Série 9 : Optique Géométrique

QCM 1 : La lumière

1. La lumière a besoin d'un support matériel pour se propager.
2. La lumière blanche est polychromatique.
3. Les sources lumineuses primaires produisent leur propre lumière.
5. Dans un milieu transparent, la lumière se propage en ligne droite à une vitesse $C=3.10^8$ m/s.

QCM 2 : réflexion -réfraction

1. Quand un rayon passe dans un milieu plus réfringent, le rayon s'éloigne de la normale.
2. Un rayon lumineux peut subir une réflexion totale en passant dans un milieu moins réfringent.
3. L'angle de réflexion réfraction limite correspond à une incidence rasante
4. La lumière se propage dans la fibre optique grâce à des réfractions limites successives sur la surface de séparation entre le cœur et la gaine

QCM 3 : Stigmatisme

1. Le stigmatisme signifie que à chaque point objet correspond un point image.
2. Un système optique astigmate donne une image nette de bonne qualité.
3. Le stigmatisme approché est obtenu en se plaçant dans les conditions de Gauss.
4. Les conditions de Gauss, sont obtenues lorsque les rayons lumineux sont proches de l'axe optique et peu inclinés.

QCM 3 : Lentilles

1. La vergence d'une lentille convergente s'exprime en dioptrie
2. Le foyer image d'une lentille est l'image du foyer objet.
3. L'mage d'un objet très éloigné à travers une lentille, se trouve dans le plan focal objet de la lentille
4. Un rayon lumineux passant par le centre optique d'une lentille mince ne subit aucune déviation.

QCM 4 : Instruments optiques

1. Le microscope est constitué de deux lentilles divergentes permettant d'obtenir une image agrandie.
2. le grossissement commercial d'une loupe est inversement proportionnel à sa distance focale.
3. La loupe est un instrument optique qui donne d'un objet réel une image virtuelle droite.
4. Le microscope, nous rapprochant de l'objet pour mieux le voir.

Exercice 1 : Réflexion-Réfraction

1. Définir le phénomène de réfraction. Préciser à quoi est dû ce phénomène.
2. On considère un rayon de lumière qui passe de l'air au verre. Il arrive avec un angle d'incidence i=25° sur l'interface air/verre. On donne : $n_{air}=1$ et $n_{verre}=1,5$
   a) Dans quel milieu la vitesse de la lumière est-elle la plus élevée ?
   b) Calculer l'angle de réfraction r avec lequel le rayon passe dans le verre.
   c) Faire un schéma, sans respecter la valeur de l'angle, en indiquant si le rayon s'écarte ou s'éloigne de la normale.
   d) Existe-t-il, dans ce cas un rayon réfracté pour tout rayon incident ? Justifier.

3. On considère un rayon de lumière qui passe du verre à l'air. Il arrive avec un angle d'incidence i=25° sur l'interface verre/air. On donne : $n_{air}=1$ et $n_{verre}=1,5$
   a) Calculer l'angle de réfraction r avec lequel le rayon passe dans l'air.
   b) Faire un schéma, sans respecter la valeur de l'angle, en indiquant si le rayon s'écarte ou s'éloigne de la normale.
   c) Existe-t-il, dans le cas du passage du verre à l'air, un rayon de 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} ?

Correction 1 :

1- Le phénomène de réfraction correspond à une déviation des rayons de lumière lors du passage d'un milieu de propagation à un autre. La réfraction est due à un changement de vitesse de la lumière d'un milieu à l'autre, ce qui se traduit dans la loi de Descartes par un changement d'indice de réfraction.

2- a)

Calcul de la vitesse de la lumière dans l'air :

$v_{air} = \frac{v_{vide}}{n_{air}}$ A.N. $v_{air} = \frac{3{,}00\times10^8}{1{,}0} = 3{,}0\times10^8\, m.s^{-1}$

Calcul de la vitesse de la lumière dans le verre :

$v_{verre} = \frac{v_{vide}}{n_{verre}}$ A.N. $v_{verre} = \frac{3{,}00\times10^8}{1{,}5} = 2{,}0\times10^8\, m.s^{-1}$

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

2-b)

Loi de Descartes :

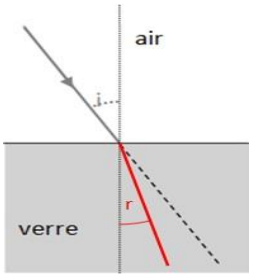
$n_{air}\cdot\sin i = n_{verre}\cdot\sin r$

soit $\sin r = \frac{n_{air}\cdot\sin i}{n_{verre}}$

A.N. $\sin r = \frac{1{,}0\times\sin 25}{1{,}5} = 0{,}28$

D'où *r = Arcsin(0,28) = 16°*

2-c)



Le rayon se rapproche de la normale car r < i.

2-d)

Il existe un rayon réfracté pour tout rayon incident : les valeurs de i peuvent prendre les valeurs suivantes : 0 < i < 90°. r étant inférieur, le r peut toujours avoir une valeur entre 0 et 90°.

3-a)

Loi de Descartes :

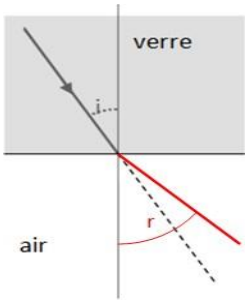
$n_{verre}\cdot\sin i = n_{air}\cdot\sin r$

soit $\sin r = \frac{n_{verre}\cdot\sin i}{n_{air}}$

A.N. $\sin r = \frac{1{,}5\times\sin 25}{1{,}0} = 0{,}63$

D'où *r = Arcsin(0,63) = 39°*

3-b)



Le rayon s'éloigne de la normale car r > i.

3-c)

Il n'existe pas de rayon réfracté pour tout rayon incident : les valeurs de i peuvent prendre les valeurs suivantes : 0 < i < 90°. r étant supérieur, pour une valeur limite de i (i_l), l'angle de réfraction aura la valeur r_{max}=90°. Au-delà de cette valeur, le rayon ne rentre plus dans l'air et est entièrement réfléchi.

Calculons l'angle i_L : On a i = i_L lorsque r = r_{max} = 90°.

Appliquons la loi de Descartes dans ce cas : $n_{verre}\cdot\sin i_L = n_{air}\cdot\sin r_{max}$

soit $\sin i_L = \frac{n_{air}\cdot\sin r_{max}}{n_{verre}}$ A.N. $\sin i_L = \frac{1{,}0\times\sin 90}{1{,}5} = 0{,}67$

D'où *r = Arcsin(0,67) = 42°*

L'angle limite au-delà duquel il y a réflexion totale est de 42 ° pour le passage du verre à l'air.

Exercice 2: lentille mince

a) Soit une lentille de distance focale f ’ = +3 cm.

On considère un objet perpendiculaire à l’axe optique de taille 2 cm respectivement à 4 cm et 2 cm en avant du centre optique. Déterminer graphiquement l’image de l’objet dans chaque cas (échelle 1/1).

Même question avec un objet virtuel situé à 10 cm du centre optique.

b) Soit une lentille de distance focale f ’ = -3 cm.

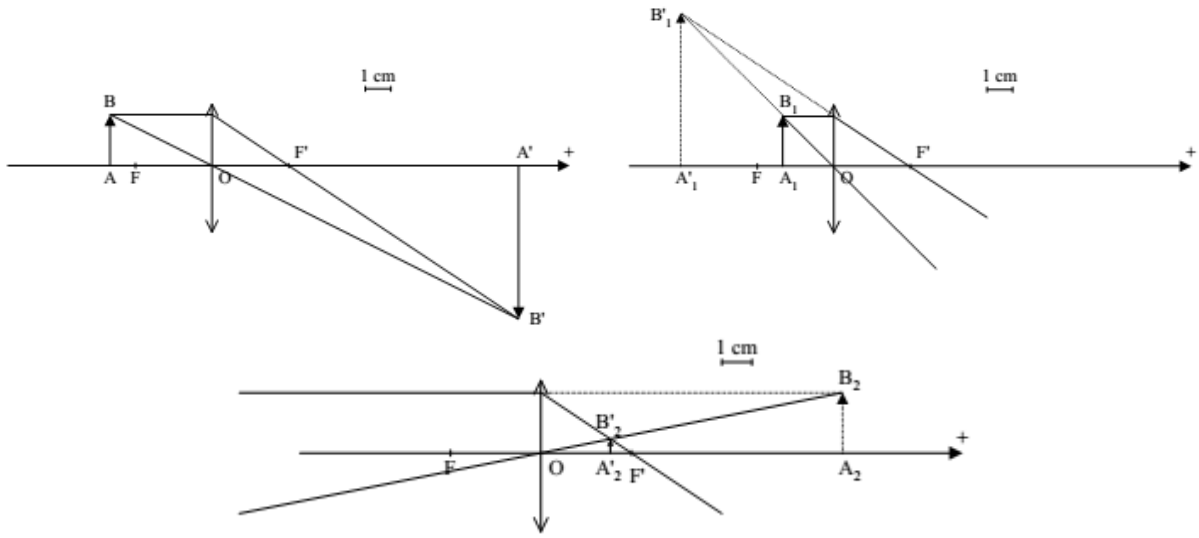
Trouver l’image d’un objet réel de taille 2 cm situé à 5 cm du centre optique.

Même question avec un objet virtuel situé à 1,5 cm puis 5 cm du centre optique.

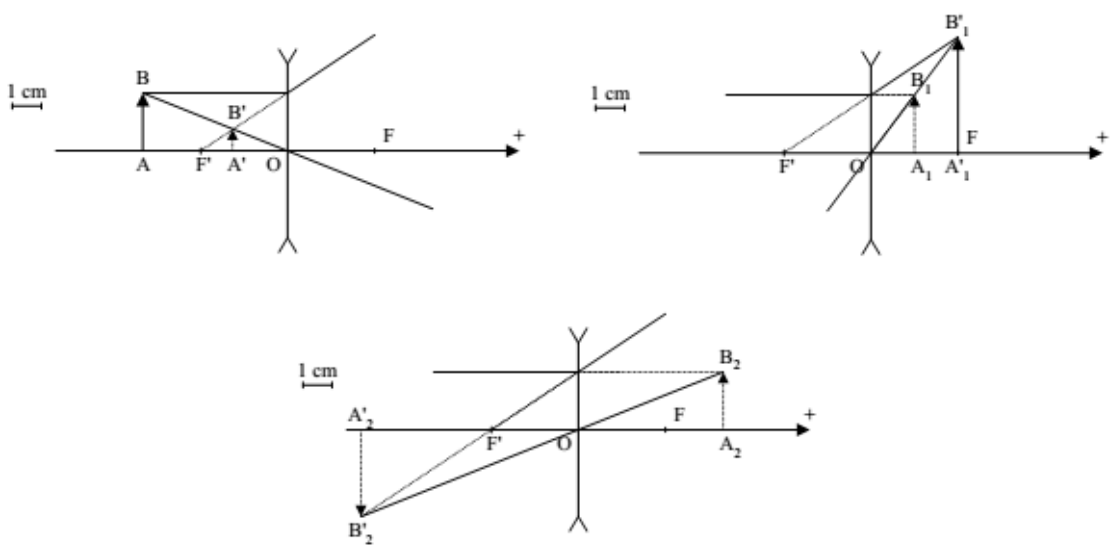
c) Retrouver les résultats précédents par le calcul algébrique.

Correction 2 :

a)



b)



La position de l’objet : $\overline{OA} = P$; La position de l’image: $\overline{OA'} = P'$

c) On utilise les relations de conjugaison.

a) f '= +3 cm
- objet réel AB : p = -4 cm

$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'}$ d'où : p' = +12 cm (image réelle)

Grandissement : $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{p'}{p} = -3$

L'image est 3 fois plus grande que l'objet (A'B'= 3x2 = 6 cm) et renversée.

- objet réel A_1B_1 : p = -2 cm d'où : p' = -6 cm (image virtuelle)

Grandissement : $\gamma = +3$

L'image est 3 fois plus grande que l'objet (6 cm) et de même sens (image droite).

- objet virtuel A_2B_2 : p = +10 cm d'où : p'= +2,3 cm (image réelle)

Grandissement : $\gamma = +0{,}23$

L'image est droite et a une taille d'environ 0,46 cm.

b) f '= -3 cm
- objet réel AB : p = -5 cm d'où : p' = -1,875 cm (image virtuelle)

Grandissement : $\gamma = +0{,}375$

- objet virtuel A_1B_1 : p = +1,5 cm d'où : p' = +3 cm (image réelle)

Grandissement : $\gamma = +2$

- objet virtuel A_2B_2 : p = +5 cm d'où : p' = -7,5 cm (image virtuelle)

Grandissement : $\gamma = -1{,}5$

Exercice 3: Doublet de lentilles minces

On dispose d'une lentille convergente L_1 (centre optique O_1 et foyers notés F_1 et F_1') de distance focale 4 mm et d'une autre, L_2 (centre optique O_2 et foyers notés F_2 et F_2'), de distance focale 18mm.

On dispose d'abord la lentille L_1 puis 4.0 cm derrière, on dispose la lentille L_2. Un petit objet, AB, de 3 mm de hauteur est placé 6 mm devant L_1.

1. Calculer la position de l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB à travers la lentille L_1.
2. Calculer la position de l'image finale A_2B_2 de l'objet à travers le système des deux lentilles.
3. Réaliser un schéma optique du système sur lequel apparaissent AB, A_1B_1 et A_2B_2 ainsi que les rayons de construction.
4. Ce montage peut-il représenter un microscope ?

Correction 3

1. A_1B_1.

Relation de conjugaison à travers L_1.

$$\frac{1}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{\overline{O_1F'_1}} \text{ donc } \frac{1}{\overline{O_1A'_1}} = \frac{1}{\overline{O_1F'_1}} + \frac{1}{\overline{O_1A}} \text{ soit } \frac{1}{\overline{O_1A_1}} = \frac{1}{0.004} + \frac{1}{-0.006} = 83.3 \text{ et } \overline{O_1A_1} = \frac{1}{83.3} = 0.012 \text{ m}$$

Taille de l'image :

$$\gamma = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{A\ \ B}} = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A_1}} = -2 \text{ donc } \overline{A_1B_1} = \gamma\,\overline{A\ \ B} = -2\text{x}3.0 = -6.0 \text{ mm (image renversée).}$$

2. A_2B_2.

On a $O_2A_1 = O_2O_1 + O_1A_1 = -0.04 + 0.012 = -0.028$ m

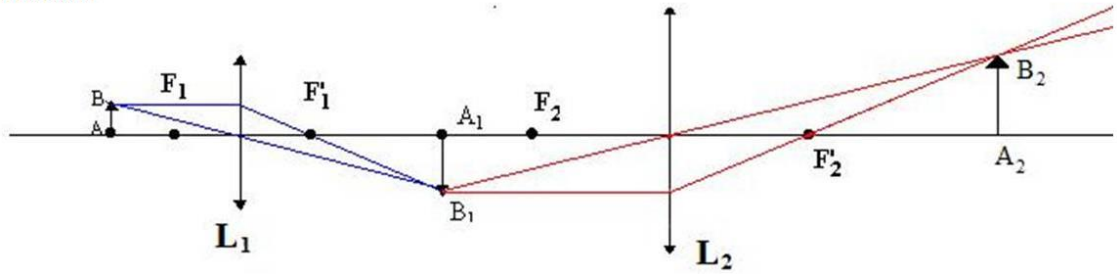
Relation de conjugaison à travers L_2.

$$\frac{1}{\overline{O_2A'_2}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{\overline{O_2F'_2}} \text{ donc } \frac{1}{\overline{O_2A_2}} = \frac{1}{\overline{O_2F'_2}} + \frac{1}{\overline{O_2A_1}} \text{ soit } \frac{1}{\overline{O_2A_2}} = \frac{1}{0.018} + \frac{1}{-0.028} = 19.8 \text{ et } \overline{O_2A_2} = \frac{1}{19.8} = 0.050 \text{ m}$$

Taille de l'image :

$\gamma = \frac{\overline{A'_2B'_2}}{\overline{A'_1B'_1}} = \frac{\overline{O_2A'_2}}{\overline{O_2A'_1}}$ = -1.8 donc $\overline{A'_2B'_2} = \gamma\,\overline{A'_1B'_1}$ = -1.8x-6.0 = 1.1 10^1 mm (image droite).

3. Schéma :



Ce montage ne peut être un microscope puisque l'image finale est réelle (on ne la voit pas en regardant dans l'appareil optique)

Exercice 4: Le Microscope

Un microscope est un appareil constitué

- d'un objectif, lentille convergente (L_1) de vergence C_1 = 250 δ.
- d'un oculaire, lentille convergente (L_2) de vergence C_2 = 40 δ.

L'intervalle optique, distance fixe séparant le foyer principal image F_1' de l'objectif du foyer principal objet F_2 de l'oculaire est $F_1'F_2$= 16 cm.

On utilise cet appareil pour observer un objet AB perpendiculaire à l'axe optique du microscope, le point A étant supposé placé sur axe.

On appelle A_1B_1 l'image de AB à travers l'objectif (L_1) et A_2B_2 l'image de A_1B_1 à travers (L_2).

- Calculer les distances focales f_1' et f_2' de l'objectif et de l'oculaire.
- Construire l'image A_1B_1 de AB à travers l'objectif (L_1).
- Où l'image A_1B_1 doit-elle se trouver pour l'oculaire si l'on veut que l'image définitive A_2B_2 soit à l'infini ?
- Calculer la distance entre l'objectif et l'image A_1B_1. En déduire la distance entre l'objet et l'objectif
- Calculer la taille de l'image intermédiaire A_1B_1 et le grandissement γ_1 de l'objectif. La valeur obtenue est-elle en accord avec l'indication (× 40) signalée sur la monture de l'objectif ?

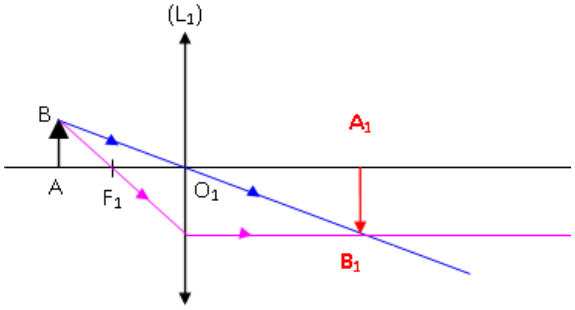
Correction 4

1- Rappel : avec la vergence en dioptries, on obtient la distance focale en m

$$f'_1 = \frac{1}{C_1} = \frac{1}{250} = 4{,}00.10^{-3}\,\text{m} = 4{,}00\text{mm}$$

$$f'_2 = \frac{1}{C_2} = \frac{1}{40} = 2{,}5.10^{-2}\,\text{m}$$

2-



3- A_1B_1 doit être dans le plan focal objet de L_2 (A_1 doit être confondu avec le foyer objet de L_2)

$O_1A_1 = O_1F'_1 + F'_1A_1 = f'_1 + F'_1A_1 = 0{,}4 + 16 = 16{,}4$ cm

3.2

$$\frac{1}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{\overline{O_1F'_1}} = \frac{1}{f'_1}$$

$$\frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{f'_1} = \frac{1}{+16,4.10^{-2}} - \frac{1}{4,00.10^{-3}}$$

$$\overline{O_1A} = (\ (+16,4.10^{-2})^{-1} - (4,00.10^{-3})^{-1}\ )^{-1} = -4,1.10^{-3}\text{m}$$

Signe – car A est à gauche de l'objectif

3.3

$$\gamma_1 = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}}$$

$$\overline{A_1B_1} = \overline{AB} \times \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} = 2.10^{-6} \times \frac{16,4.10^{-2}}{-4,1.10^{-3}} = -8.10^{-5}\text{m}$$

Image renversée

$$\gamma_1 = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} = \frac{16,4.10^{-2}}{-4,1.10^{-3}} = -40$$

Dr. A. Ouchtati