

Travaux Dirigés d'optique géométrique. Élément de Physique SVT. Séries 1, 2 & 3

Loi de Snell-Descartes, Miroir et Dioptre plans, lame à faces parallèles, Prisme, Miroir et Dioptre sphériques, Lentilles minces, L'œil, Loupe & Microscope

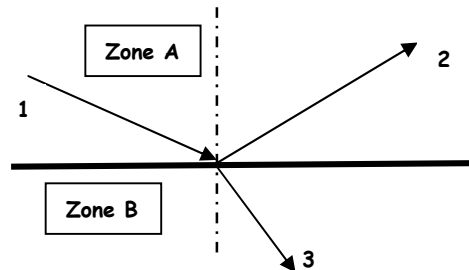
Exercice 1 : Aspect ondulatoire de la lumière

Une radiation lumineuse émise par une lampe à vapeur de lithium a une période $T = 1,533 \cdot 10^{-15} \text{ s}$.

1. Quelle est la fréquence ν d'une telle radiation ?
2. Quelle est sa longueur d'onde λ_0 dans le vide ? On donne $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
3. Cette radiation est-elle visible à l'œil nu ? Si oui, indiquer sa couleur.
4. Cette radiation se propage dans du verre crown BK7 d'indice $n = 1,5524$.
 - a. sa fréquence ν change-t-elle ?
 - b. Sa couleur change-t-elle ?

Exercice 2 : réflexion et réfraction

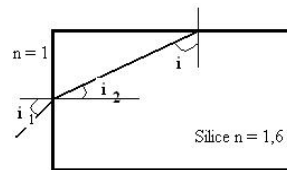
Un fin pinceau lumineux arrive sur un dioptre plan séparant l'eau de l'air ; d'indice de réfraction $n=1$. On donne $n_{\text{eau}}=1,33$. On représente les rayons observés sur la figure ci-contre.



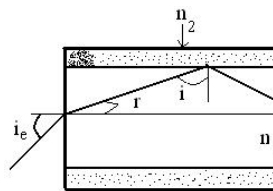
- a. Identifier les différents rayons avec les angles correspondants.
- b. Indiquer la déviation D de la lumière
- c. Dans quelle zone l'eau se trouve-t-elle ?
- d. Calculer l'angle limite de réfraction

Exercice 3 : Fibre optique (sera traité en cours)

A- Avec les données du document 1 ci-dessous



Document 1



Document 2

1. Calculer les angles i_1 et i_2 sachant que l'angle $i = 60^\circ$
2. Tracer la marche du rayon lumineux jusqu'à sa sortie du cylindre

B- Un rayon lumineux arrive de l'air, d'indice de réfraction $n_0=1$, sous une incidence i_e et pénètre dans le cœur d'une fibre optique d'indice de réfraction n_1 .

1. Exprimer le sinus de l'angle de réfraction r en fonction de n_1 et de l'incidence i_e .
2. L'angle d'incidence sur la surface de séparation cœur - gaine est i . Donner la relation entre i et r et l'expression de $\cos i$.
3. L'indice de la gaine a pour valeur n_2 ($n_2 < n_1$). Exprimer le sinus de l'angle de réfraction limite Λ de réfraction entre les milieux d'indice n_2 et n_1 .

C- Trouver la condition pour qu'un rayon lumineux puisse se propager dans la fibre (document 2).

Exercice 4 : Réfraction limite

Calculer l'angle de réfraction limite Λ pour un rayon passant de l'air :

a- Dans l'oxygène liquide d'indice 1,2

b- Dans le diamant d'indice 2,4

Exercice 5 : Diamètre apparent

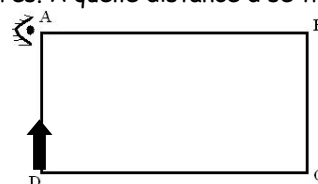
a) Une tour de hauteur $H = 30$ mètres se trouve à une distance $D = 1 \text{ km}$ d'un observateur.

Calculer sa hauteur apparente en degrés et en radians.

b) Deux objets ont le même diamètre apparent. On sait que le premier se trouve à une distance $D = 120 \text{ m}$ et mesure $L = 15 \text{ m}$. Le deuxième, mesure $l = 11$ mètres. A quelle distance d se trouve-t-il ?

Exercice 6 : Association de miroirs plans

Soit un quadrilatère ABCD ; comment doit-on disposer deux miroirs plans en B et en C pour qu'un œil placé en A puisse voir l'objet placé en D en regardant dans la direction AB.



Exercice 7 : Miroirs plans parallèles :

Soit un objet S situé entre deux miroirs plans parallèles. Combien d'images possède l'objet S ?

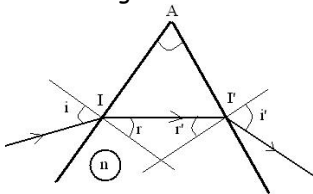
Exercice 8 : Détermination d'indice absolu d'une substance.

Un pinceau lumineux cylindrique arrive sur une surface réfringente plane, séparant l'air d'un autre milieu transparent, sous une incidence de 60° . Que devrait avoir l'indice de réfraction n de ce milieu pour que la déviation D du pinceau réfracté soit respectivement de 15° et de 30° ?

Exercice 9 : Etude d'un prisme (sera traité en cours)

Soit un prisme d'angle au sommet A et fabriqué dans un verre d'indice de réfraction n . Il est placé dans l'air d'indice $n_0=1$.

1. Donner les relations liant i et r ; i' et r' ; r , r' et A .
2. Définir graphiquement et exprimer la déviation D en fonction de i , i' et A dans le cas où le rayon émergent du prisme existe.
3. Comment varie i' lorsque i croît ?
4. a- Calculer la valeur de l'angle limite de réfraction au point I' .
b- En déduire qu'il existe une valeur A_M de A au-delà de laquelle il n'y aura aucun rayon émergent, quel que soit l'angle d'incidence i . Calculer A_M pour $n=1,5$.



5. On éclaire ce prisme par une lumière blanche.
a- Quel est le phénomène observé à la sortie du prisme.
b- Quelle est la radiation la plus déviée ? Quelle est la radiation la moins déviée ?

Exercice 10 : Translation d'un rayon lumineux à la traversée d'une lame à faces parallèles :

Soit un rayon lumineux SI qui frappe sous une incidence i une vitre (lame à faces parallèles) d'épaisseur e et d'indice n . Montrer que ce rayon lumineux subit une translation à la traversée de cette lame à faces parallèles. Calculer cette translation pour $i = 60^\circ$, $e = 5 \text{ cm}$ et $n \approx \sqrt{3}$.

Exercice 11 : Soit un miroir concave de centre C et de rayon $R = 6 \text{ m}$.

1. Quelle est sa distance focale $\overline{SF'} = f'$? En déduire sa vergence V .
2. On place un objet réel à 9 cm de son sommet S . Calculer la position de l'image dans l'approximation de Gauss, en déduire sa nature. Vérifier les résultats précédents à l'aide d'une construction géométrique.
3. Calculer le grandissement linéaire γ_t . S'agit-il d'une image droite ou renversée.
4. Déterminer la relation liant les 2 grandissements linéaire $\gamma_t = \frac{\overline{AB'}}{\overline{AB}}$ et axiale (longitudinale) $\gamma_a = \frac{d\overline{SA'}}{d\overline{SA}}$?

Exercice 12 : On considère un miroir sphérique convexe de rayon $R=1,5 \text{ m}$.

1. Déterminer la distance focale $\overline{SF'} = f'$ de ce miroir. En déduire sa vergence V .
2. Trouver la position d'un objet lorsque l'image est réelle, droite et trois fois plus grande que l'objet.
3. Trouver la position d'un objet lorsque l'image est virtuelle droite et 3 fois plus petite que l'objet.
4. Vérifier les résultats précédents à l'aide d'une construction géométrique.

Exercice 13 : Dioptré sphérique concave & Lentille plan-concave (sera traité en cours)

Une lentille $\mathcal{L}$, taillée dans un verre d'indice n_1 , est constituée d'un dioptré plan Σ_1 et d'un dioptré sphérique concave Σ_2 de centre C_2 et de rayon de courbure R_2 . La face d'entrée Σ_1 de sommet S_1 est en contact avec le milieu d'indice n_0 , et la face de sortie Σ_2 est en contact avec un milieu d'indice n_2 . Cette lentille donne d'un objet A_0 , situé sur son axe optique Δ , une image A_2 . Soit A_1 l'image intermédiaire de A_0 à travers le dioptré plan Σ_1 .

1. Ecrire la relation de conjugaison entre A_0 et A_1 puis celle entre A_1 et A_2 .
2. En considérant que $\mathcal{L}$ est une lentille mince, établir sa relation de conjugaison
3. On supposera que $n_2 < n_1$ Dans le cas particulier où $n_1 = 1,52$; $R_2 = R = 10 \text{ cm}$ et $n_0 = n_2 = 1$.
a- Déterminer les distances focales objet f et image f'
b- En déduire la nature des foyers objet F et image F' de la lentille
c- Calculer le rapport des distances focales image f' et objet f : $\frac{f'}{f}$.

4. Vérifier que la vergence de cette lentille mince, de rayon de courbure R et d'indice relatif n est :
 $V = (1 - n) \cdot \frac{1}{R}$. Calculer le rayon de courbure d'une lentille en verre crown d'indice absolu 1,52 et de distance focale 1000mm.

Exercice 14 : Image d'un objet par une lentille mince

1. A quelle distance d'une lentille mince convergente $\mathcal{L}$, de distance focale $f' = 15$ cm se trouve l'image d'une flèche lumineuse de 18 mm de hauteur, placée perpendiculairement à l'axe principal et située à une distance de 60 cm de la lentille ?
2. Quel est le grandissement transversal γ_t ? Calculer la hauteur $A'B'$ de l'image et préciser sa nature
3. Vérifier les résultats à l'aide d'une construction géométrique.

Exercice 15 : Lentilles minces

Soit une lentille de distance focale $f' = +3$ cm.

1. On considère un objet perpendiculaire à l'axe optique de taille 2 mm respectivement à 4 cm et 2 cm en avant du centre optique. Déterminer graphiquement l'image de l'objet dans chaque cas.
2. Même question avec un objet virtuel situé à 10 cm du centre optique (derrière la lentille).
3. Soit une lentille de distance focale $f' = -3$ cm.
Trouver l'image d'un objet réel de taille 2 mm situé à 5 cm du centre optique.
4. Même question avec un objet virtuel situé à 1,5 cm puis 5 cm du centre optique.
5. Retrouver les résultats précédents par le calcul algébrique, en utilisant la relation de conjugaison.

Exercice 16 : Association de deux lentilles minces convergentes (sera traité en cours)

Un objet AB est placé à 40 cm d'une lentille mince convergente $\mathcal{L}_1$ de centre optique O_1 et de distance focale $f'_1 = 8$ cm. Une deuxième lentille mince convergente $\mathcal{L}_2$ de centre optique O_2 et de distance focale $f'_2 = 12$ cm est placée derrière la première lentille à une distance de 30 cm ($\overline{O_1O_2} = 30$ cm).

1. Calculer la position de l'image de A_1B_1 formée par la première lentille $\mathcal{L}_1$ et celle de l'image A_2B_2 formée par la deuxième lentille $\mathcal{L}_2$.
2. Calculer les grandissements γ_1 et γ_2 des deux lentilles $\mathcal{L}_1$ et $\mathcal{L}_2$, en déduire le grandissement transversal γ_t de l'ensemble des deux lentilles.
3. Décrire l'image finale A_2B_2
4. Calculer la vergence globale V du système formée par l'association des 2 lentilles $\mathcal{L}_1$ et $\mathcal{L}_2$. En déduire la distance focale f' de ce système.
5. Quelle est la vergence V du système optique $\{\mathcal{L}_1, \mathcal{L}_2\}$ si les deux lentilles sont accolées. Quelle est alors sa distance focale f' ?

Exercice 17 : L'œil emmétrope

Soit un œil normal dont le pouvoir de séparation est de 1', le **Punctum Remotum** PR est infini et le **Punctum Proximum** PP est situé à 25 cm devant l'œil.

- a- Quelle distance minimale doit séparer deux points lumineux pour que cet œil puisse les distinguer à une distance de 100 m ?
- b- Sachant que la distance cristallin-rétine vaut 15 mm, calculer les valeurs extrêmes de la vergence du cristallin.

Exercice 18 : L'œil myope

Une personne myope, dont le Punctum Remotum de son œil se situe à 25 cm, a une amplitude dioptrique d'accommodation $A = 5$ dioptries.

- a- Calculer sa distance minimale d_m de vision distincte de cet œil myope.
- b- Cette personne opte pour des verres de contact « lentille $\mathcal{L}_1$ », quelles sont alors les caractéristiques (nature, f'_1 , V_1) de ces verres de contact ? (le centre de la lentille correctrice $\mathcal{L}_1$ étant confondu avec le sommet S de l'œil).
- c- Quelles sont alors les nouvelles limites de vision distincte de cet œil corrigé ?

Exercice 19 : L'œil myope-presbyte (sera traité en cours)

Un œil myope, devenu presbyte, a une zone de vision distincte telle que sa **distance maximale** est de 100 cm et sa **distance minimale** est de 40 cm.

1. Quel type de lentille $\mathcal{L}_1$ faut-il utiliser comme verre correcteur pour permettre à cet œil de voir nettement à l'infini sans accommoder ? Calculer la vergence de cette lentille $\mathcal{L}_1$.
2. Quelles sont alors les nouvelles limites de la zone de vision distincte de cet œil ainsi corrigé ? Conclusion ?
3. Pour améliorer la vision rapprochée à l'aide des mêmes lunettes de correction 'lentille $\mathcal{L}_1$ ', l'opticien propose à son patient d'ajouter à la partie inférieure de chaque lentille $\mathcal{L}_1$ une petite lentille convergente $\mathcal{L}_2$. Quelle doit être la vergence V_2 de cette lentille convergente $\mathcal{L}_2$ pour que la distance minimale de la zone de vision distincte de cet œil corrigé par l'opticien « regardant à travers les deux lentilles ($\mathcal{L}_1, \mathcal{L}_2$) accolées » soit ramenée à 20 cm ?
4. La lentille $\mathcal{L}_2$ est **biconvexe** et ses deux faces ont le **même rayon de courbure R**. Calculer ce rayon R, sachant que l'indice de réfraction du verre est $n = 1,5$.

Exercice 20 : L'œil hypermétrope

Un œil est assimilable à une lentille mince convergente L_1 de distance focale $f'_1 = 2,2$ cm. La rétine étant placée à 2 cm de cette lentille.

- 1) Décrire le défaut de cet œil ?
- 2) Déterminer la position d'un objet **A** dont l'image formée par L_1 se situe sur la rétine ?
- 3) On place contre l'œil un verre de contact de distance focale f'_2 inconnue. Déterminer la valeur de f'_2 pour que cet œil forme une image sur sa rétine, d'un point placé à l'infini ?

Exercice 21 : Œil-Loupe

Un timbre poste est observé à travers une lentille convergente de distance focale +8 cm, faisant office de loupe. Le timbre de dimensions (3 cm x 2 cm) est situé à 6 cm de la lentille supposée mince.

- a- Déterminer les caractéristiques de l'image (position, nature, grandeur et sens par rapport à l'objet).
- b- Tracer la marche du faisceau lumineux issu d'un point de l'objet.
- c- Cette fois-ci, l'observateur enlève utilise **une autre loupe** pour lire ce texte de ce timbre. Il désire voir **en accommodant à l'infini** et sous un angle apparent de 0,05 radian la hauteur des lettres de ce texte, hauteur qui est de 2 mm. Déterminer la vergence de la loupe ? En déduire sa distance focale f' .

Exercice 22: Le microscope (sera traité en cours)

Un microscope est formé d'un objectif assimilé à une lentille convergente L_1 de vergence 250 δ et d'un oculaire assimilé à une lentille convergente L_2 , située à 18,9 cm en arrière de L_1 . On place un objet AB à 4,1 mm en avant du centre optique O_1 de L_1 .

- a) Quelle est la nature et la position de l'image $A'B'$ formée par l'objectif L_1 .
- b) Calculer la taille de cette image $A'B'$ pour un objet AB de 10 μm.
- c) L'œil regarde à travers le microscope. Quelle est la nature de l'image finale $A''B''$?
- d) On veut que cette image finale $A''B''$ soit à l'infini. En déduire la distance focale f'_2 de la lentille L_2 (l'oculaire).
- e) On observe un globule rouge assimilé à un cylindre aplati dont l'axe est l'axe optique Δ du microscope. L'image finale A_1'' de la face inférieure A_1 du globule se forme à l'infini. Où se trouve alors l'image intermédiaire A_1' de cette face A_1 ?



- f) L'image intermédiaire A_2' de la face supérieure A_2 se forme entre le foyer objet F_2 et le centre optique O_2 de l'oculaire, la lentille L_2 , et à 3,1 mm de ce foyer F_2 .

En déduire l'épaisseur $\overline{A_1A_2}$ (en μm) du globule rouge.

