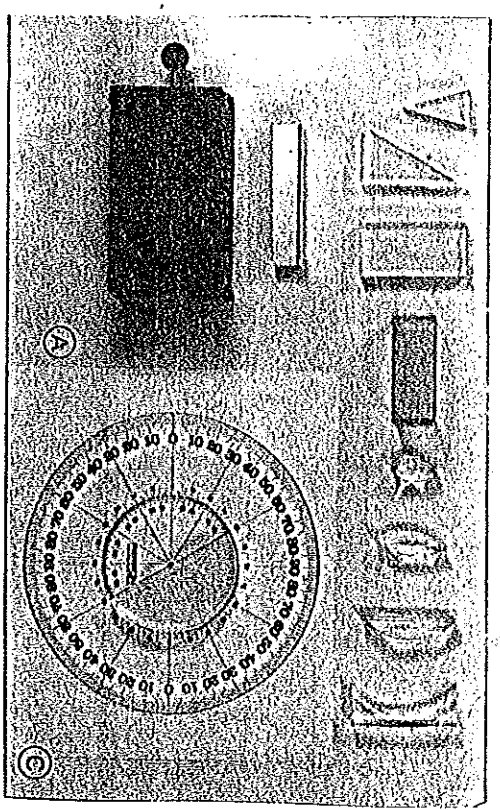


MATÉRIEL : Ensemble
 Optique géométrique
 RÉFÉRENCE : MT 2342

P4.5

ENS Pe 93/18



S O M M A I R E

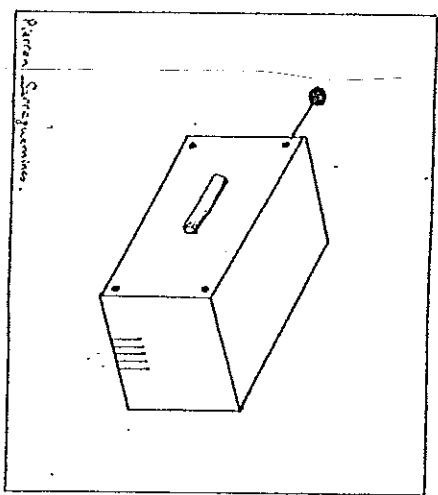
SOURCE LUMINEUSE	page 3
REFLEXION-REFRACTION	pages 4 à 8
DISTANCE FOCALE D'UNE LENTILLE	pages 9 à 14
ASSOCIATIONS DE LENTILLES	pages 14 et 15
INVERSION D'IMAGE	page 15
DIOPTRIS PLAN	page 15 à 16
LE PRISME	page 18 à 20

Source lumineuse 6 V - 11 W

MT 2264

Description :

Boîtier métallique à base magnétique à foyer réglable. Face avant comprenant 5 fentes que l'on peut cacher au nombre désiré par un cache aimanté. Alimentation de la lampe 6V, 11W par l'intermédiaire de deux douilles placées à l'arrière du boîtier. (6VCC)



Les rayons émergent des fentes parallèles entre eux, suivant la position du curseur placé à l'arrière du boîtier.

Utilisation :

Particulièrement recommandée pour les expériences d'optique géométrique, il est conseillé de l'utiliser avec les articles ci-dessous référencés :

- Panneau métallique blanc sur pieds MT 2257
 - Lot d'optique géométrique (Réflexion-Réfraction) MT 2271
 - Ensemble optique complémentaire MT 2265
 - Lot de 20 disques optiques MT 2262
- On peut l'utiliser à plat sur un support horizontal également.

Applications :

Cette source lumineuse peut servir de source de lumière pour les expériences d'optique classique et en particulier :

- réflexion
- diffraction
- réfraction
- changement de milieu
- lame à faces parallèles
- lentilles convergentes-divergentes
- associations de lentilles

Ampoule de rechange MT 4475
 Alimentations conseillées MT 1304 ou 3807

MT 2271

Réflexion - Réfraction

Composition :

Cet ensemble de base comprend :

- 1 disque optique sur papier
- 1 lentille demi-circulaire en plexiglas Ø 105 mm à base magnétique
- 1 prisme isocèle à base magnétique (angle aigu 50°)
- 1 miroir plan à base magnétique

But :

Spécialement conçu pour l'étude de la réflexion et de la réfraction, cet ensemble est à utiliser avec la source lumineuse MT 2264 et le panneau métallique 600 x 400 MT 2257.

Expériences :

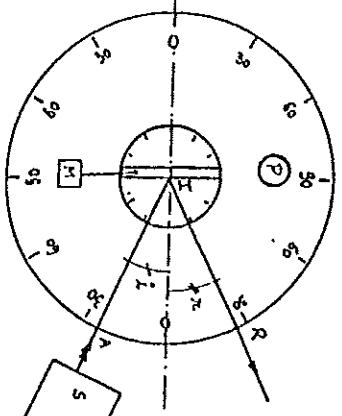
- réflexion
- réfraction
- déviation et dispersion de la lumière par un prisme

A - Réflexion

- Matériel nécessaire :
- 1 source de lumière MT 2264
 - 1 panneau métallique MT 2257
 - 1 disque optique
 - 1 miroir plan

Définitions :

- On définit ainsi :
- le rayon AI, rayon incident
 - le pt. I, point d'incidence
 - le rayon IR, rayon réfléchi
 - le plan P, plan d'incidence
 - i, angle d'incidence
 - r, angle de réflexion



Manipulation :

Placer la source lumineuse sur le panneau, puis le disque optique et le miroir de telle sorte que le plan de ce dernier soit sur l'axe formé par les angles 90° et perpendiculaire à l'axe des 0°.

Ne faire qu'un seul rayon de la source lumineuse et noter l'angle de réflexion pour chaque angle d'incidence (on fera varier l'angle d'incidence en changeant la position de la lanterne).

On notera sur un tableau les résultats obtenus

i (degrés)									
r (degrés)									

On vérifie ainsi que :

1ère loi : le rayon réfléchi est dans le plan d'incidence défini par le rayon incident et la normale au point d'incidence.

2ème loi : L'angle réfléchi est égal à l'angle incident

$$r = i$$

Loi du retour inverse : Le trajet suivi par la lumière n'est pas modifié quand le sens de la propagation est inversé.

Rotation d'un miroir plan :

Gardons la source fixe et faisons varier l'angle du miroir par rapport à I, notons à chaque variation l'angle de rotation et l'angle du rayon réfléchi.

β (degrés)									
α (degrés)									

On vérifie ainsi qu'un miroir plan et un rayon incident fixe étant donné β , si le miroir tourne d'un angle α autour d'un axe perpendiculaire au plan d'incidence, le rayon réfléchi tourne dans le même sens d'un angle $\beta = 2\alpha$

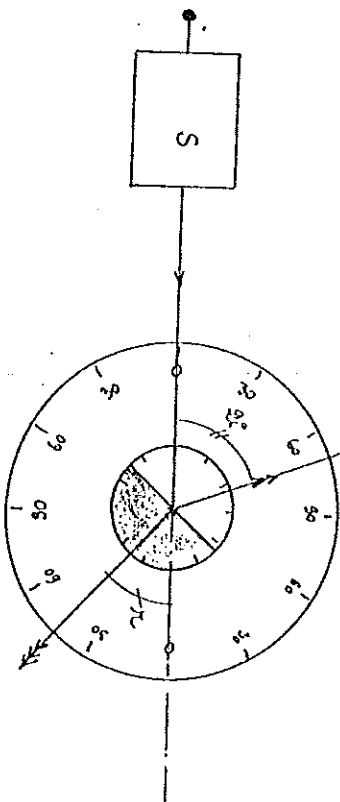
Réfraction

Matériel nécessaire :

- 1 source lumineuse MT 2264
- 1 panneau métallique MT 2257
- 1 demi-cylindre Ø 105
- 1 disque optique

Manipulation :

Placer sur le panneau blanc la source de lumière MT 2264 de telle façon que le rayon soit confondu avec la ligne des 0 degrés du disque optique.
Placer le demi-cylindre dans le centre du disque perpendiculairement au rayon. On ne constate aucune déviation, le rayon traverse le demi-disque sans être dévié.
Le tourner de 10 en 10 degrés et noter les angles de réfraction et incidents.



Noter ces angles sur un tableau

i (deg.)	r (deg.)								
$\sin i$									
$\sin r$									
$\frac{\sin i}{\sin r}$									

Calculer la valeur moyenne des $\sin i / \sin r$

Conclusion :

a) Le rapport du sinus de l'angle d'incidence au sinus de l'angle de réfraction est une constante (loi de Descartes).
On le nomme indice de réfraction et sa valeur est définie par l'expression :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n \quad \text{ou} \quad \sin i = n \sin r$$

b) Cet indice est une caractéristique du milieu. Notons quelques indices de réfraction, pour

- l'eau $n = 1,33$
- le diamant $n = 2,5$
- le verre $n = 1,5$
- le plexiglas $n = 1,5$
- le benzène $n = 1,5$

Autres expériences :

Avec ce demi-cylindre on pourra également étudier :

- la réfraction limite
- la réflexion totale

C LE PRISME

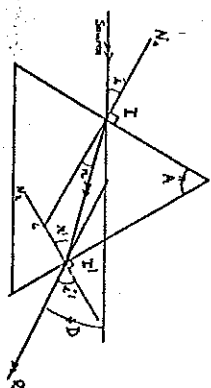
Matériel nécessaire :

- 1 source de lumière MT 2264
- 1 panneau métallique MT 2257
- 1 prisme 30°
- 1 disque optique

Définition du prisme : un prisme est un milieu transparent limité par deux plans non parallèles. Il est caractérisé par son angle A et l'indice de réfraction n de sa substance.

Autres définitions :

- un rayon lumineux contenu dans un plan principal reste dans ce plan en se réfractant sur les deux faces du prisme, on définit son trajet à travers le prisme par les relations

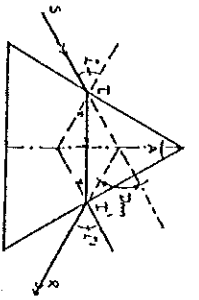


$$\sin i = n \sin r$$

$$r + r' = A$$

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

- Ce rayon est dévié dans le prisme d'un angle $D = i + i' - A$



Cette déviation varie avec l'incident et passe par un minimum quand le trajet du rayon émergent est symétrique à l'angle incident par rapport au plan bissecteur du prisme.
La déviation minimum D est liée aux caractéristiques A et n du prisme par la relation :

$$n = \frac{\sin \frac{D_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

qui permet de calculer l'indice "n" à partir des valeurs A et D - (A = 30°), Dm obtenu en expérimentant).

Application :

Pour obtenir les résultats décrits ci-dessus, on opérera sur le panneau blanc et on relèvera les différents angles nécessaires aux démonstrations, en plaçant le prisme sur le disque optique de façon adéquate.

LOT OPTIQUE COMPLÉMENTAIRE

MT 2265

Composition

Cet ensemble est le complément indispensable du lot d'optique géométrique MT 2271, et est composé de :

- 1 lentille biconvexe $f = +24\text{mm}$
- 1 lentille biconvexe $f = +50\text{mm}$
- 1 lentille planconvexe $f = +100\text{mm}$
- 1 lentille planconcave $f = -100\text{mm}$
- 1 lame à faces parallèles
- 1 prisme 50°, 60°, 90°
- 1 cuve à faces parallèles

Ces éléments ont une base magnétique et sont à utiliser avec la source lumineuse MT 2264 et le panneau métallique sur pied MT 2257.

Objet

On pourra réaliser les expériences suivantes :

- I mesure de la distance focale d'une lentille
- II association de lentilles (applications)
- III vérification de l'inversion d'image
- IV Dioptré plan : la lame à faces parallèles
la cuve à faces parallèles
- V le prisme

I - MESURE DE LA DISTANCE FOCALE D'UNE LENTILLE

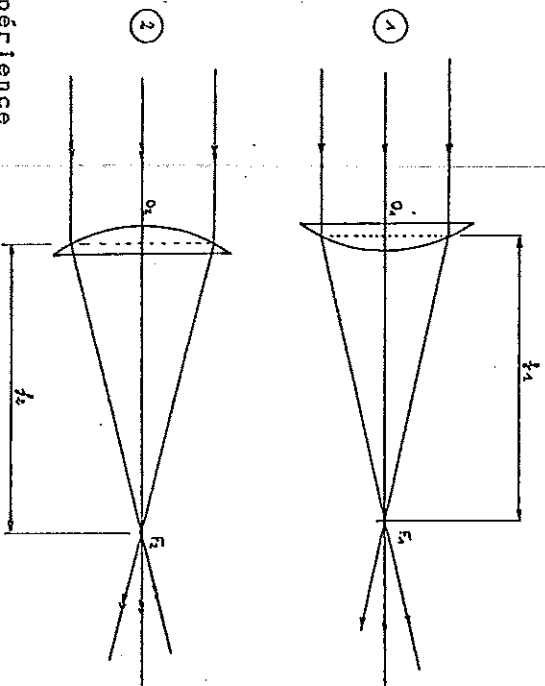
- 1 - Lentilles convergentes
Matériel nécessaire
 - 1 source lumineuse MT 2264
 - 1 panneau métallique MT 2257
 - 3 lentilles convergentes
 - 3 feuilles de papier blanc
 - 2 feutres de couleurs différentes
 - 1 règle graduée

a) lentille planconvexe

Placer la source lumineuse sur le panneau métallique blanc, la brancher et régler le parallélisme des rayons, cacher quatre rayons en gardant le rayon central.

Tracer une ligne droite sur une feuille blanche et superposer cette ligne avec le rayon lumineux, bloquer la feuille avec des punaises magnétiques ou autres. Disposer la lentille planconvexe sur la feuille de sorte que le rayon ne soit pas dévié (détermination de l'axe principal de la lentille). Puis on libère un faisceau de part et d'autre du rayon principal et l'on trace les rayons déviés ainsi que le contour de la lentille.

On observe donc des rayons émergents qui convergent en 1 point appelé foyer principal et la distance focale est déterminée par la mesure du foyer principal au centre optique de la lentille.



Résultat de l'expérience

- ① $f_1 = 100 \text{ mm}$
 ② $f_2 = 100 \text{ mm}$ $f_1 = f_2$

Vérification de l'expression de la vergence d'une lentille mince

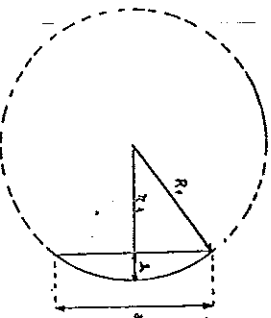
Soit notre lentille planconvexe de rayons de courbure

$R_1 \approx 50 \text{ mm}$ et $R_2 = \infty$, d'indice de réfraction $n = 1,5$ (plexiglas)

Vérifions la relation algébrique

$$C = \frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Détermination de R_1



$a = 73 \text{ mm}$ $R_1 = r_1 + h$
 $h = 16 \text{ mm}$ $R_1 = \sqrt{r_1^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2}$
 $r_1 + h = \sqrt{r_1^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} \Rightarrow r_1 = \frac{a^2}{8h} - \frac{h}{2}$

Applications numérique

$r_1 = 41,63 - 8 = 33,63 \text{ mm}$
 $R_1 = r_1 + h = 33,63 + 16 = 49,63 \approx 50 \text{ mm}$

D'où le résultat

$C = \frac{1}{f} = (1,5 - 1) \cdot \left(\frac{1}{0,05} + \frac{1}{\infty} \right) = \frac{0,5}{0,05} = 10 \text{ D}$

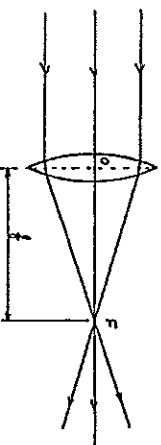
$\rightarrow c = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{C} = 0,1 \text{ m} = \boxed{100 \text{ mm}} = f$

b) lentilles biconvexes

On procédera de la même manière que pour la lentille planconvexe pour déterminer l'axe principal, le foyer principal et la distance focale des deux lentilles biconvexes.

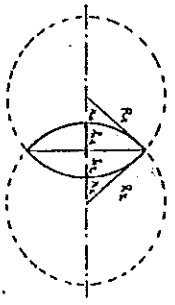
Résultat des expériences

lentille A = f 50 mm
 lentille B = f 24 mm



Vérification de l'expression de la vergence d'une lentille mince

Solent nos deux lentilles biconvexes A et B, vérifions la relation algébrique :



$$c = \frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

lentille A	42	42	8	8	50	50	20
lentille B	16	16	8	8	25	25	40
$n_A = 1,5 = n_B$	R_1 mm	R_2 mm	h_1 mm	h_2 mm	R_1 mm	R_2 mm	C dioptries

D'où les résultats calculés :

$$f_A = \frac{1}{CA} = \frac{1}{20} = 50 \text{ mm, et } f_B = \frac{1}{CB} = \frac{1}{24} = 24 \text{ mm}$$

2) Lentille divergente (planconcave)

Matériel nécessaire

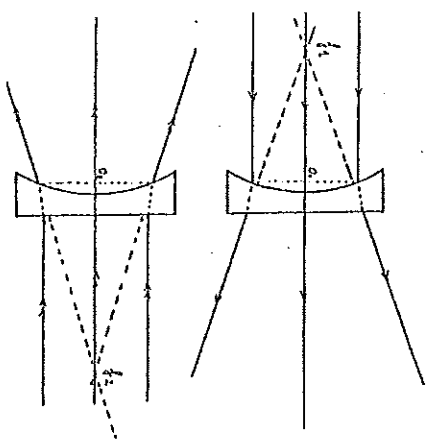
- 1 source lumineuse MT 2264
- 1 panneau métallique MT 2257
- 1 lentille planconcave
- 1 feuille de papier blanc
- 2 feutres de couleurs différentes
- 1 règle graduée

Détermination de la distance focale de la lentille

On procédera de la même façon que pour les lentilles convergentes pour la détermination de l'axe principal de la lentille. Puis on libère un faisceau de part et d'autre du rayon principal et l'on trace les rayons déviés ainsi que le contour de la lentille. On observe donc les rayons émergents qui divergent. En extrapolant, nous prolongerons ces rayons avec un feutre et la règle graduée de sorte qu'ils se croisent avec le rayon principal en un point appelé foyer principal et la distance focale est déterminée par la mesure du foyer principal au centre optique de la lentille.

Résultat de l'expérience

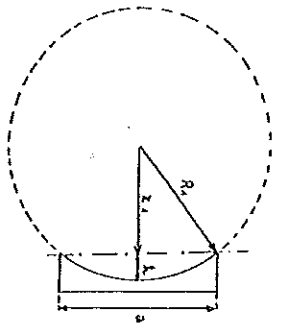
- 1 $f_1 = -100 \text{ mm}$
 - 2 $f_2 = -100 \text{ mm}$
- $f_1 = f_2$



Vérification de l'expression de la vergence d'une lentille épaisse

Soit notre lentille planconcave de rayons de courbure $R_1 \approx -50 \text{ mm}$ et $R_2 = \infty$, d'indice de réfraction $n = 1,5$ (plexiglas), vérifions la relation algébrique :

$$c = \frac{1}{f} = (n-1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$



$$h = 19 \text{ mm}$$

$$a = 80 \text{ mm}$$

$$r_1 = \frac{a^2}{8h} = \frac{h}{2} = 34,605$$

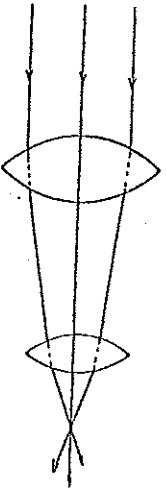
$$R_1 = (r_1 + h) = 53,605$$

D'où le résultat $C = \frac{1}{f} = \frac{0,5}{-53,605} = -9,33$ dioptries

$$f = 107,18 \text{ mm}$$

II ASSOCIATION DE LENTILLES

1 - Association de deux lentilles convergentes



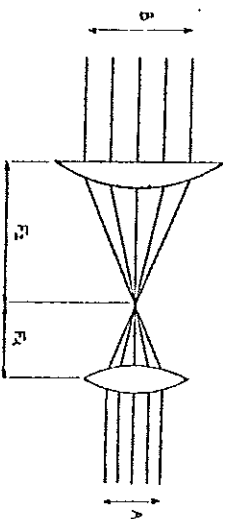
Si l'on associe à 1 lentille biconvexe, une seconde lentille biconvexe on augmente la convergence de cette lentille.

2 - Association d'une lentille convergente et d'une lentille divergente

Si l'on place derrière une lentille biconvexe une lentille concave, on diminue la convergence de la première lentille.



3 - Application



Solent les rayons de la source lumineuse formant l'objet A, soit B l'image de ces rayons. On observe que l'écartement de ces rayons est différent voire plus grand qu'en A. On calcule l'agrandissement par la formule, (on le vérifie par l'expérience).

$$B \approx \frac{F_2}{F_1} \times A \quad \text{ou} \quad B \approx \frac{F_2}{F_1} A$$

III - Inversion d'image

Soit une lentille convergente et la source lumineuse dont les rayons sont parallèles. Plaçons devant l'une des fentes de la source lumineuse une feuille transparente colorée. Nous pourrions suivre ce rayon et constater qu'au foyer de la lentille le rayon coloré est passé de l'autre côté de l'axe principal, il y a inversion d'image.

IV - Dioptries plans

C'est l'ensemble de deux milieux transparents et homogènes dont les indices sont différents et séparés par une surface plane.

Exemples :

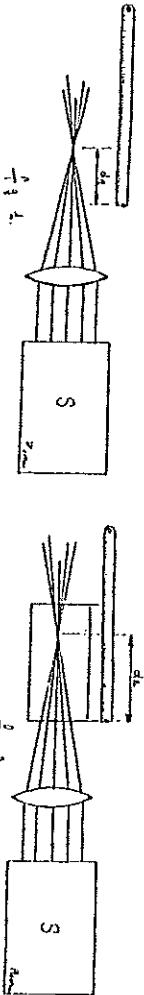
Une vitre au contact de l'air, un plan d'eau immobile en contact avec l'air.

1 - La cuve à faces parallèles

Matériel nécessaire

- un panneau métallique MT 2257
- une source de lumière MT 2264
- une règle graduée MT 2260
- une cuve à faces parallèles
- une lentille convergente

Expérience : Image réelle d'un objet virtuel et vérification de la formule du dioptre plan.



Disposer la source de lumière sur le panneau métallique, régler le parallélisme des rayons, placer la lentille convergente sur le panneau, et repérer le foyer de la lentille en plaçant la cuve à faces parallèles de sorte que l'une des faces soit sur ce foyer perpendiculaire à l'axe principal, et l'autre ouverture orientée vers le haut. Verser de l'eau dans la cuve puis disposer parallèlement à l'axe principal la règle graduée et lire D1 (fig. 1). Puis faire glisser la cuve le long de la règle jusqu'au zéro de la règle et lire D2 (fig. 2). Revenir sur D1, mesurer une autre distance D1 donc une distance D2 différente et les noter dans un tableau.

Vérification expérimentale de la formule du dioptre plan

$$\frac{D2}{D1} = \frac{n2}{n1} \quad n2 = n1 \cdot \frac{D2}{D1}$$

Tableau récapitulatif

d1	30	40	50	60	70
d2	40	55	67	80	93
$\frac{d2}{d1}$	1.33	1.38	1.34	1.33	1.33

Conclusion : si $n1$ indice de l'air = 1

$n2$ indice de l'eau = 1,33

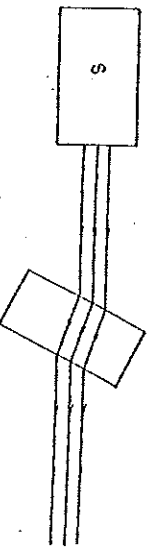
On vérifie ainsi la formule $n2 = n1 \cdot \frac{D2}{D1} = \frac{D2}{D1}$

2. La lame à faces parallèles

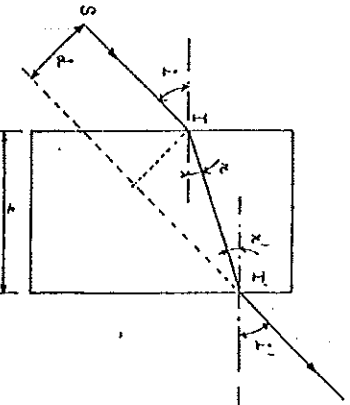
Définition : Milieu transparent délimité par deux plans parallèles au moins.

21. Marche d'un rayon lumineux dans une lame à faces parallèles

Expérience :



Placer la lame à faces parallèles de sorte qu'elle soit traversée par les rayons lumineux de la source MT 2264. Tracer les rayons au feutre sur une feuille de papier.



$$\textcircled{1} \begin{cases} \sin i = n \cdot \sin r \\ \sin i' = n \cdot \sin r' \\ II' = \frac{d}{\cos r} \\ \sin(i-r) = \frac{d}{II'} \end{cases}$$

Justifications

A. Le rayon émergent est parallèle au rayon incident

- Le rayon SI subit 2 réfractions successives, en I et I'

- En I nous avons $\sin i = n \sin r$, en I', $\sin i' = n \sin r'$, or $r = r'$ comme angles alternes - internes, on a donc $\sin i = \sin i'$ ou $i = i'$.

- Donc quelle que soit la valeur de l'angle d'incidence, le rayon émergent est parallèle au rayon incident.