

ETINCELLE

PHYSIQUE

CHIMIE

Manuel de l'élève

Auteurs

El heddari Mohammed

Ex-Inspecteur pédagogique
du cycle secondaire qualifiant
(Coordinateur)

Fazazi Driss

Ex-Inspecteur pédagogique
du cycle secondaire qualifiant

Ifadissen Abderrahim

Inspecteur pédagogique
du cycle secondaire qualifiant

El ferroune El radi

Inspecteur pédagogique
du cycle secondaire qualifiant

El-Khomssi El-ghali

Inspecteur pédagogique
du cycle secondaire qualifiant

Mojahid Rachid

Inspecteur pédagogique
du cycle secondaire qualifiant

Mjahed Nour-eddine

Inspecteur pédagogique
du cycle secondaire qualifiant

PARTIE 1



Mécanique

Leçon 1

Rotation d'un solide autour d'un axe fixe 13

Activité expérimentale : Rotation d'un solide autour d'un axe fixe	14
Activité expérimentale : Vitesse linéaire - vitesse angulaire	15
Activité expérimentale : Rotation uniforme	16
Cours	17
Auto-évaluation	19
Exercice résolu	20
Exercices	21

Leçon 2

Travail et Puissance d'une force 23

Activité documentaire : Fournir un effort efficace	24
Activité documentaire : Tirer pour déplacer	25
Activité documentaire : Poids du corps et mouvement	26
Activité documentaire : Évaluer un travail	27
Cours	28
Auto-évaluation	32
Exercice résolu	33
Exercices	34

Leçon 3

Le travail : mode de transfert d'énergie Énergie cinétique 37

Activité expérimentale : Vitesse et énergie	38
Activité expérimentale : Exprimer l'énergie cinétique	39
Activité expérimentale : Théorème de l'énergie cinétique	40
Cours	41
Auto-évaluation	44
Exercice résolu	45
Exercices	46

Leçon 4

Le travail : Mode de transfert d'énergie Énergie potentielle de pesanteur 49

Activité documentaire : Énergie et altitude	50
Cours	51
Auto-évaluation	52
Exercice résolu	53
Exercices	54

Leçon 5

Le travail : Mode de transfert d'énergie Énergie mécanique 57

Activité expérimentale : Échanges d'énergies sans pertes	58
Activité expérimentale : Échanges d'énergies avec pertes	59
Cours	60
Auto-évaluation	61
Exercice résolu	62
Exercices	63

PARTIE 2



Électricité

Leçon 1

Transfert d'énergie électrique dans un circuit - Puissance électrique 69

Activité expérimentale : Énergie au sein d'un récepteur	70
Activité expérimentale : Effet de Joule	71
Activité expérimentale : Énergies au sein d'un récepteur	70
Activité expérimentale : Énergies au sein d'un générateur	72
Activité expérimentale : Distribution de l'énergie	73
Cours	74
Auto-évaluation	79
Exercice résolu	80
Exercices	81

Leçon 2

Champ magnétique	85
------------------------	----

Activité expérimentale : Aimant naturel et aimant artificiel	86
Activité expérimentale : Spectres magnétiques	87
Activité documentaire : La Terre : un véritable aimant	88
Cours	89
Auto-évaluation	92
Exercice résolu	93
Exercices	94

Leçon 3

Champ magnétique créé par un courant électrique	97
---	----

Activité expérimentale : Courant et champ magnétique	98
Activité documentaire : Caractériser un champ magnétique créé par un courant	99
Activité expérimentale : Intensité d'un champ magnétique	100
Cours	101
Auto-évaluation	104
Exercice résolu	105
Exercices	106

Leçon 4

Forces électromagnétiques Loi de Laplace	109
--	-----

Activité expérimentale : Agir sur un conducteur	110
Activité expérimentale : Conversions d'énergies	111
Cours	112
Auto-évaluation	114
Exercice résolu	115
Exercices	116

PARTIE 3



Optique

Leçon 1

Conditions de visibilité d'un objet	121
---	-----

Activité expérimentale : Condition de visibilité d'un objet	122
Activité expérimentale : Réfraction des rayons lumineux	123
Activité expérimentale : Réflexion des rayons	124
Cours	125
Auto-évaluation	130
Exercice résolu	131
Exercices	132

Leçon 2

Images données par une lentille mince convergente-instruments optiques	137
--	-----

Activité expérimentale : Points conjugués	138
Activité expérimentale : Relations d'une lentille convergente	139
Activité expérimentale : Mesure de la distance focale d'une lentille convergente	140
Activité expérimentale : Explorer l'univers	141
Cours	142
Auto-évaluation	148
Exercice résolu	149
Exercices	150

PARTIE 1



La mesure en chimie

Leçon 1

Importance de la mesure des quantités de matière dans la vie courante	157
---	-----

Activité documentaire : Pourquoi mesurer en chimie ?	158
Cours	159
Auto-évaluation	161
Exercice résolu	162
Exercices	163

Leçon 2**Grandeurs liées aux quantités de matière ..165**

Activité expérimentale : Loi de Boyle-Mariotte	166
Activité expérimentale : Solutions électrolytiques	167
Activité documentaire : Caractère dipolaire d'une molécule	168
Activité expérimentale : Suivi d'une transformation chimique	169
Cours	170
Auto-évaluation	178
Exercice résolu	179
Exercices	180

Leçon 3**Détermination de la quantité de matière dans une solution par mesure physique :
Mesure de la conductance183**

Activité expérimentale : Conductance d'une solution	184
Activité expérimentale : Courbe d'étalonnage	185
Cours	186
Auto-évaluation	189
Exercice résolu	190
Exercices	191

Leçon 4**Détermination de la quantité de matière par réaction chimique : Les réactions acido-basiques193**

Activité documentaire : Transfert de proton H^+	194
Activité expérimentale : Couples acide/base	195
Cours	196
Auto-évaluation	199
Exercice résolu	200
Exercices	201

Leçon 5**Détermination de la quantité de matière par réaction chimique : Les réactions d'oxydoréduction203**

Activité expérimentale : Oxydant et réducteur	204
Activité documentaire : Réactions d'oxydoréduction	205

Cours	206
Auto-évaluation	208
Exercice résolu	209
Exercices	210

Leçon 6**Dosages directs213**

Activité expérimentale : Dosage colorimétrique	214
Activité expérimentale : Dosage par conductimétrie	215
Cours	216
Auto-évaluation	219
Exercice résolu	220
Exercices	221

**Chimie organique****Leçon 1****Expansion de la chimie organique227**

Activité documentaire : Aperçu historique de la chimie organique	228
Activité documentaire : Le carbone, élément de base de la chimie organique	229
Cours	230
Auto-évaluation	233
Exercice résolu	234
Exercices	235

Leçon 2**Lecture d'une formule chimique - Présentation des molécules organiques237**

Activité expérimentale : Présentation des molécules organiques	238
Activité documentaire : chaîne carbonnée et propriétés physiques	239
Cours	240
Auto-évaluation	243
Exercice résolu	244
Exercices	245

Leçon 3

Modification du squelette carboné	247
---	-----

Activité documentaire : Exemples de modification de chaîne carbonée..... 248

Activité documentaire : Allonger une chaîne carbonée... 249

Cours 250

Auto-évaluation 253

Exercice résolu 254

Exercices 255

Leçon 4

Les groupes caractéristiques et réactivité	257
--	-----

Activité documentaire : Étude de quelques familles de composé organiques..... 258

Activité expérimentale : Identification des groupes caractéristiques..... 259

Activité expérimentale : Réactivité des alcools..... 260

Cours 261

Auto-évaluation 267

Exercice résolu 268

Exercices 269

Outils et fiches ressources

Réponse aux QCM	274
-----------------------	-----

Verbes actions	275
----------------------	-----

Fiches Méthodes	276-277-278-279-280
-----------------------	---------------------

Sécurité	281
----------------	-----

Constantes fondamentales	282
--------------------------------	-----

Alphabet grecque	283
------------------------	-----

Savoir calculer	284
-----------------------	-----

Tableau périodique	285
--------------------------	-----

Glossaire/Lexique	286-287
-------------------------	---------

Bibliographie	288
---------------------	-----

Apostrophe

Conditions de visibilité d'un objet

> *Comment l'image est-elle formée ?*

Objectifs d'apprentissages

- Savoir qu'un objet ne peut être visible que lorsqu'il est éclairé ou émettant de la lumière ;
- Savoir comment l'image est formée et expliquer son interprétation par le cerveau ;
- Définition du phénomène de réfraction et le principe du retour inverse de la lumière ;
- Connaître les deux lois de Descartes sur la réfraction et leurs exploitations ;
- Détermination graphique de la position et les dimensions de l'image d'un objet par un miroir plan.

Prérequis

- Sources et récepteurs de la lumière
- Milieux de propagation
- Principe de la propagation rectiligne de la lumière.

Prolongements

- Construction d'image
- Système optique
- Réfraction de la lumière

▼ Au levé de soleil, une image splendide c'est formée sur une boule en verre

I Condition de visibilité d'un objet

Mise en situation

L'hiver, pour prendre la route par mauvais temps, il est indispensable d'allumer les feux de position, voire les feux de croisement si la luminosité est mauvaise. Et si le brouillard ou la pluie sont trop importants, il faut allumer les feux de brouillard. Il faut penser également à bien mettre les clignotants à chaque changement de direction, encore plus que d'habitude.

→ À quoi sert toutes ces précautions ?



Brouillard

Matériel

> Lampe - bougie - Laser - écran blanc - deux bols - pièce de monnaie - eau de robinet

Protocole

Manipulation 1

• Placer une bougie et un écran blanc dans un endroit obscur.

Manipulation 2

• Diriger le faisceau Laser vers un tableau blanc.
• Interposer de la poussière (ou de la fumée) sur le trajet du faisceau Laser.

Manipulation 3

• Placer une pièce de monnaie au fond d'un bol et se positionner de façon à ne pas voir la pièce puis verser de l'eau et se repositionner la même distance.



L'antiquité :

Euclide : un rayon jaillit de l'œil et va au contact des objets.

Démocrite : la vision résulte d'une image émise par les objets et qui entre dans l'œil.

Moyen âge :

Alhazen : la lumière produite par les objets lumineux **se répercute** sur les objets diffusants et arrive à l'œil.

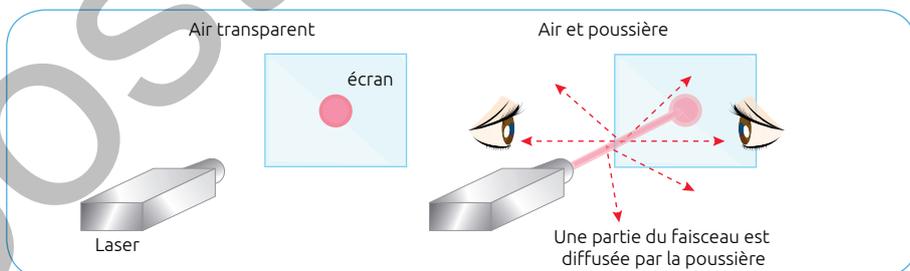
Doc. 1 histoire de la lumière



Sans eau

en présence d'eau

Doc. 2 pièce de monnaie



Doc. 3 Faisceau LASER

Piste de travail :

Observer

1. Décrire ce que vous observez dans chaque manipulation.
2. Quel organe est-il indispensable pour la vision ?

Interpréter

3. Alhazen distingue deux types d'objets. Expliquer ce qui les différencie.
4. Traduire les modèles d'Euclide et Démocrite en schémas. sont-ils en accord avec les résultats de la

manipulation 2.

Conclure

5. Citer les conditions de visibilité d'un objet ?
6. La lumière est-elle visible ? Comment se propage-t-elle ?

Mobiliser

7. Pourquoi l'œil se trompe en extrapolant la position de la monnaie sous l'eau **Doc. 2** ?

LEXIQUE

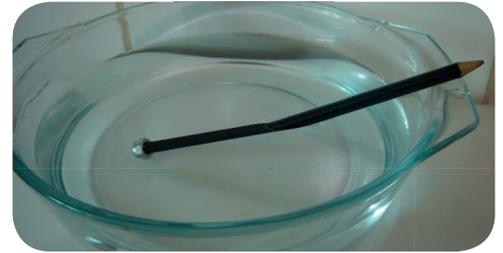
• **Se répercute** : Être réfléchi, renvoyé

II Réfraction des rayons lumineux

Mise en situation

En regardant un crayon immergé partiellement dans l'eau, il nous paraît comme s'il était plié ou même cassé. Ce phénomène est expliqué par le fait que les rayons issus de la partie immergée dévient au passage de l'eau à l'air.

→ À quelle loi obéit ce phénomène de déviation ?



Matériel

> Lanterne, demi-cylindre transparent, disque gradué en (°)

Protocole

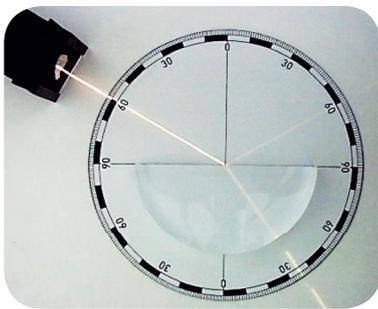
Manipulation 1 :

- Envoyer un faisceau lumineux, sur la partie plane du demi-cylindre sous une incidence d'angle i_1 et noter l'angle de réfraction i_2 ;
- Faire varier i_1 et relever les valeurs de i_2 .

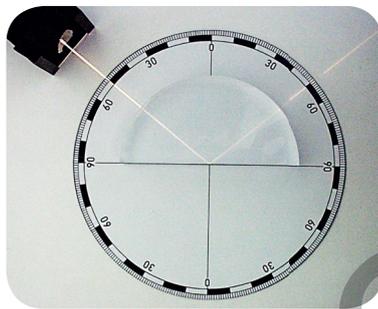
Manipulation 2 :

- Inverser le demi-cylindre **Doc 2**, et faire varier l'angle d'incidence de 0° à 90° .
- Choisir la plus grande valeur possible i_{lim} (l'angle limite) qui permet d'obtenir un rayon réfléchi.

Remarque : chaque milieu est caractérisé par son indice de réfraction $n_i = \frac{c}{v}$ avec : c et v sont les vitesses de propagation successivement dans le vide et dans le milieu.



Doc. 1 Manipulation 1



Doc. 2 manipulation 2



Doc. 3 Arc en ciel



Doc. 4 Mirage

Piste de travail :

Observer

1. Décrire la marche du rayon lumineux **Doc. 1**
2. Remplir le tableau suivant :

i_1	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
i_2									
$\frac{\sin i_1}{\sin i_2}$									

3. Comparer le rapport $\frac{\sin i_1}{\sin i_2}$ au rapport $\frac{n_2}{n_1}$. Avec $n_1=1$ et $n_2=1,5$

Interpréter

4. Décrire le comportement du rayon lumineux

lorsque $0^\circ \leq i_1 \leq 90^\circ$? (**Doc 1**). Interpréter le cas limite $i_1 = 90^\circ$

5. Décrire le comportement du rayon lumineux quand $i_1 > i_{lim}$ (**Doc 2**)

Conclure

6. Dédurre les lois auxquelles obéit la lumière lors de réfraction.

Mobiliser

7. Proposer une explication des deux phénomènes du **Doc. 3** et **Doc. 4**. (s'aider des schémas explicatifs).

III Réflexion des rayons

Mise en situation

Pendant la nuit il nous semble qu'il n'y a plus de rayons solaires dans le ciel, mais la vision de la lune nous fait comprendre que ces rayons existent toujours, mais sont invisibles, seuls les rayons qui se réfléchissent sur la lune transportent sa photo vers nos yeux

→ À quelle loi obéit la réflexion de ces rayons ?



Matériel

> Lanterne, disque gradué en ($^{\circ}$) et miroir plan **Doc 1**

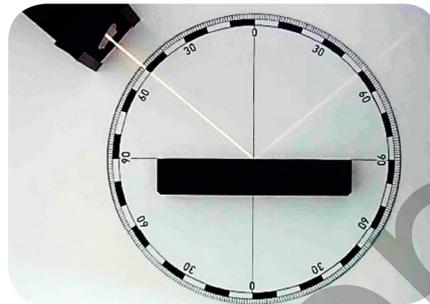


Protocole

- Envoyer sur le miroir (**Doc. 1**), un rayon lumineux sous une incidence d'angle i ;
- Noter l'angle r de réflexion ;
- Répéter la mesure pour d'autres angles.

NB :

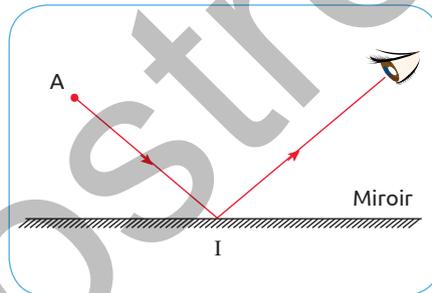
- Le rayon incident doit être dirigé vers le centre du disque ;
- Les angles sont mesurés par rapport à la normale au miroir.



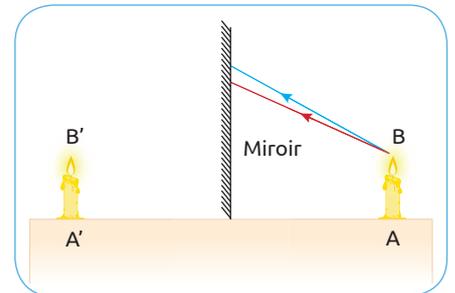
Doc. 1 Réflexion sur un miroir



Doc. 2 Image dans un miroir



Doc. 3 Image d'un point par un miroir



Doc. 4 Image d'un objet par un miroir

Piste de travail :

Observer

1. La personne et son image dans un miroir plan ont-elles la même taille **Doc. 2** ?
2. Comparer les valeurs des angles d'incidence et de réflexion **Doc. 1**

Interpréter

3. Comment l'image nous parvient à travers un miroir plan .
4. Construire l'image A'B' de l'objet AB, par rapport au miroir plan **Doc. 4s**.

Conclure

5. A quelles lois obéissent les angles d'incidence et de réflexion sur un miroir plan.
6. Dédire les caractéristiques de l'image d'un objet dans un miroir plan.

Mobiliser

7. Recopier la figure **Doc. 3** et construire le symétrique A' du point A par rapport au miroir plan, et proposer une méthode pratique pour construire le rayon réfléchi sans mesure d'angles ?

LEXIQUE

Lanterne : Source lumineuse • **Normale** : Perpendiculaire

I

Condition de visibilité

→ Activités 1

1 • Nécessité de la lumière

La lumière est un élément vital dans notre existence, parce qu'elle est indispensable à tous les êtres vivants et les plantes. Elle nous rend également de multiples services dans l'entretien de notre santé et vitalité.

Lorsqu'un observateur se trouve dans le noir absolu, il ne pourra rien voir, avant d'allumer la lumière.

La lumière nous apparaît :

- Soit directement, du soleil **Doc. 1**, ou d'un feu (source primaire).
- Soit par réflexion sur les objets qu'elle touche (source secondaire).

La visibilité d'un objet nécessite donc de la lumière :

- Un objet est visible s'il est éclairé.
- Un objet est visible s'il diffuse de la lumière.

2 • Rôle de l'œil

La vision des objets est régie par la chaîne :

objet → propagation de la lumière → œil

L'œil **Doc. 2**, permet au cerveau d'interpréter ce que nous observons.

Lorsque l'œil perçoit la lumière, celle-ci traverse plusieurs milieux transparents qui dévient sa trajectoire, pour arriver sur les photorécepteurs de la rétine qui la convertissent en influx nerveux, qui sera véhiculé par les nerfs optiques jusqu'au cerveau.

3 • Visibilité de la lumière

Lorsqu'on allume une source laser, on ne voit la lumière que lorsqu'elle touche la matière **Doc. 3**.

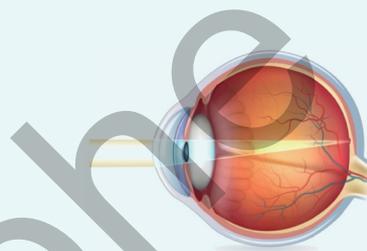
La lumière est invisible, mais on voit les objets qui la renvoient vers nos yeux.

EXEMPLE :

Pendant la nuit, le ciel nous apparaît noir, malgré l'existence des rayons solaires partout. La vision de la lune est due à la réflexion de la lumière sur son sol, vers nos yeux.



Doc. 1 Soleil : source de lumière



Doc. 2 Œil humain



Doc. 3 Visibilité dans l'eau

II

Propagation de la lumière

→ Activités 1

1 • Modèle du rayon lumineux

Un faisceau de lumière **Doc. 4**, issue d'une lampe, est constitué par un ensemble de rayons lumineux.

Le rayon lumineux modélise la représentation géométrique du trajet suivi par la lumière pour aller d'un point à un autre.

Il est représenté par une droite orientée dans le sens de propagation de la lumière.

Sens de propagation



Rayon lumineux

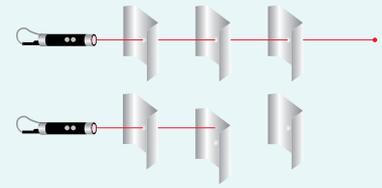


Doc. 4 Faisceau de lumière

2 • Propagation rectiligne des rayons lumineux

La lumière se propage dans un milieu homogène, transparent et isotrope selon des trajets rectilignes (Doc. 5).

Le cerveau est conditionné par la propagation rectiligne de la lumière, il localise un objet dans la direction du rayon qui arrive dans l'œil.



Doc. 5 Propagation rectiligne de la lumière

Changement de milieu de propagation : réfraction et réflexion → Activités 2 et 3

1 • Effet des lentilles et des miroirs sur la propagation de la lumière

Les lentilles et les miroirs Doc. 6 sont les constituants principaux des systèmes optiques usuels.

- Un rayon lumineux qui traverse une lentille, se diverge ou se converge. Il subit une déviation : **c'est la réfraction**.
- Un rayon lumineux qui arrive sur un miroir change de direction sans traverser le miroir : **c'est la réflexion**

2 • La réfraction

a - Description

On envoie un rayon lumineux en un point I d'une surface qui sépare deux milieux Doc. 7

- Le point I est appelé : **point d'incidence**.
- La perpendiculaire au miroir passant par I s'appelle : **la normale**.
- L'angle i_1 entre le rayon incident et la normale s'appelle : **angle d'incidence**.

b - Interprétation

Les rayons incidents dévient lorsqu'ils passent d'un milieu à l'autre. Notre cerveau est conditionné par la propagation rectiligne de la lumière, un point A est perçu comme s'il était au point A' Doc. 8 On a ainsi l'impression que les points sont décalés vers le haut.

c - Lois de Descartes pour la réfraction

On énonce ainsi les lois de Snell-Descartes de la réfraction :

- Les rayons réfléchi et réfracté appartiennent au plan d'incidence.
- L'angle de réfraction i_2 est relié à i_1 par la relation : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

d - Indice de réfraction

On a : $\frac{\sin(i_1)}{\sin(i_2)} = C^{te}$. La constante (Cte) est **l'indice relatif** du milieu (2) par rapport au milieu (1) on le note $n_{2/1}$.

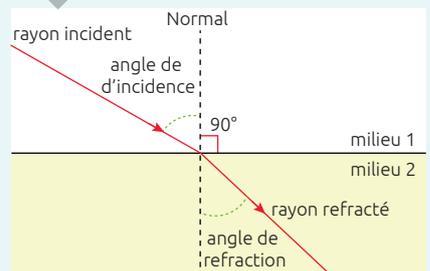
L'indice absolu d'un milieu est son indice relatif par rapport au vide, on le note n.

L'air est assimilé au vide : C.à.d : $n_1 = n_{1/air}$ et $n_2 = n_{2/air}$

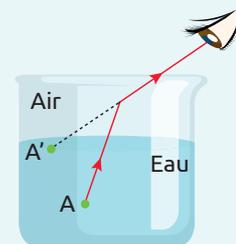
d'où, si le milieu (1) est l'air : $n_{2/1} = \frac{n_{2/air}}{n_{1/air}} = \frac{n_2}{n_1}$



Doc. 6 Lentille et miroir



Doc. 7 Réfraction



Doc. 8 Trajet d'un rayon lumineux



Descartes (1596-1650)

REMARQUE :

Si $n_2 > n_1$: On dit que le milieu (2) est plus réfringent que le milieu (1).

e - Réflexion totale des rayons lumineux

• Si $n_2 > n_1$: le rayon passe d'un milieu à un autre plus réfringent.

On a toujours : $i_2 < i_1$: Le rayon se réfracte toujours en s'approchant de la normale.

- Si $n_2 < n_1$: le rayon passe d'un milieu à un autre moins réfringent.

On a toujours : $i_2 > i_1$:

- Si : $i_2 = 90^\circ$: i_1 atteint une valeur appelée valeur limite tel que : $\sin(i_1) = \frac{n_2}{n_1}$

- Si : $i_1 < i_{1l}$: Le rayon se réfracte en s'éloignant de la normale.

- Si : $i_1 > i_{1l}$: Le rayon se réfléchit totalement **Doc. 9**.

NB : Dans ce dernier cas, le rayon obéit aux lois de Descartes de la réflexion.

3 • La réflexion

a - Description

On envoie un rayon lumineux en un point I d'un miroir :

L'angle « r » entre le rayon réfléchi et la normale s'appelle : **angle de réflexion**. Les rayons lumineux réfléchis sur des objets peuvent nous parvenir directement, ou après réflexion sur des surfaces réfléchissantes **Doc. 10**, ou réfraction dans des milieux transparents.

EXEMPLE : La main droite apparaît dans un miroir comme si elle était la main gauche **Doc. 11**.

b - Lois de Descartes pour la réflexion

Les lois de Snell-Descartes de la réflexion s'écrivent :

- Les rayons, incident et réfléchi, appartiennent au même plan;
- Les angles, d'incidence (i) et de réflexion (r), sont égaux :

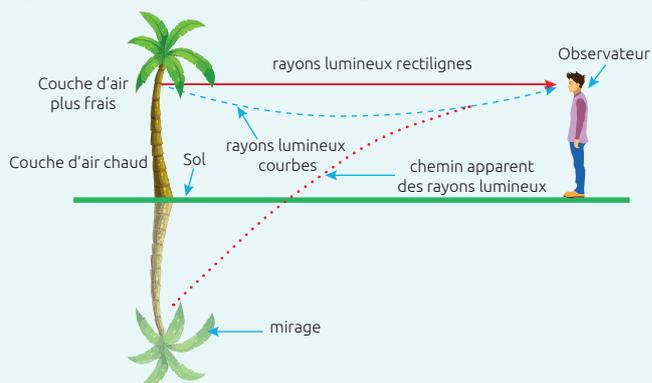
On écrit donc : $i = r$

4 • Applications

a - Le mirage

Le mirage est un phénomène optique dû à la réfraction des faisceaux lumineux par des superpositions de couches d'air de températures différentes donc d'indices de réfraction différents **Doc. 12**.

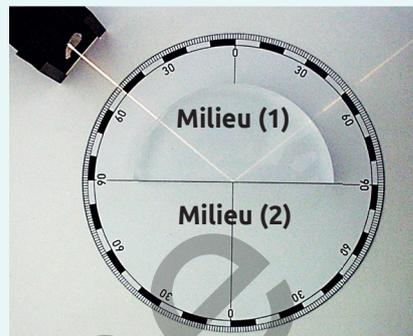
Un mirage a la même réalité que l'image d'un objet dans un miroir.



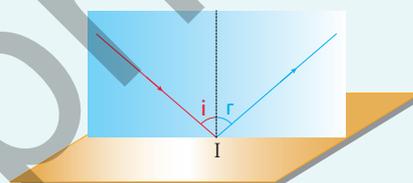
Le saviez-vous ?

- L'indice de réfraction du vide est : $n_{\text{vide}} = 1$.

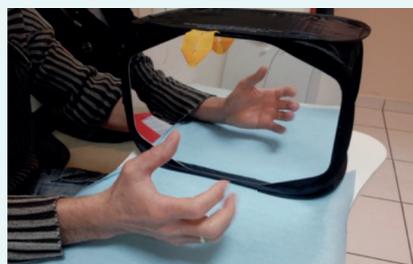
- L'indice de réfraction de l'air est : $n_{\text{air}} = 1,00027 \approx 1$.



Doc. 9 Réflexion totale



Doc. 10 Réflexion



Doc. 11 Symétrie dans un miroir

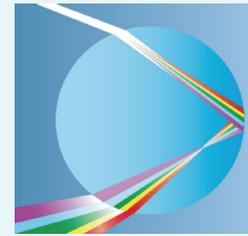


Doc. 12 Mirage

b - L'arc en ciel

Lorsque le faisceau lumineux émis par le soleil va rencontrer la goutte d'eau, il va être réfracté lors de sa pénétration, réfléchi en partie sur l'arrière de la goutte et réfracté à nouveau lors de la sortie de la goutte.

REMARQUE : la lumière blanche (**lumière du soleil**) se décompose en différentes lumières colorées après réfractions. **Doc. 13**



Doc. 13 Gouttelette d'eau

IV Image d'un objet à travers un miroir plan

→ Activités 3

1 • Notion d'image

On a l'habitude de nous voir quotidiennement dans des miroirs, mais on ne s'est jamais demandé si ce qu'on voit est bien la réalité ou non.

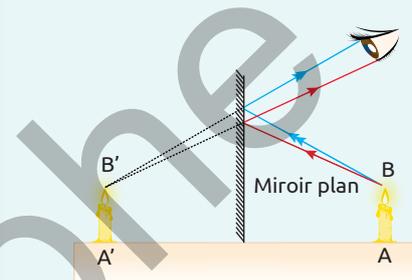
En appliquant les lois de Descartes à deux rayons lumineux issus de l'extrémité d'un objet AB **Doc. 14**, on déduit que :

- L'objet et son image ont mêmes dimensions ;
- L'objet et son image sont symétriques par rapport au miroir plan.

REMARQUE :

Les rétroviseurs de voitures **Doc. 15**, ne sont pas des miroirs plans, les images et les objets n'ont pas les mêmes tailles, et ne sont pas équidistants du miroir.

C'est pourquoi on peut voir nettement des objets très lointains.



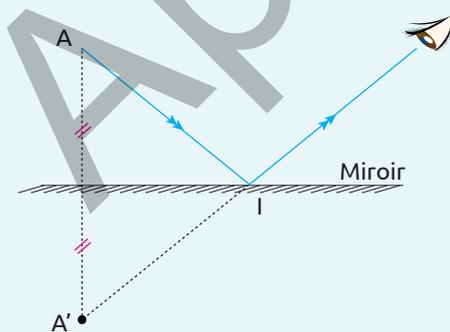
Doc. 14 Image d'une bougie

2 • Tracé pratique du trajet d'un rayon lumineux

Un rayon lumineux issu d'un objet ponctuel A se réfléchit sur un miroir comme s'il provenait d'un point fictif A' symétrique de A par rapport au miroir plan.

Le point A' est appelé image de A

On n'a donc pas besoin de mesurer les angles pour compléter le trajet d'un rayon lumineux tombant sur un miroir plan :



- On repère le point A' symétrique du point objet A par rapport au miroir plan ;
- On trace la droite passant par le point d'incidence I et le point A' ;
- Le rayon réfléchi est la demi droite à partir de I .

REMARQUE :

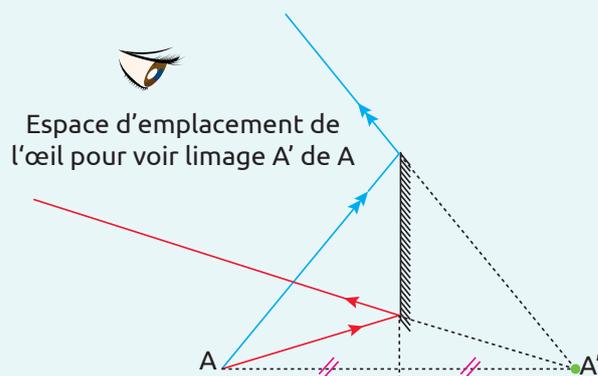
Pour un miroir de petite taille **Doc. 16**, l'œil doit être bien placé pour voir l'image d'un objet.



Doc. 15 Rétroviseur



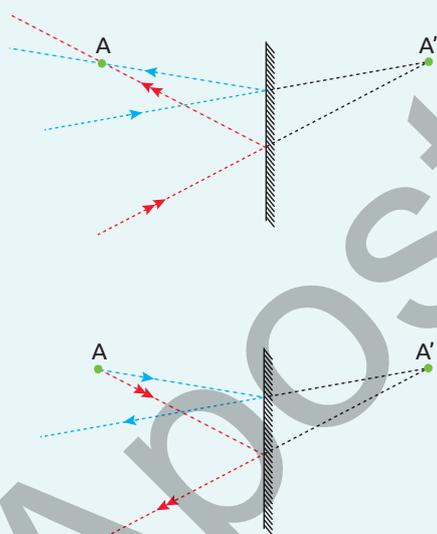
Doc. 16 Miroir de petite taille



3 • Principe de retour inverse de la lumière

- Lorsqu'on envoie des rayons lumineux en direction d'un point A' , ils se réfléchissent sur le miroir, et se coupent en un point A symétrique de A' par rapport au miroir ;
- Lorsqu'on envoie des rayons lumineux à partir du point A , ils se réfléchissent sur le miroir, comme s'ils provenaient du point A' symétrique de A par rapport au miroir.

Les trajets sont identiques dans les deux cas.

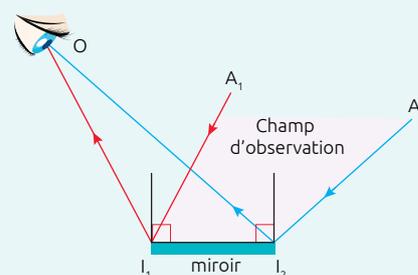


Le trajet suivi par la lumière est indépendant du sens de propagation.

4 • Champ d'observation d'un miroir plan

Pour qu'un point-objet A puisse être observé par réflexion sur un miroir plan, il faut que l'œil de l'observateur en O reçoive un rayon réfléchi IO correspondant à un rayon incident AI ; I désigne le point d'incidence sur le miroir et peut prendre toutes les positions sur le miroir. **Doc. 17.**

On construit les rayons réfléchis extrêmes pouvant provenir du miroir (rayons OI_1 et OI_2). En appliquant la loi de Descartes $i = r$, on construit les rayons incidents extrêmes réfléchis en I_1 et I_2 (rayons A_1I_1 et A_2I_2). La portion d'espace entre ces deux demi-droites constitue le champ d'observation par réflexion pour un l'œil placé en O .



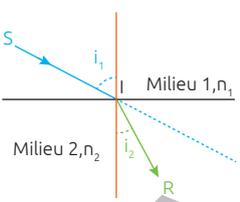
Doc. 17 Champ d'observation

? Le saviez-vous ?

Principe de Fermat :

La lumière se propage d'un point à un autre sur des trajectoires telles que la durée du parcours est minimale.

1 Choisir la (ou les) proposition(s) juste(s)

	A	B	C	D
1 Un observateur voit un objet si cet objet :	émet de la lumière	La lumière émise atteint son œil.	diffuse seulement la lumière	absorbe la lumière
2 Un miroir plan donne d'un point-objet S, un point-image S' :	S et S' se trouve du même côté	S' est symétrique à S par rapport au plan du miroir	S' se trouve à l'infini	S' n'est pas visible
3 Le rapport de la vitesse de la lumière dans le vide à la vitesse de la lumière dans un milieu matériel est :	L'indice de réfraction	La vitesse de propagations	L'angle d'incidence	La vitesse de la lumière
4  La photo présente le phénomène de :	réflexion	transmission	réfraction	incidence
5 La loi de Descartes pour la réfraction :	$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$	$n_1 \sin i_2 = n_2 \sin i_1$	$n_1 = n_2$	$n_1 \cdot i_1 = n_2 \cdot i_2$
6  L'indice de réfraction du milieu 1 est :	inférieur à celui du milieu 2	supérieur à celui du milieu 2	égale à celui du milieu 2	Aucune de ses réponses n'est vraie

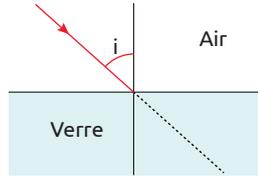
2 Répondre par vrai ou faux

	Vrai	Faux
1 L'observateur ne voit pas la lumière il voit seulement les objets lorsqu'ils sont capables de renvoyer cette lumière dans son œil		
2 Les objets de couleur claire diffusent moins la lumière que les objets sombres		
3 L' image d'un objet à travers un miroir plant est une image réelle .		
4 Il n'y a pas d'interaction entre deux rayons lumineux, un rayon ne peut pas en dévier un autre		

Énoncé

On considère un rayon de lumière qui passe de l'air au verre.
Il arrive avec un angle d'incidence $i_1 = 25^\circ$ sur l'interface air/verre.

On donne : $n_{\text{air}} = 1$ et $n_{\text{verre}} = 1,5$



- 1 • Dans quel milieu la vitesse de la lumière est-elle la plus élevée ?
- 2 • Quel est le milieu 1 par lequel la lumière arrive ? Quel est le milieu 2 dans lequel la lumière est réfractée ?
- 3 • Indiquer si le rayon se rapproche ou s'éloigne de la normale.
- 4 • Compléter le schéma en indiquant : angle d'incidence, angle de réfraction, le point d'incidence et la normale au point d'incidence
- 5 • Calculer l'angle de réfraction r avec lequel le rayon passe dans l'air.
- 6 • Existe-t-il, un rayon réfracté pour tout rayon incident ? Justifier.

LIRE

Il faut bien lire l'énoncé, et souligner « au fluorescent » les termes intéressants et les données.

Solution

- 1 • La vitesse de la lumière v dans chaque milieu :

- Dans l'air : $v_{\text{air}} = \frac{c}{n_{\text{air}}} \Rightarrow v_{\text{air}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1} = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

- Dans le verre : $v_{\text{verre}} = \frac{c}{n_{\text{verre}}} \Rightarrow v_{\text{verre}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,5} = 2 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

La vitesse de la lumière dans l'air est donc plus grande que dans le verre. La lumière se propage donc plus rapidement dans l'air que dans le verre.

- 2 • Le milieu 1 est l'air, le milieu 2 est le verre.

- 3 • La direction du rayon réfracté :

la loi de Descartes s'écrit : $n_{\text{air}} \cdot \sin i = n_{\text{verre}} \cdot \sin r \Rightarrow \frac{n_{\text{air}}}{n_{\text{verre}}} \cdot \sin i = \sin r$ avec $\frac{n_{\text{air}}}{n_{\text{verre}}} < 1 \Rightarrow \frac{\sin r}{\sin i} < 1$ soit $\sin r < \sin i$. On obtient alors $r < i$: le rayon se réfracte en se rapprochant de la normale.

- 4 • Schéma de l'expérience :

i_1 : Angle d'incidence

i_2 : Angle de réfraction

I : Point d'incidence

(N) : la normale au point d'incidence

- 5 • Valeur de l'angle de r réfraction;

D'après la loi de Descartes :

$$\sin r = \frac{n_{\text{air}}}{n_{\text{verre}}} \cdot \sin i \Rightarrow r = \arcsin\left(\frac{n_{\text{air}}}{n_{\text{verre}}} \cdot \sin i\right)$$

A.N. : $r = 16^\circ$

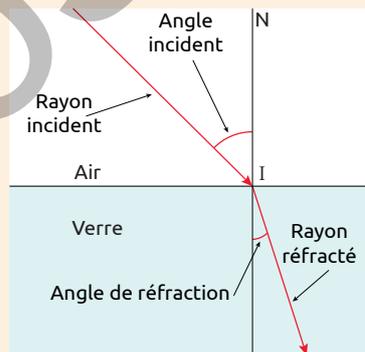
- 6 • Il existe un rayon réfracté pour tout rayon incident.

Justification : les valeurs de i sont : $0 < i < 90^\circ$.

r étant inférieur, le r peut toujours avoir une valeur entre 0 et 90° .

RÉDIGER

Il faut écrire d'abord les expressions littérales avant de passer aux applications numériques.



RAISONNER

Il faut justifier en citant les lois utilisées.

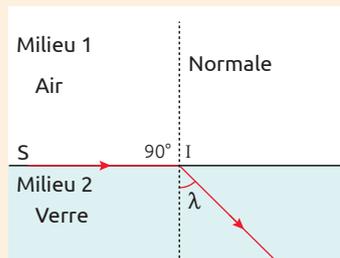
REMARQUE :

pour $i = 90^\circ$ r prend une valeur maximale

$$r_{\text{max}} = \lambda$$

$$\lambda = r_{\text{max}} = \arcsin\left(\frac{n_{\text{air}}}{n_{\text{verre}}}\right) \Rightarrow r_{\text{max}} = 42^\circ$$

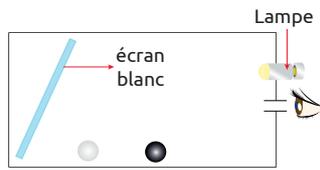
(réfraction limite)



Maîtriser ses connaissances

1 Éclairer un objet

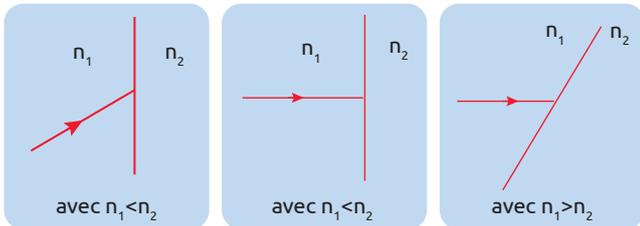
Dans une boîte peinte intérieurement en noir, on a posé une boule noire et une boule blanche. Une lampe placée au fond d'un tube noir éclaire un écran blanc.



L'œil placé contre le trou peut-il apercevoir la boule blanche ? la boule noire ? justifier.

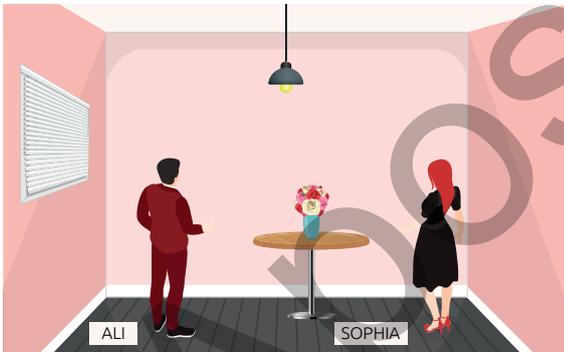
2 Trajet d'un rayon

Compléter les schémas suivants :



3 Éclairage d'une pièce

Sophia et Ali se trouvent dans une pièce aux volets fermés.



- La lumière est allumée. Pourquoi Sophia et Ali peuvent-ils voir, tous les deux, le pot de fleurs ?
- On place un écran opaque entre le pot de fleurs et Ali. Sophia et Ali voient-ils toujours le pot de fleurs ? Justifie ta réponse.
- On place un écran opaque entre le pot de fleurs et Ali. Pourraient-ils voir encore le pot de fleurs si la lampe était éteinte ?

4 Chez le photographe

Les photographes utilisent souvent des parapluies spéciaux dans leur studio. L'intérieur de ces parapluies est blanc et le projecteur utilisé par le photographe est dirigé vers le parapluie.



- Quel est le rôle de ces parapluies ?
- Pourquoi le photographe de studio utilise-t-il ce matériel plutôt que de diriger le projecteur directement vers le modèle ?

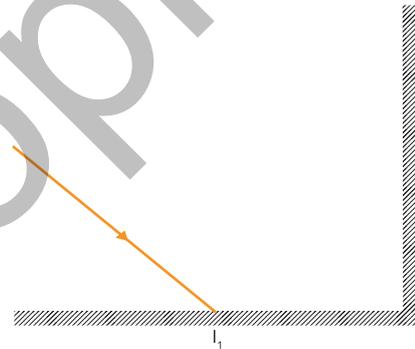
5 Miroir plan

Soit un miroir plan de largeur MN, un point objet réel A et l'œil O d'un observateur.

- Construire un schéma contenant le miroir et les points A' et O' images de A et O données par le miroir.
- Construire le rayon lumineux qui part de l'objet A atteint l'œil O après réflexion.

6 Dièdre

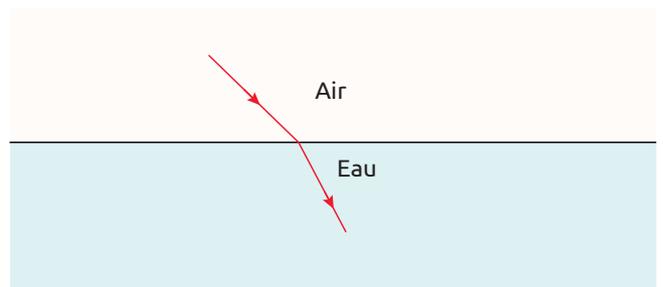
Pour renvoyer la lumière d'où elle vient, on utilise un dièdre. C'est un système composé de deux miroirs plans collés l'un à l'autre avec un angle de 90°.



Tracez le trajet du rayon réfléchi par le dièdre.

7 Mise en évidence du phénomène de réfraction

On schématise à la figure ci-contre la réfraction d'un rayon de lumière passant de l'air dans l'eau.



- Données :** l'indice de réfraction : $n_{\text{eau}} = 1,33$ et $n_{\text{air}} = 1$.
- Reproduire et compléter ce schéma en indiquant le point d'incidence, la normale à la surface de séparation des deux milieux et en indiquant les angles d'incidence et de réfraction.
- Donner l'expression de la loi de Snell-Descartes.
- Calculer l'angle de réfraction si l'angle d'incidence vaut 45°.

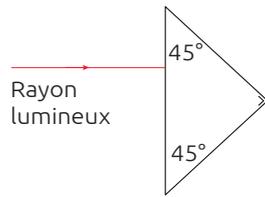
8 Prisme en verre

La figure montre un prisme en verre placé dans l'air. L'angle critique est 42° .

1 • Énoncez les lois de réfraction de la lumière.

2 • Calculer l'indice de réfraction du verre.

3 • Compléter le chemin du rayon représenté au-delà du prisme.



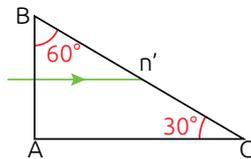
Renforcer ses capacités

9 Réflexion total

Un rayon lumineux tombe perpendiculairement sur la face AB d'un prisme de verre ABC à un indice de réfraction $n = 1.5$ et pénètre dans le prisme.

1 • Tracer le chemin du rayon lumineux dans les deux cas suivants : $n > n'$ et $n < n'$.

2 • Dans quel cas y aura-t-il réflexion totale sur la face BC. Déterminer la valeur de n' dans ce cas



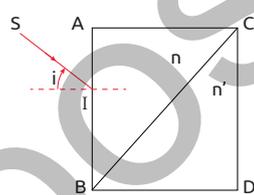
10 Association de deux prismes

On accole deux prismes rectangles isocèles comme l'indique la figure. Le prisme ABC est constitué d'un verre d'indice $n = \sqrt{\frac{3}{2}}$ alors que le prisme DBC a pour indice n' .

Un rayon lumineux SI arrive sur la face AB sous une incidence $i = 60^\circ$.

1 • Tracer la marche du rayon lumineux SI à travers le premier prisme.

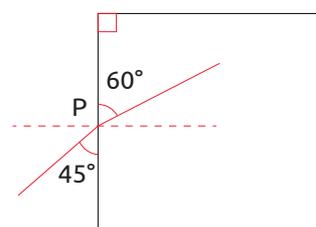
2 • Discuter, selon la valeur de l'indice n' du second prisme, les différents



11 Réfraction par un cube

Un rayon lumineux pénètre en P dans un bloc en plastique transparent d'indice n et de forme cubique. On se placera dans le cas où P est le centre d'une des faces.

La figure ci-après schématise une coupe du cube par le plan d'incidence et indique les orientations des rayons incident



et réfracté par rapport à la face d'entrée.

1 • Déterminer la vitesse de la lumière dans le plastique.

2 • Construire la marche des rayons dans le cube.

3 • Déterminer l'angle de déviation (angle formé par les rayons incident et émergent du cube).

On donne : la célérité de la lumière dans le vide : $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

12 Trajet d'un rayon

Un rayon lumineux passe du verre dans l'air.

L'indice de réfraction du verre est $n_1 = 1,5$ et celui de l'air est $n_2 = 1$.

1 • Comment appelle-t-on :

- Le rayon AO et le rayon OB

- L'angle i_1 et l'angle i_2 .

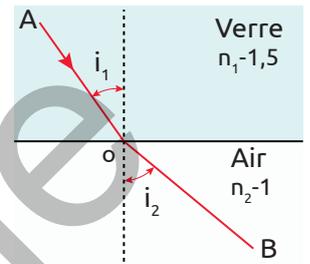
2 • Quelle est la valeur maximale que peut prendre i_2 ?

3 • Dans le cas où i_2 est maximale :

3.1. Calculez la valeur correspondante de i_1 . Nous l'appellerons λ .

3.2. Qu'observe-t-on si $i > \lambda$?

3.3. Citez au moins une application du phénomène observé.



13 Champ d'un miroir et cinéma

La figure représente un récipient qui contient un cylindre en verre et une quantité d'eau.

On place au fond du récipient une miroir plan.

• Données :

$n_{\text{air}} = 1$ et $n_{\text{eau}} = 1,33$.

1 • Le rayon lumineux incident forme avec la surface d'eau un angle de 60° . Calculer l'angle de réfraction pour la surface réfringente air-eau.

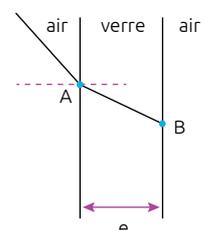
2 • Calculer l'indice de réfraction absolu n_3 du verre, sachant que l'angle de réfraction pour la surface eau verre est $19,5^\circ$.

3 • Déterminer l'angle de réflexion du rayon lumineux sur le miroir puis dessiner la trajectoire du rayon lumineux dans les 3 milieux après la réflexion.



14 Des étoiles au travers d'une vitre

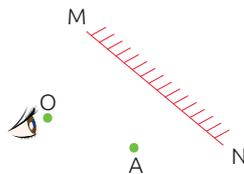
Un amateur d'astronomie observe une étoile à travers la vitre de la fenêtre de sa chambre. Un rayon lumineux issu de cet astre arrive sur la vitre d'indice de réfraction n et d'épaisseur e en un point A avec un angle d'incidence $i = 50^\circ$.



- Calculer la valeur r de l'angle de réfraction du rayon réfracté en A.
- Que devient le rayon lumineux lorsqu'il atteint le point B.
- Déterminer la valeur r' de l'angle de réfraction du rayon réfracté en B.
- Compléter le schéma
- Comparer la direction du rayon incident et celle du rayon émergeant de la vitre. Commenter

15 Image d'un objet dans un miroir

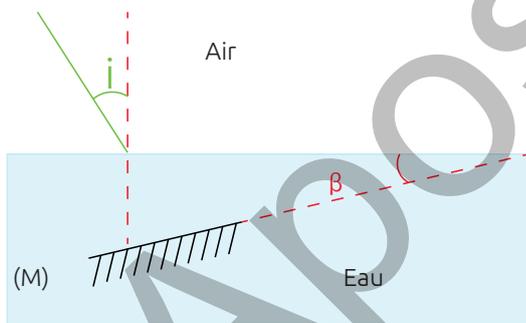
Un observateur positionne l'un de ses yeux devant un miroir en un point O du même côté qu'un point objet A.



- Sans construire de rayon lumineux, placer sur le schéma le point image A' de A par miroir. Tracer le rayon lumineux issu de A et qui atteint l'œil.
- Le point se déplace progressivement vers la droite du schéma, déterminer une position limite de A au-delà de laquelle l'œil ne voit plus son image.

16 Réfraction et réflexion

Dans un vase contenant de l'eau, on introduit un miroir plan M dont la surface réfléchissante est inclinée d'un angle inconnu sur la surface libre que l'on admettra horizontale.



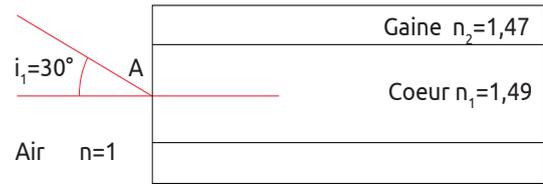
Un rayon lumineux tombe sur la surface de l'eau sous une incidence $i = 30^\circ$. Après réfraction de l'eau, il arrive perpendiculairement sur la surface réfléchissante du miroir. L'indice de réfraction de l'eau : $n = \frac{4}{3}$

- Tracer la marche du rayon lumineux à travers le système optique.
- Calculer l'angle de réfraction r du rayon lumineux dans l'eau
- On déduit la valeur de l'angle d'inclinaison du miroir sur la surface libre de l'eau.

17 Fibre optique

Pour la signalisation lumineuse du tableau de bord d'une machine à commande numérique, on utilise des fibres

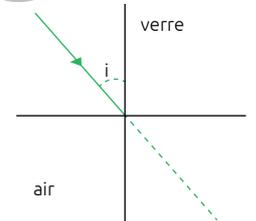
optiques.



- Calculez l'angle de réfraction en A.
- Tracez le trajet du rayon lumineux dans la fibre.
- Calculez l'angle d'incidence du rayon lumineux à la surface de séparation coeur-gaine.
- Calculez l'angle limite à la surface de séparation coeur-gaine.

18 Passage du verre à l'air

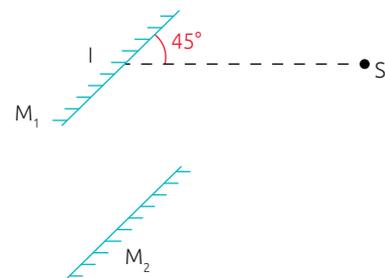
On considère un rayon de lumière qui passe du verre à l'air. Il arrive avec un angle d'incidence $i = 25^\circ$ sur l'interface verre/air. On donne : $n_{\text{air}} = 1$ et $n_{\text{verre}} = 1,5$.



- Quel est le milieu 1 par lequel la lumière arrive ? Quel est le milieu 2 dans lequel la lumière est réfractée ?
- Calculer l'angle de réfraction r avec lequel le rayon passe dans l'air.
- Compléter le schéma, en indiquant si le rayon s'écarte ou s'éloigne de la normale.
- Existe-t-il, dans le cas du passage du verre à l'air, un rayon réfraction pour tout rayon incident ? Si non, définir quel est l'angle de réfraction maximale r_{max} possible dans ce cas.
- Quel est l'angle d'incidence maximal i_L correspondant à r_{max} ?

19 Le périscope simple

Le périscope est un instrument d'optique permettant de voir au-dessus d'un obstacle.

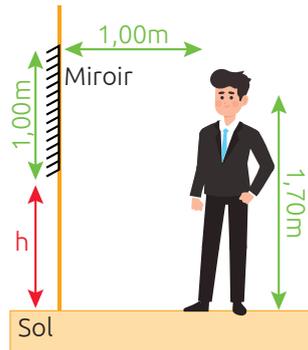


Le périscope le plus simple est formé de deux miroirs M_1 et M_2 . Le miroir M_1 fait un angle de 45° avec l'horizontale. Un objet lumineux ponctuel S se trouve sur la droite horizontale (SI). Un second miroir M_2 est disposé parallèlement à M_1 , les deux faces réfléchissantes étant dirigées l'une vers l'autre.

- 1 • Construire l'image S_1 de S par le miroir M_1 .
- 2 • Dessiner un rayon lumineux issu de S et se réfléchissant en I sur M_1 .
- 3 • Construire l'image S_2 de S_1 par M_2 .
- 4 • S_2 est l'image de S par un système optique. Lequel? Dessiner la marche du rayon lumineux de la question 2 après réflexion sur M_2 .
- 5 • On considère maintenant un objet modélisé par un segment AB vertical. Construire l'image de AB par le périscope. Où faut-il placer son œil?

20 Devant un miroir

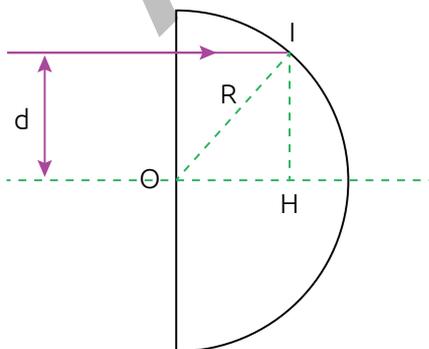
Un homme mesurant 1,80m se place debout, à 1m devant un miroir plan, ses yeux sont situés à une distance $H = 1,70\text{m}$ du sol. Le miroir plan rectangulaire de dimensions ($1,2\text{m} \times 1\text{m}$) est plaqué initialement contre le mur vertical à une hauteur $h = 1\text{m}$ du sol.



- 1 • Déterminer à quelle hauteur maximale h du sol doit se trouver le bas du miroir afin que l'homme voie ses pieds.
 - 2 • À quelle distance minimale du sol doit se trouver le haut du miroir afin que l'homme voie le haut de sa tête?
 - 3 • Le miroir tel qu'il est positionné sur la figure permettra-t-il à l'homme de :
- Voir le haut de sa tête ?
- Se voir en entier ? Si non, proposer une solution.
- Montrer que le fait de se rapprocher ou de s'éloigner du miroir ne peut lui permettre de solutionner le problème.

21 Trajet d'un rayon dans une demi-boule

On s'intéresse au trajet de rayons lumineux se propageant dans une demi-boule de centre O et de rayon R, d'indice optique n plongée dans l'air.



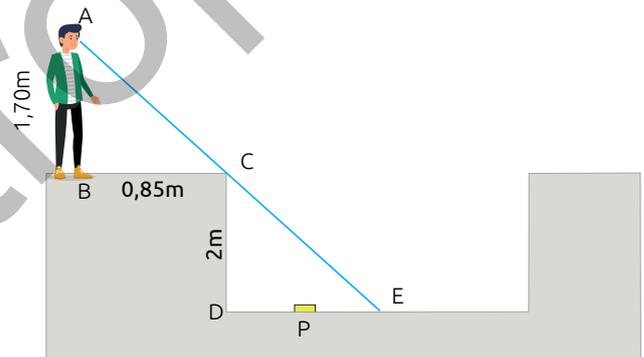
Le rayon arrive normalement à la face plane de la demi-boule, il est alors distant de d par rapport à l'axe optique. On note I le point d'incidence sur la partie sphérique, i

l'angle d'incidence en I et r l'angle de réfraction en I. Le rayon émergent, lorsqu'il existe, coupe l'axe optique en A.

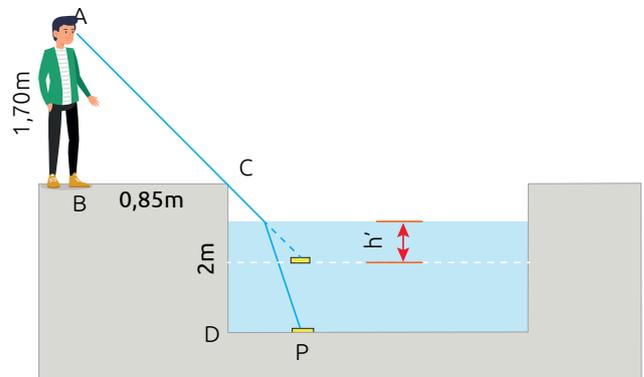
- 1 • Pourquoi peut-il se produire le phénomène de réflexion totale en I? Établir l'inégalité que doit vérifier l'angle d'incidence i pour qu'il y ait réflexion totale en I.
- 2 • Établir l'expression de l'angle d'incidence i en fonction de d et R.
- 3 • En déduire l'expression de la distance d_{lim} à l'axe optique pour qu'il y ait réflexion totale en I. Se produit-elle lorsque $d > d_{\text{lim}}$? ou lorsque $d < d_{\text{lim}}$?
- 4 • On considère dans la suite que $d < d_{\text{lim}}$.
4.1. Montrer que la distance OA s'exprime en fonction de R, i et r par : $OA = R \left[\cos i + \frac{\sin i}{\tan(r-i)} \right]$
4.2. En déduire la position limite F_0 du point A lorsque d est très petit. On donnera l'expression en fonction de R et n .

22 Une histoire de pièce

On jette une pièce au fond d'une piscine vide. Cette première se trouve à 80 cm du bord de la seconde. La profondeur de la piscine est de 2 m. Une personne, mesurant 1,7 m se trouve à 85 cm du bord.



- 1 • Cette personne voit-elle la pièce au fond de la piscine?
- 2 • On remplit la piscine d'eau. Quelle doit être sa hauteur minimale pour apercevoir la pièce?



- 3 • Notre cerveau ne perçoit pas le changement de direction du rayon lumineux. Il a l'impression que celui-ci se déplace toujours en ligne droite. On a donc l'impression de voir la pièce moins profonde qu'elle ne l'est réellement. Quelle est alors la hauteur h' d'eau que l'on a l'impression de voir?

Perfectionner ses compétences

23 Concentration massique d'un jus

Une des méthodes utilisées pour contrôler la concentration massique en sucre (**saccharose**) des jus de fruits, des sirops, soda .. , etc. est la réfractométrie.

A fin de déterminer expérimentalement la teneur en sucre d'un jus de pomme, l'indice de réfraction de plusieurs solutions aqueuses de saccharose de concentrations massiques connues a été mesurée.

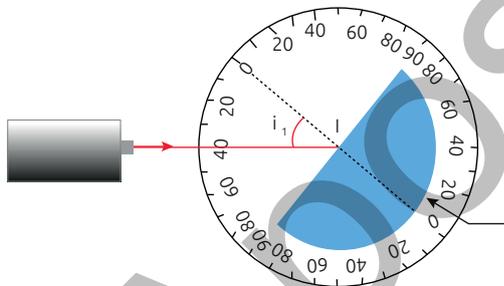
Cm en g.L ⁻¹	0	50	100	200	300	400
n	1,333	1,340	1,347	1,360	1,374	1,387

La mesure de l'indice de réfraction de notre jus de pomme donne **jus = 1,345**.

Question : Calculer la concentration massique en sucre du jus de pomme.

24 Détermination d'un indice de réfraction

La détermination de l'indice de réfraction d'un liquide est une méthode permettant l'identification de ce liquide. Un faisceau de lumière monochromatique est dirigé vers un liquide comme indiqué sur la figure.



On note i_1 l'angle d'incidence dans l'air d'indice n_1 et on note i_2 l'angle de réfraction dans le liquide d'indice n_2 .

Le tableau suivant regroupe les mesures réalisées pour divers angles d'incidence ainsi que le sinus de ces angles.

i_1	0	10	20	30	40	50	60
i_2	0	7	13	20	27	33	40
$\sin i_1$	0,00	0,17	0,34	0,50	0,64	0,77	0,87
$\sin i_2$	0,00	0,12	0,23	0,34	0,45	0,55	0,54

• **Données :** Indices de réfraction

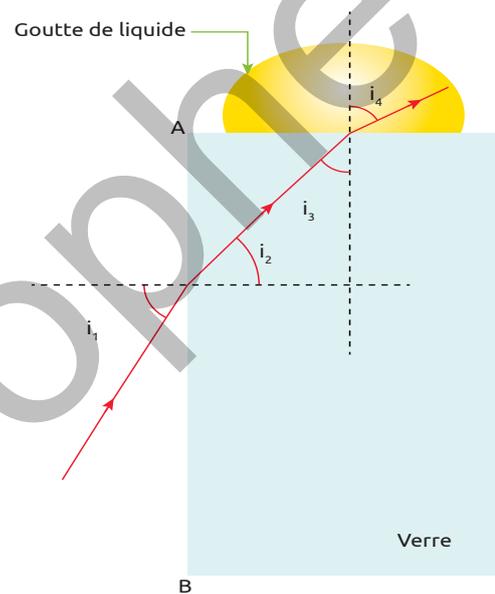
$n_{\text{eau}} = 1,3$, $n_{\text{air}} = 1,0$ et $n_{\text{glycérol}} = 1,5$

Question : Déterminer le liquide étudié.

25 Réfractomètre de Pulfrich

Un réfractomètre de Pulfrich sert à mesurer l'indice de réfraction dans un liquide afin de contrôler sa pureté ou sa composition chimique.

Le principe : sur un bloc de verre de section rectangulaire d'indice N connue on dépose une goutte de liquide dont on veut déterminer l'indice n. un faisceau lumineux monochromatique jaune pénètre dans le bloc de verre sur la face AB avec un angle d'incidence i_1 , il se réfracte puis se propage dans le verre et rencontre la surface de séparation entre le verre et le liquide. Ce faisceau peut alors se réfracter dans la goutte de liquide. On a déposé une goutte de glycérine sur le bloc de verre d'indice $N = 1,652$. On mesure $i_1 = 48,06^\circ$.

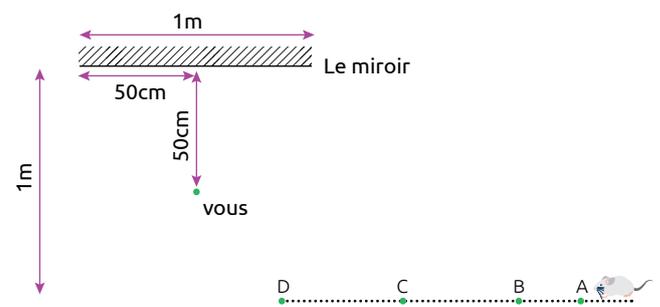


Question : Calculer l'indice de réfraction de la glycérine pour la radiation jaune utilisée.

26 Attraper une souris

Vous êtes immobile à 50 cm d'un miroir plan placé dans un chalet.

Une souris avance derrière vous selon une trajectoire parallèle au plan du miroir et à un mètre de celui-ci.



Jusqu'où la souris peut-elle avancer avant que vous puissiez la voir ?