

TD1 : Optique géométrique

Exercice 1 : SE VOIR DANS UN MIROIR

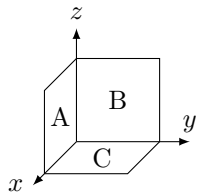
Une personne de taille  $H$  représentée par l'objet PT se trouve debout devant un miroir plan vertical de hauteur  $d$  et dont la base se trouve à une altitude  $l$  au dessus du sol. L'œil O de la personne se trouve à une hauteur  $h$ .

1. Faire un schéma représentant le système décrit et représenter l'image de la personne par le miroir. Est-ce une image réelle ou virtuelle ?
2. Quelle est l'altitude  $l$  maximale pour que la personne puisse voir ses pieds ?
3. Quelle est la taille minimale du miroir pour que la personne puisse voir le haut de sa tête ? (En continuant à voir ses pieds)
4. Comment varient ces valeurs lorsque la personne s'approche ou s'éloigne du miroir ? Conclusion : si on veut se voir en entier dans un miroir faut-il s'approcher ou s'éloigner ?

Exercice 2 : ROTATION D'UN MIROIR PLAN

De quel angle est dévié un rayon se réfléchissant sur un miroir lorsqu'on effectue une rotation de celui-ci d'un angle  $\alpha$  autour d'un axe perpendiculaire au plan d'incidence ?

Exercice 3 : COIN DE CUBE



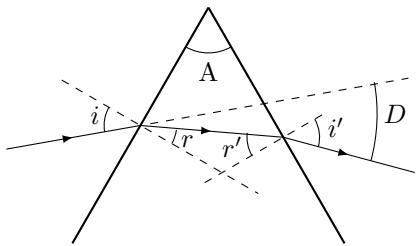
On considère 3 miroirs perpendiculaires entre eux disposés en *coin de cube*. Montrer qu'un rayon incident est, après une réflexion sur chacun des miroirs A,B et C, renvoyé dans la direction exactement opposée.

Exercice 4 : RAYON LUMINEUX QUI TRAVERSE UNE VITRE

Un rayon lumineux traverse une vitre d'épaisseur  $e$  et d'indice  $n$  (l'indice de l'air est pris égal à 1), avec un angle d'incidence  $i$ .

1. Faire un schéma du problème.
2. Montrer que le rayon ressort de la vitre en conservant la même direction.
3. Pour un angle d'incidence  $i$  petit, exprimer en fonction de  $n$ ,  $e$  et  $i$ , la déviation latérale  $d$  subie par le rayon incident lors de la traversée de la vitre.

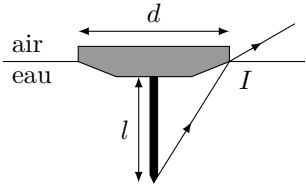
Exercice 5 : PRISME



Un rayon incident entre dans un prisme d'angle  $A$  et d'indice  $n$  avec un angle d'incidence  $i$ . Le rayon émergent a subi une déviation  $D$ . Tous les angles indiqués sur la figure sont positifs. Le prisme est dans l'air d'indice 1.

1. Écrire les lois de la réfraction aux deux interfaces, et donner leurs approximations aux petits angles.
2. Écrire la relation entre  $r$ ,  $r'$  et  $A$ .
3. Exprimer  $D$  en fonction de  $i$ ,  $r$ ,  $i'$  et  $r'$ .
4. En déduire l'expression de  $D$  en fonction de  $n$  et  $A$  dans l'approximation des petits angles.
5. Expliquer pourquoi un milieu dispersif en forme de prisme permet d'observer le spectre d'une lumière.

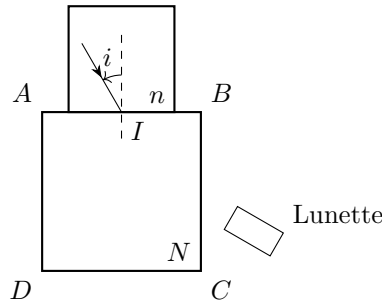
Exercice 6 : CLOU PLANTÉ DANS UN BOUCHON



On plante au centre d'une rondelle de diamètre  $d$  et d'épaisseur négligeable un clou de longueur  $l$  et on fait flotter l'ensemble sur l'eau. L'indice de réfraction de l'eau est noté  $n$  et celui de l'air pris égal à 1.

1. Calculer la longueur limite  $l_{\min}$  en deçà de laquelle le rayon issu de la pointe du clou passant par I subit une réflexion totale.
2. Dans le cas où l'on plante un clou plus petit que  $l_{\min}$  que voit un observateur qui regarde sous la rondelle depuis l'air ?

Exercice 7 : REFRACTOMÈTRE À ANGLE LIMITE



Soit un cube de verre d'indice  $N$ , sur lequel on place un échantillon d'indice  $n < N$ . En un point  $I$  de l'interface entre l'échantillon et le cube, on fait arriver un faisceau incident pouvant prendre toutes les directions possibles. Les rayons lumineux pénètrent dans le cube et on considère ceux qui sortent par la face  $BC$ , on les observe à l'aide d'une lunette.

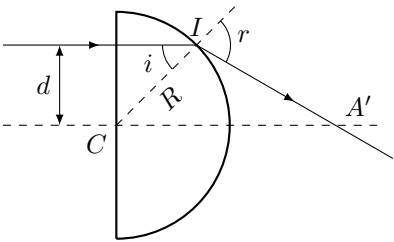
1. On considère un rayon incident en  $I$  avec un angle de  $\pi/2$ . Exprimer l'angle de réfraction en  $I$  en fonction de  $n$  et  $N$ .
2. Exprimer l'angle d'incidence sur la face  $BC$  en fonction de  $n$  et  $N$ .
3. À quelle condition obtient-on un rayon émergent par la face  $BC$  ?
4. Les conditions précédentes étant réalisées, on observe avec la lunette une limite nette entre une plage sombre et une plage éclairée. Donner l'angle  $\alpha$  que fait l'axe de la lunette avec l'horizontale lorsque la lunette pointe cette limite.
5. Montrer que la mesure de l'angle  $\alpha$  permet de calculer l'indice  $n$  lorsque l'indice  $N$  est connu. Pour un cube d'indice  $N$  donné, quelles sont les valeurs de  $n$  que l'on peut mesurer ?

Exercice 8 : UN PETIT PROBLÈME



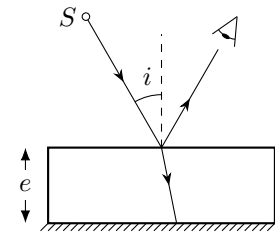
La photo suivant a été prise sur la place de la préfecture à Troyes. Des projecteurs sont incrustés dans le fond d'un bassin et émettent de la lumière vers le haut dans toutes les directions. On observe alors des cercles lumineux sur le fond du bassin. Expliquer ce phénomène et montrer que l'on peut en déduire la profondeur d'eau dans le bassin (le bassin a une largeur d'environ 3 m)

Exercice 9 : DIOPTRE SEMI-CYLINDRIQUE



On considère un demi-cylindre de rayon  $R$  et d'indice  $n$  plongé dans l'air d'indice 1. Considérons un rayon lumineux écarté d'une distance  $d$  par rapport à l'axe optique et parallèle à celui-ci. Le rayon émergent intersecte l'axe optique en un point  $A'$ .

1. Exprimer en fonction de  $i$ ,  $r$  et  $R$ , la distance  $CA'$ .
2. Comment doit-on choisir  $d$  pour être dans les conditions de Gauss ?
3. Dans ces conditions, exprimer la limite  $CF'$  de  $CA'$ , que représente le point  $F'$  ?
4. Exprimer la valeur maximale  $d_l$  au delà de laquelle le rayon qui émerge a subi une réflexion totale en  $I$ .
5. Calculer  $d_l$  pour  $R = 5\text{ cm}$  et  $n=1.5$ .

**Exercice 10 : DOUBLE REFLET**

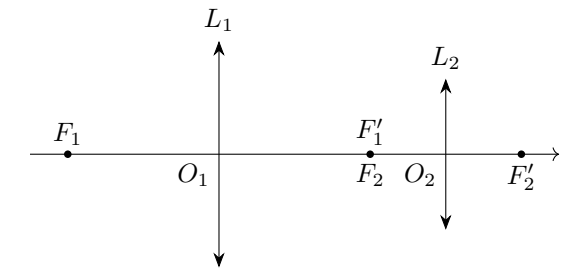
Une source lumineuse ponctuelle  $S$  est située à une distance  $x = 1$  m de la couche de verre d'indice  $n = 1.50$  et d'épaisseur  $e = 5$  mm protégeant un miroir plan. Un rayon lumineux issu de  $S$  arrivant sur la couche de verre avec une incidence  $i$  est partiellement réfléchi à la traversée du dioptre air  $\rightarrow$  verre et l'autre partie est réfractée.

- Justifier le fait que l'observateur qui regarde dans le miroir sous une incidence  $i$  voit 2 images  $S'$  et  $S''$ . Placer ces sources  $S'$  et  $S''$  sur la figure.
- Exprimer dans les conditions de Gauss la distance  $S'S''$  entre les 2 images, en fonction de  $e$  et  $n$ . Calculer  $S'S''$

**Exercice 11 : LA LOUPE**

On considère une lentille convergente  $L$  de centre  $O$  et de distance focale image  $f' = 4$  cm et un objet  $AB$  situé tel que  $\overline{OA} = -10$  cm.

- Faire un schéma du système à l'échelle et construire l'image  $A'B'$  de  $AB$ .
- Utiliser la relation de conjugaison pour retrouver la valeur de  $\overline{OA'}$
- On utilise maintenant la lentille comme une loupe, l'objet est placé à une distance  $\overline{OA} = -3$  cm de la lentille. Refaire le schéma à l'échelle et construire l'image  $A'B'$ . Cette image est-elle réelle ou virtuelle ? Pourquoi la lentille joue-t-elle le rôle de loupe ?
- Calculer le grossissement transversal  $G_t$  de la loupe.

**Exercice 12 : LUNETTE ASTRONOMIQUE**

Une étoile  $AB$  située à l'infini est vue depuis la Terre a un diamètre apparent  $\theta$ . On l'observe à travers une lunette astronomique constituée d'une lentille  $L_1$  de longueur focale  $f'_1$  et une lentille  $L_2$  de longueur focale  $f'_2$ . Les points  $F'_1$  et  $F_2$  sont confondus.

- Tracez l'image  $A_1B_1$  de l'étoile formée par la lentille  $L_1$ .
- Tracez l'image  $A'B'$  de l'étoile formée par la lentille  $L_2$ . Où se trouve-t-elle ?
- Quel est le diamètre apparent  $\theta'$  de l'étoile lorsqu'elle est vue à travers la lunette ? Quel est le grossissement  $G = \theta'/\theta$  de la lunette dans l'approximation  $\theta \ll 1$ .
- A.N. : Sous quel angle voit-on une étoile dont le diamètre apparent  $\theta$  est de une minute d'angle lorsqu'elle est vue à travers une lunette dont  $f'_1 = 1$  m et  $f'_2 = 1$  cm.

**Exercice 13 : OCULAIRE NÉGATIF DE HUYGENS**

On va faire l'étude de l'oculaire négatif de Huygens (3, 2, 1).  $a$  représente une longueur. Pour les dessins, on prendra  $a = 2$  cm. Soit un système constitué par deux lentilles minces :

- ( $L_1$ ) de distance focale image  $+3a$ , de centre optique  $S_1$
- ( $L_2$ ) de distance focale image  $+a$ , de centre optique  $S_2$

avec  $\overline{S_1S_2} = +2a$ .

- Faire le schéma du système.
- Déterminer par le calcul les positions  $F$  et  $F'$  des foyers du système. Vérifier par construction.

**Exercice 14 : ENCORE UN DOUBLET**

On se propose d'étudier un doublet de lentilles.  $a$  représente une longueur. Pour les dessins, on prendra  $a = 2$  cm. Soit un système constitué par deux lentilles minces :

- ( $L_1$ ) de distance focale image  $+2a$ , de centre optique  $S_1$
- ( $L_2$ ) de distance focale image  $-3a$ , de centre optique  $S_2$

avec  $\overline{S_1S_2} = +a$ .

- Faire le schéma du système.
- Déterminer par le calcul les positions  $F$  et  $F'$  des foyers du système. Vérifier par construction.
- Soit un objet  $AB$  tel que  $\overline{S_1A} = -a$ . Quelle est la nature de cet objet ? Trouver par construction la position de son image  $A'B'$ . En déduire la valeur du grossissement transversal.
- Vérifier les résultats précédents par le calcul.

**Exercice 15 : CACHE SUR LENTILLE**

Une lentille convergente forme l'image  $A'B'$  d'un objet  $AB$  sur un écran. On place un cache circulaire opaque au centre de la lentille (il ne la recouvre pas totalement). Comment est modifiée l'image ? Faire un schéma représentant les rayons qui permettent d'argumenter la réponse.

**Exercice 16 : L'OEIL**

La distance entre le cristallin et la rétine est d'environ  $d = 15$  mm, la distance  $h$  entre deux cellules rétinienne (cônes) est d'environ  $5 \mu\text{m}$

- Déterminer le pouvoir séparateur angulaire  $\alpha$  de l'œil. (angle minimum entre deux rayons captés par des cônes différents)
- Pour un œil normal (emmétrope) le punctum proximum situé à 25 cm. Quelle est le plus petit objet qu'un œil normal puisse discerner (il faut que son image couvre au moins 2 cônes)
- La pupille joue le rôle de diaphragme de rayon  $R$ . Si un point  $A$  est situé à une distance  $D$  d'un œil normal qui n'accomode pas, quel est le rayon  $r$  de la tâche formée sur la rétine ?
- Justifier que l'on peut considérer que  $A$  est vu comme un point si  $r < h$ . Pour  $R = 1\text{ mm}$  quelle est la distance minimale  $D_{\min}$  d'un objet vu net en même temps qu'un autre objet à l'infini ?
- Un œil myope a un cristallin trop convergent. Si on suppose qu'il possède la même plage d'accommodation qu'un œil normal, comment sont déplacés son PP et son PR ? Expliquez en quoi cela constitue un handicap ou un avantage. Quel type de lentille doit-on utiliser pour corriger la myopie ?
- En supposant que le cristallin myope peut être assimilé à une lentille convergente de focale  $f' = 1,48$  cm, calculer le nouveau PR.
- Le PP se trouve à 12 cm, calculer la distance focale correspondante. Quelle la variation de vergence du cristallin lorsqu'il accomode ?
- Un œil hypermétrope a un cristallin qui n'est pas assez convergent. Comment cela modifie les positions de son PP et de son PR ? Quel type de lentille doit-on utiliser pour corriger l'hypermétropie ?