une lentille mince dont les deux faces sont sphériques, est donnée par la formule :

$$C = (n-1)\left(\frac{1}{\overline{OC_1}} - \frac{1}{\overline{OC_2}}\right)$$

Dans laquelle n est l'indice de la lentille, O est le centre optique, $C_1$ est le centre de courbure de la face d'entrée et $C_2$ celui de la face de sortie.

**1°)** On donne : $\overline{OC_1} = -\overline{OC_2} = 50cm$ et $n = 1,5$.
Quelle est la nature de la lentille ? Calcule sa distance focale.

**2°)** Même question pour $\overline{OC_1} = -\overline{OC_2} = -25cm$ et $n = 1,5$.

**3°)** Que devient la formule pour une lentille plan convexe ?

**Corrigé 2 :**

**1°)** $\overline{OC_1} = -\overline{OC_2} = 50cm$ ; $n = 1,5$.





**Nature de la lentille.**

✓ **Calcul de la vergence de la lentille**

$$C = (n-1)\left(\frac{1}{\overline{OC_1}} - \frac{1}{\overline{OC_2}}\right)$$

A.N : $C = (1,5-1)\left(\frac{1}{0,5} - \frac{1}{(-0,5)}\right) = 2$

$$\boxed{C = 2\delta}$$

$C > 0$ : la lentille est convergente.

✓ **Distance focale**

Par définition : $C = \frac{1}{f} \Rightarrow \boxed{f = \frac{1}{C}}$

A.N : $f = \frac{1}{2} = 0,5 \Rightarrow \boxed{f = 0,5m = 50cm}$

**2°)** $\overline{OC_1} = -\overline{OC_2} = -25cm$ ; $n = 1,5$.

**Nature de la lentille.**

✓ **Calcul de la vergence de la lentille**

$$C = (n-1)\left(\frac{1}{\overline{OC_1}} - \frac{1}{\overline{OC_2}}\right)$$

A.N : $C = (1,5-1)\left(\frac{1}{-0,25} - \frac{1}{0,25}\right) = -4$

$$\boxed{C = -4\delta}$$

$C < 0$ : la lentille est divergente.

✓ **Distance focale**

Par définition : $C = \frac{1}{f} \Rightarrow$ $\boxed{f = \frac{1}{C}}$

**A. N :** $f = \frac{1}{-4} = -0{,}25$

$$\boxed{f = -0{,}25m = 25cm}$$

**3°) Ce que devient la formule pour une lentille plan convexe.**

$C = (n-1)\left(\frac{1}{\overline{OC_1}} - \frac{1}{\overline{OC_2}}\right)$

Pour une lentille plan convexe :

$\overline{OC_2} \to \infty \Rightarrow \frac{1}{\overline{OC_2}} = 0$

$\Rightarrow C = (n-1) \times \left(\frac{1}{\overline{OC_1}}\right) \Rightarrow$ $\boxed{C = \frac{n-1}{\overline{OC_1}}}$

**EXERCICE 3**:

On se propose de déterminer la nature et la taille de l'image A'B' d'un objet AB d'une lentille convergente. Pour cela on considère un objet AB = 4cmperpendiculaire à l'axe principal d'une lentille convergente de distance focale 0,5m et situé à 75cm du centre optique. Détermine :

**1°)** La position OA' ou p' de l'image au centre optique.

**2°)** La nature de l'image.

**3°)** La taille de l'image.

**Corrigé 3 :**

AB = $\sigma$ = 4cm ; f = 0,5m ;

objet réel : (p< o) ⇒ p = − 75cm





**1°) La position OA' ou p' de l'image.**

D'après la relation de conjugaison :

$-\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{p'} = \frac{p+f}{f.p} \Rightarrow$ $\boxed{p' = \frac{f.p}{p+f}}$

$A.N : p' = \frac{0{,}5 \times (-0{,}75)}{-0{,}75 + 0{,}5} = 1{,}5$

$$\boxed{p' = 1{,}5m}$$

**2°) Nature de l'image.**

$p' > 0$: l'image **A'B'** donnée par la lentille est réelle.

**3°) La taille de l'image.**

Par définition : $\gamma = \frac{i}{\sigma} = \frac{p'}{p} \Rightarrow$ $\boxed{i = \frac{p'.\sigma}{p}}$

$A.N : i = \frac{1{,}5 \times 0{,}04}{-0{,}75} = -0{,}08$

$$\boxed{i = -0{,}08m = -8cm}$$

$i < 0$: L'image est renversée et plus grande que l'objet (le double de l'objet).

**EXERCICE 4**:

Une lentille divergente a une vergence de 3δ.

**1°)** Quelle est sa distance focale ?

**2°)** Quels sont la nature, la taille, le sens et la position de l'image d'un objet AB de 2cm de haut placé à 50cm de la lentille ?

**Corrigé 4 :**

Lentille divergente : (C< o) ⇒ C = −3δ.

**1°) Je calcule sa distance focale.**

Par définition : $C = \frac{1}{f} \Rightarrow \boxed{f = \frac{1}{C}}$

A.N : $f = \frac{1}{-3} = -0,33$

$$\boxed{f = -0,33m = -33,33cm}$$

**2°)** $AB = \sigma = 2cm$ ;

Objet réel : $(p < 0) \Rightarrow p = -50cm$

**Nature, taille, sens et position de l'image.**

✓ **Position de l'image.**

D'après la relation de conjugaison :

$-\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{p'} = \frac{p+f}{f.p} \Rightarrow \boxed{p' = \frac{f.p}{p+f}}$

A.N : $p' = \frac{-33,33 \times (-50)}{-50 - 33,33} = -20$

$$\boxed{p' = -20cm}$$

✓ **Nature de l'image.**

$p' < 0$: l'image **A'B'** donnée par la lentille est virtuelle.

✓ **La taille de l'image.**

Par définition : $\gamma = \frac{i}{\sigma} = \frac{p'}{p} \Rightarrow \quad i = \frac{p'.\sigma}{p}$

**A.N** : $i = \frac{-20 \times 2}{-50} = 0,8$

$$\boxed{i = 0,8cm}$$

✓ **Sens de l'image.**

$i > 0$: L'image est droite et plus petite que l'objet.





**EXERCICE 5**:

Un ménisque convergent de vergence $3\delta$ et de rayons de courbures $R_1 = 10cm$et $R_2$ inconnu.

**1°)** Détermine le rayon de courbure $R_2$ de la face concave sachant que l'indice de la substance dont est faite la lentille est 1,5.

**2°)** Calcule la distance focale.

**3°)** Fais le schéma de la lentille (on prendra l'axe principal vertical).

**Corrigé 5 :**

Lentille convergente : $(C > 0) \Rightarrow C = 3\delta$.

$n = 1,5$ ;

$R_1 > 0$ (Face convexe) $\Rightarrow R_1 = 10cm$

$R_2 < 0$ (Face concave)

**1°) Je détermine le rayon de courbure $R_2$de la face concave.**

Par définition : $C = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{C}{(n-1)} \Rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{C}{(n-1)} - \frac{1}{R_1}$

D'où :

$$\boxed{R_2 = \frac{1}{\frac{C}{(n-1)} - \frac{1}{R_1}}}$$

A.N : $R_2 = \frac{1}{\frac{3}{(1,5-1)} - \frac{1}{0,1}} = -0,25$

$$\boxed{R_2 = -0,25m = -25cm}$$

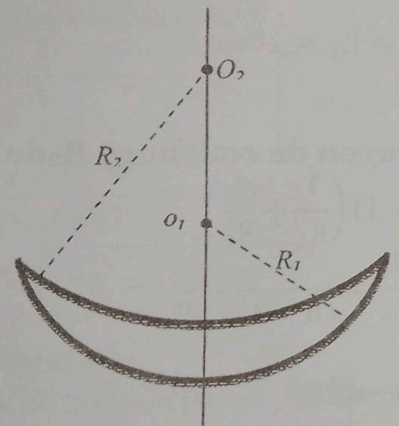
## 2°) Je calcule la distance focale de la lentille.

Par définition : $C = \frac{1}{f} \Rightarrow$ $\boxed{f = \frac{1}{C}}$

A.N : $f = \frac{1}{3} = 0,33$

$$\boxed{f = 0,33m = 33,33cm}$$

## 3°) Je fais le schéma de la lentille.




**EXERCICE 6**:

Un ménisque divergent a pour rayons de courbures $R_1$ = 10cmet $R_2$ = 30cm. Son indice est n = 1,5. Calcule sa distance focale. Quelle est sa vergence ?

**Corrigé 6 :**

n = 1,5 ;

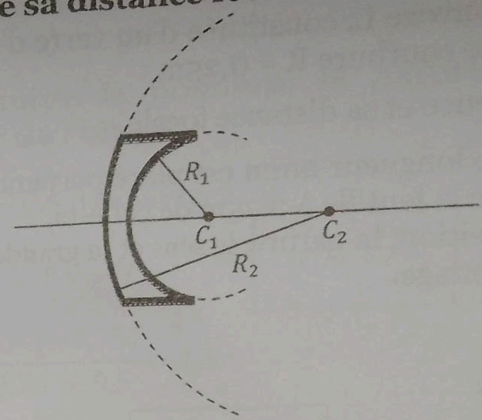
$R_1 < 0$ (Face concave) $\Rightarrow R_1 = -10cm$

$R_2 > 0$ (Face convexe)$\Rightarrow R_2 = 30cm$





## 1°) Je calcule sa distance focale.




Par définition : $C = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

$\Rightarrow \frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

D'où : $\boxed{f = \frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}}$

$A.N : f = \frac{1}{(1,5-1)\left(\frac{1}{-0,1} + \frac{1}{0,3}\right)} = -0,3$

$$\boxed{f = -0,3m = -30cm}$$

***Vergence de la lentille.***

Par définition : $\boxed{C = \frac{1}{f}}$

$A.N : C = \frac{1}{-0,3} = -3,33$

$$\boxed{C = -3,33\delta}$$

**EXERCICE 7:**

Une lentille plan convexe L, constituée d'un verre d'indice n = 1,5 possède un rayon de courbure R = 0,25m.

**1°)** Calcule sa vergence et sa distance focale.

**2°)** Un objet AB de longueur 2mm est placé perpendiculairement à l'axe principale de la lentille à 0,75m de celle-ci.

a) Détermine la position, la nature, le sens et la grandeur de l'image.

b) Construis cette image.

**Corrigé 7 :**

$n = 1,5 \,;\, R = 0,25m$

**1°) Je calcule la vergence et la distance focale de la lentille.**

✓ **Vergence.**

Par définition : $C = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

Pour une lentille plan convexe :

$R_2 = \infty \Rightarrow \frac{1}{R_2} = 0$ et $R_1 = R$

$\Rightarrow C = (n-1) \times \left(\frac{1}{R}\right) \Rightarrow \boxed{C = \frac{n-1}{R}}$

$A.N : C = \frac{1,5-1}{0,25} = 2$

$\boxed{C = 2\delta}$

✓ **Distance focale**

Par définition : $C = \frac{1}{f} \Rightarrow \boxed{f = \frac{1}{C}}$

A.N : $f = \frac{1}{2} = 0,5$

$\boxed{f = 0,5m = 50cm}$





**2°)** $AB = \sigma = 2mm$ ;

Objet réel : $(p < 0) \Rightarrow p = -0,75m$

**a) Je détermine la position, la nature, le sens et la grandeur de l'image.**

✓ **Position.**

D'après la relation de conjugaison :

$-\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{p'} = \frac{p+f}{f.p} \Rightarrow \boxed{p' = \frac{f.p}{p+f}}$

A.N : $p' = \frac{0,5 \times (-0,75)}{-0,75 + 0,5} = 1,5$

$\boxed{p' = 1,5m}$

✓ **Nature de l'image.**

$p' > 0$: l'image **A'B'** donnée par la lentille est réelle.

✓ **Sens de l'image.**

Par définition : $\gamma = \frac{i}{\sigma} = \frac{p'}{p} \Rightarrow \boxed{\gamma = \frac{p'}{p}}$

A.N : $\gamma = \frac{1,5}{-0,75} = -2$

$\boxed{\gamma = -2}$

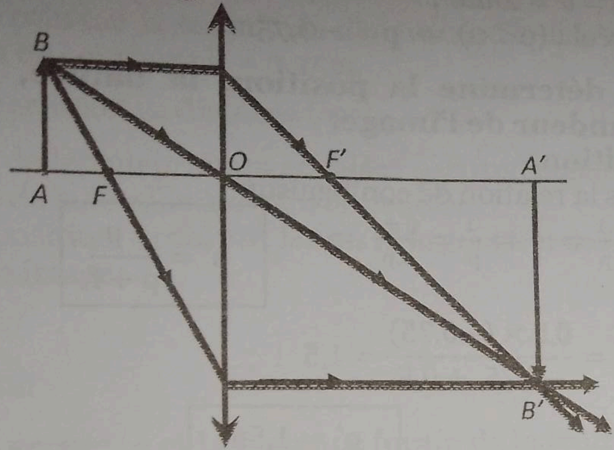
$\gamma < 0$ : L'image est renversée par rapport à l'objet.

✓ **Grandeur de l'image.**

$|\gamma| = 2 = \frac{A'B'}{AB} \Rightarrow \boxed{A'B' = 2AB}$

L'image est 2fois plus grande que l'objet ; soit : $\boxed{A'B' = 4mm}$

**b) Je construis cette image.**




**EXERCICE 8:**
Un objet réel de 2cm de hauteur est placé à 50cm d'une lentille divergente de distance focale 10cm. Détermine la position, la nature, la grandeur et le sens de son image. Fais la figure.

**Corrigé 8 :**
$AB = \sigma = 2cm$ ;
objet réel : $(p < 0) \Rightarrow p = -50cm$
Lentille divergente : $(f < 0) \Rightarrow f = -10cm$.

**Je détermine la position, la nature, la grandeur et le sens de son image.**

✓ **Position de l'image.**
D'après la relation de conjugaison :

$$-\frac{1}{p}+\frac{1}{p'}=\frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{p'}=\frac{p+f}{f.p} \Rightarrow \boxed{p'=\frac{f.p}{p+f}}$$

**A.N** : $p' = \frac{-10\times(-50)}{-50-10} = -8,33$

$$\boxed{p' = -8,33cm}$$



✓ **Nature de l'image.**
$p' < 0$: l'image A'B' donnée par la lentille est virtuelle.

✓ **Grandeur de l'image.**
Par définition : $\gamma = \frac{i}{\sigma} = \frac{p'}{p} \Rightarrow \boxed{\gamma = \frac{p'}{p}}$

**A.N** : $\gamma = \frac{-8,33}{-50} = 0,17$

$$\boxed{\gamma = 0,17}$$

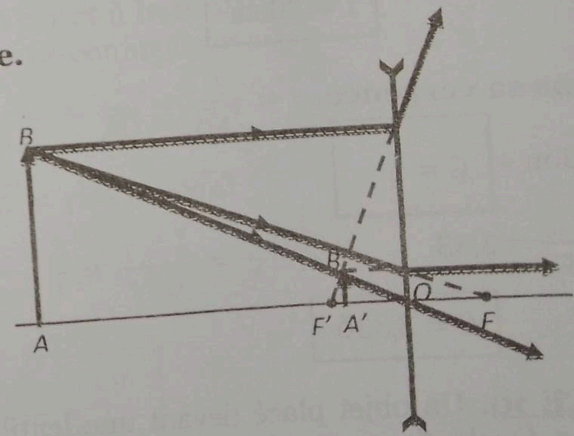
$|\gamma| = 0,17 = \frac{A'B'}{AB} = 0,17 \Rightarrow \boxed{A'B' = 0,17AB}$

L'image A′B′ est plus petite que l'objet ; soit :

$$\boxed{A'B' = 0,34cm}$$

✓ **Sens de l'image.**
$\gamma > 0$ : L'image est droite par rapport à l'objet.

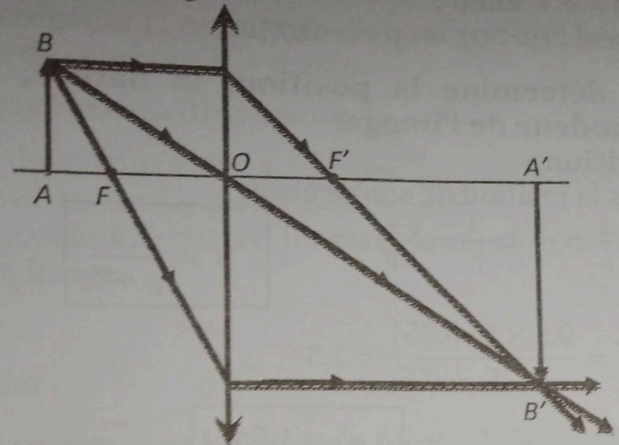
**Je fais la figure.**




**EXERCICE 9:**
Une lentille convergente placée à 20cm d'un objet réel AB donne une image virtuelle trois fois plus grande que l'objet. Quelle est la distance focale de la lentille ? Déduis – en sa vergence.

**N.B:** l'image est droite.

**b) Je construis cette image.**




**EXERCICE 8:**
Un objet réel de 2cm de hauteur est placé à 50cm d'une lentille divergente de distance focale 10cm. Détermine la position, la nature, la grandeur et le sens de son image. Fais la figure.

**Corrigé 8 :**
$AB = \sigma = 2cm$ ;
objet réel : $(p< 0) \Rightarrow p = -50cm$
Lentille divergente : $(f< 0) \Rightarrow f = -10cm$.

**Je détermine la position, la nature, la grandeur et le sens de son image.**

✓ **Position de l'image.**
D'après la relation de conjugaison :

$$-\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{p'} = \frac{p+f}{f.p} \Rightarrow \boxed{p' = \frac{f.p}{p+f}}$$

**A.N :** $p' = \frac{-10\times(-50)}{-50-10} = -8,33$

$$\boxed{p' = -8,33cm}$$





✓ **Nature de l'image.**
$p' < 0$: l'image A'B' donnée par la lentille est virtuelle.

✓ **Grandeur de l'image.**
Par définition : $\gamma = \frac{i}{\sigma} = \frac{p'}{p} \Rightarrow \boxed{\gamma = \frac{p'}{p}}$

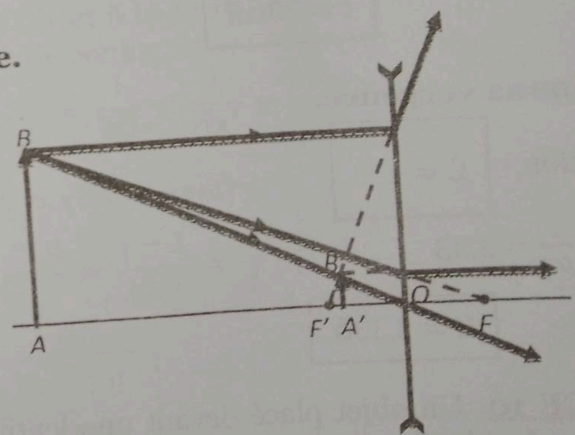
**A.N :** $\gamma = \frac{-8,33}{-50} = 0,17$ $\boxed{\gamma = 0,17}$

$|\gamma| = 0,17 = \frac{A'B'}{AB} = 0,17 \Rightarrow \boxed{A'B' = 0,17AB}$

L'image A'B' est plus petite que l'objet ; soit : $\boxed{A'B' = 0,34cm}$

✓ **Sens de l'image.**
$\gamma > 0$ : L'image est droite par rapport à l'objet.

**Je fais la figure.**




**EXERCICE 9:**
Une lentille convergente placée à 20cm d'un objet réel AB donne une image virtuelle trois fois plus grande que l'objet. Quelle est la distance focale de la lentille ? Déduis – en sa vergence.

**N.B:** l'image est droite.

**Corrigé 9 :**

objet réel : (p< o) $\Rightarrow$ p = – 20cm

$\gamma = 3$

**Distance focale de la lentille.**

D'après la relation de conjugaison :

$$-\frac{1}{p}+\frac{1}{p'}=\frac{1}{f}\Rightarrow\frac{1}{f}=\frac{p-p'}{p.p'}$$

Or $\gamma=\frac{p'}{p}\Rightarrow p'=\gamma p$

$$\Rightarrow\frac{1}{f}=\frac{p-\gamma p}{p.\gamma p}=\frac{(1-\gamma)p}{\gamma p^2}\Rightarrow\quad\boxed{f=\frac{\gamma p}{1-\gamma}}$$

A. N : $f=\frac{3\times(-20)}{1-3}=30$

$$\boxed{f=30cm}$$

**Déduisons sa vergence.**

Par définition : $\boxed{C=\frac{1}{f}}$

A. N : $C=\frac{1}{0,3}=3,33$

$$\boxed{C=3,33\delta}$$

**EXERCICE 10**: Un objet placé devant une lentille convergente de distance focale **f**= 20cm, laisse apparaître sur l'écran une image réelle quatre fois plus grande que l'objet. Sachant que l'image est renversée, à quelle distance de l'objet faut-il placer la lentille et l'écran ?





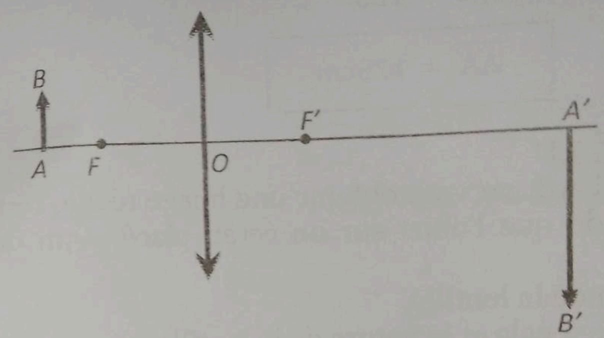
**Corrigé 10 :**

Lentille convergente : (f> o) $\Rightarrow$ f = 20cm.

objet réel : (p< o) ;

$|\gamma| = 4$ ; image renversée ($\gamma$ < o) $\Rightarrow \gamma = -4$

**Distance de l'objet où il faut placer la lentille et l'écran.**




✓ **Distance de l'objet à la lentille.**

D'après la relation de conjugaison :

$$-\frac{1}{\overline{OA}}+\frac{1}{\overline{OA'}}=\frac{1}{\overline{OF'}}\Rightarrow\frac{1}{\overline{AO}}+\frac{1}{\overline{OA'}}=\frac{1}{\overline{OF'}}$$

or $\gamma=\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}\Rightarrow\overline{OA'}=\gamma\overline{OA}=-\gamma\overline{AO}$

$$\Rightarrow\frac{1}{\overline{AO}}+\frac{1}{-\gamma\overline{AO}}=\frac{1}{f}\Rightarrow\frac{\gamma-1}{\gamma\overline{AO}}=\frac{1}{f}$$

D'où : $\boxed{\overline{AO}=\frac{(\gamma-1)f}{\gamma}}$

A. N : $\overline{AO}=\frac{(-4-1)\times 20}{-4}=25$

$$\boxed{\overline{AO}=25cm}$$

✓ **Distance de l'objet à la l'image.**

**D'après ce qui précède :** $\overline{OA'} = \gamma\overline{OA} = -\gamma\overline{AO}$

Or $\overline{AA'} = \overline{AO} + \overline{OA'} = \overline{AO} - \gamma\overline{AO}$

D'où : $\boxed{\overline{AA'} = (1-\gamma)\overline{AO}}$

**A. N :** $\overline{AA'} = (1+4) \times 25 = 125$

$$\boxed{\overline{AA'} = 125cm}$$

## EXERCICE 11:

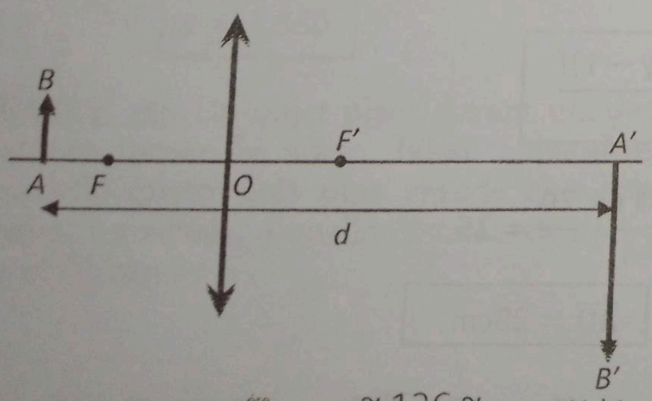
D'un objet réel AB, on veut obtenir une image réelle, renversée 4 fois plus grande que l'objet sur un écran placé à 5m de l'objet. Précise :

**1°)** La position de la lentille.
**2°)** La distance focale et la nature de la lentille.
**3°)** Illustre la solution algébrique par une construction géométrique.

**Corrigé 11 :**

$|\gamma| = 4$ ; image renversée $(\gamma < 0) \Rightarrow \gamma = -4$
objet réel : $(p < 0)$ ; image réelle $(p' > 0)$
$\overline{AA'} = d = 5m.$

**1°) Je précise la position de la lentille.**








**D'après la figure :** $\overline{AA'} = \overline{AO} + \overline{OA'}$

or $\gamma = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \Rightarrow \overline{OA'} = \gamma\overline{OA} = -\gamma\overline{AO}$

$\Rightarrow \overline{AA'} = \overline{AO} - \gamma\overline{AO} = (1-\gamma)\overline{AO} \Rightarrow \boxed{\overline{AO} = \dfrac{d}{1-\gamma}}$

**A. N :** $\overline{AO} = \dfrac{5}{1+4} = 1$

$$\boxed{\overline{AO} = 1m}$$

**Conclusion :** la lentille est placée à 1m de la lentille.

**2°) Je précise la distance focale de la lentille.**

D'après la relation de conjugaison :

$-\dfrac{1}{\overline{OA}} + \dfrac{1}{\overline{OA'}} = \dfrac{1}{\overline{OF'}} \Rightarrow \dfrac{1}{\overline{AO}} + \dfrac{1}{\overline{OA'}} = \dfrac{1}{\overline{OF'}}$

$\overline{OA'} = \gamma\overline{OA} = -\gamma\overline{AO}$

$\Rightarrow \dfrac{1}{\overline{AO}} + \dfrac{1}{-\gamma\overline{AO}} = \dfrac{1}{f} \Rightarrow \dfrac{\gamma - 1}{\gamma\overline{AO}} = \dfrac{1}{f} \Rightarrow \boxed{f = \dfrac{\gamma\overline{AO}}{\gamma - 1}}$

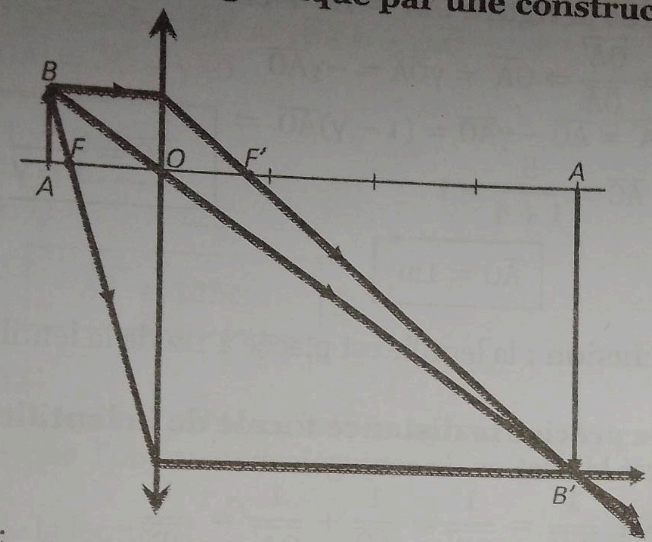
**A. N :** $f = \dfrac{-4 \times 1}{-4-1} = 0,8$

$$\boxed{f = 0,8m}$$

✓ **Nature de la lentille.**

$f > 0$ : la lentille est convergente.

**3°) J'illustre la solution algébrique par une construction géométrique.**




**EXERCICE 12:**

**1°)** Une lentille de distance focale *0,32m* dont l'axe principal est vertical est placée entre un objet $AB$ et un écran $E$ fixe, distants de *2m*.
Quelle est la vergence et la nature de cette lentille ?

**2°)** Cette lentille est un ménisque dont les faces ont pour rayons de courbure *10cm* et *30cm*. Quel est l'indice de la substance dont est faite la lentille ?

**3°)** On remplit la face concave d'un liquide d'indice inconnu et l'on constate que le système permet d'obtenir sur l'écran $E$ une image nette de l'objet $AB$ si le ménisque est placé à *172cm* de $E$.
Quel est l'indice du liquide utilisé ?
($AB$ et $E$ occupent toujours les positions précisées au 1°)

**Corrigé 12 :**

$f = 0{,}32m$ ; $d = 2m$

***Vergence et la nature de cette lentille.***

Par définition : $\boxed{C_1 = \frac{1}{f}}$





$A.N : C_1 = \frac{1}{0{,}32} = 3{,}125$

$$\boxed{C_1 = 3{,}125\delta}$$

✓ ***Nature de la lentille.***

*$C > 0$ : la lentille est convergente.*

**2°)** Cette lentille est un ménisque convergent $R_1 > 0$ (*Face convexe*) $\Rightarrow R_1 = 10cm$
$R_2 < 0$ (*Face concave*) $\Rightarrow R_2 = -30cm$

***Indice de la substance dont est faite la lentille.***

Par définition : $C = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

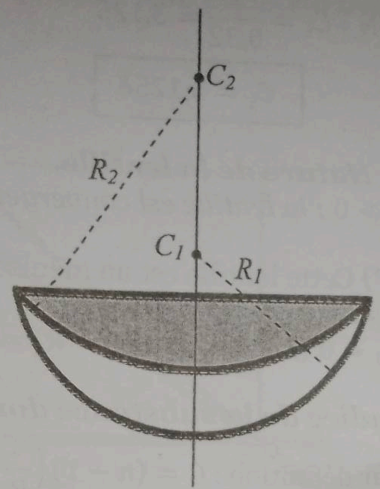
$\Rightarrow n - 1 = \frac{C}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \Rightarrow n - 1 = \frac{R_1 R_2 C}{R_1 + R_2}$

D'où : $\boxed{n = 1 + \frac{R_1 R_2 C}{R_1 + R_2}}$

$A.N: n = 1 + \frac{0{,}1\times(-0{,}3)\times 3{,}125}{0{,}1-0{,}3} = 1{,}469 \Rightarrow \boxed{n = 1{,}469}$

**3°)** $\overline{OA'} = p' = 172cm.$

Lorsqu'on remplit la face concave du ménisque par un liquide, celui-ci se comporte comme une lentille $L_2$ plan-convexe de vergence $C_2$. L'ensemble fonctionne comme un système de deux lentilles accolées de vergence C telle que :




$$C = C_1 + C_2$$

$$\text{Avec} \begin{cases} C_1 = 3{,}125\delta \\ C_2 = (n_L - 1)\left(\frac{1}{R_2}\right) \end{cases}$$

Ainsi : $C = C_1 + (n_L - 1)\left(\frac{1}{R_2}\right)$

$\Rightarrow \frac{1}{f} = C_1 + (n_L - 1)\left(\frac{1}{R_2}\right)$

D'après la relation de conjugaison :

$-\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{p - p'}{p.p'}$

De plus $-p + p' = d \Rightarrow p = p' - d$

$\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{p' - d - p'}{(p' - d)p'} = \frac{d}{(d - p')p'}$

Alors : $\frac{d}{(d - p')p'} = C_1 + \frac{n_L - 1}{R_2}$

$\Rightarrow n_L - 1 = R_2\left[\frac{d}{(d - p')p'} - C_1\right]$





D'où :

$$\boxed{n_L = 1 + R_2\left[\frac{d}{(d - p')p'} - C_1\right]}$$

A. N : $n_L = 1 + 0{,}3\left[\frac{2}{(2 - 1{,}72) \times 1{,}72} - 3{,}125\right]$

$$\boxed{n_L = 1{,}308}$$

Production et Distribution

GBES

GROUPE BETHLEHEM EPHRATA SERVICES

E-mail :gbesfi2@gmail.com

(+242) 04 485 99 85 - 06 680 18 80

Congo - Brazzaville