TD n°1&2 : Loi de réflexion et réfraction

Exercice 1 : Principe de Fermat

Les lois de la réflexion et de la réfraction s'appuient sur le principe de Fermat :

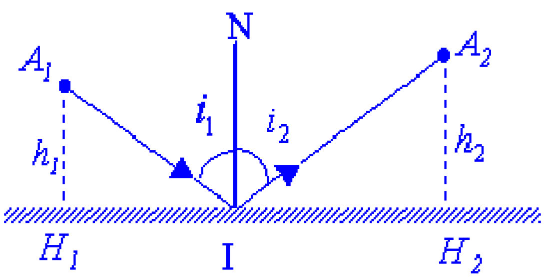
« *Le chemin suivi par un rayon lumineux sera celui qui nécessite le minimum de temps* »

L'objectif de cet exercice est démontrer à partir de ce principe les lois de réflexion ($i_1=i_2$) et de réfraction ($n_1 \sin i_1=n_2 \sin i_2$).

I.1 Loi de réflexion

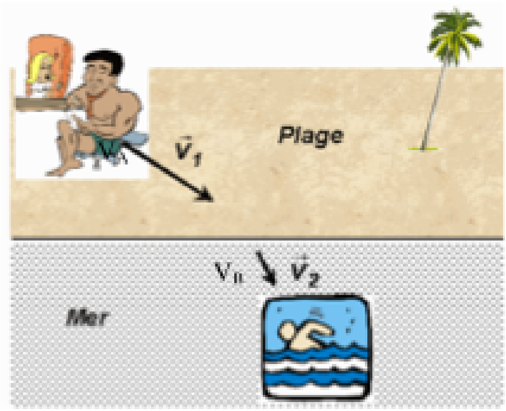
Il s'agit de montrer que le trajet effectué avec la durée minimale dans l'air, milieu homogène et isotrope d'indice n, par un rayon lumineux allant d'un point A_1 à un point A_2 après réflexion sur un miroir correspond à celui déterminé par les lois de Descartes.
Les points A_1 et A_2 sont situés à des distances du miroir respectivement égales à h_1 et h_2.
Les projections H_1 et H_2 de A_1 et A_2 sont distantes de L.
Les points A_1 et A_2 , ainsi que le miroir M, sont fixes.
On notera x la distance H_1I.

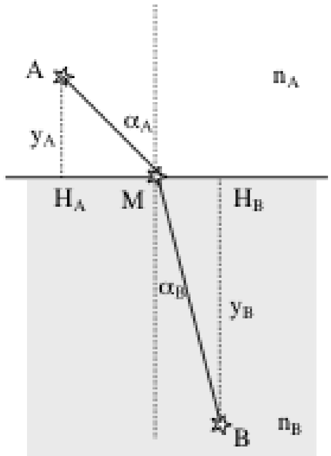
1) Exprimer le trajet A_1IA_2 en fonction des données du problème.
2) Pour quelle valeur le trajet est minimum ? (Vérifier que le trajet est bien un minimum)
3) Vérifier que cette valeur est compatible avec la loi de réflexion ($i_1=i_2$)



I.2 Loi de réfraction

Un maître nageur, situé en un point A d'une plage, souhaite appliquer le principe de Fermat afin de porter secours le plus rapidement possible à un vacancier (situé en B) sur le point de se noyer à quelques brasses du bord de mer ! Le maître nageur se trouve à une distance y_A du rivage (supposé rectiligne) et le baigneur à une distance y_B. On suppose que le maître nageur se déplace à la vitesse v_A dans l'air et v_B dans l'eau. On appellera L la distance H_AH_B et x la distance H_AM.





1) Exprimer la durée t du trajet AMB comme une fonction de x.

2) Quelle équation doit être vérifiée afin que t soit un extremum ?

3) Montrer que, si on appelle n_A le rapport c/v_A et n_B le rapport c/v_B, on retrouve la loi de Snell-Descartes pour la réfraction en optique. On fera apparaître explicitement les termes sin α_A et sin α_B

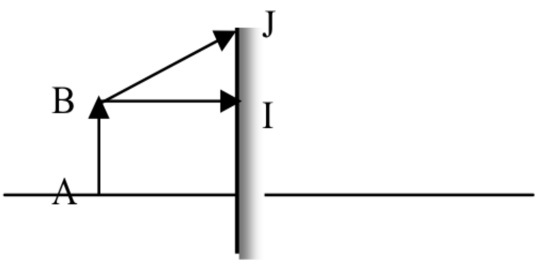
4) Vérifier que l'on obtient bien un minimum pour la durée (étudier le signe de la dérivée seconde d^2t/dx^2).

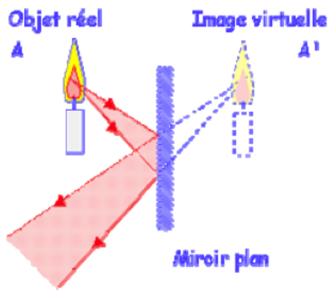
Exercice 2 : optimisation d'un miroir plan

Un observateur debout, de hauteur h, veut se voir de bas en haut dans un mliroir plan auquel il fait face.
Quelles doivent être la taille minimale et la position du miroir ?

Exercice 3 : miroir plan

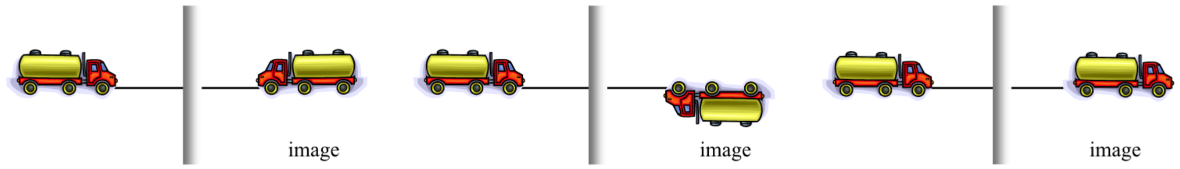
Soit un objet AB placé devant un miroir plan :





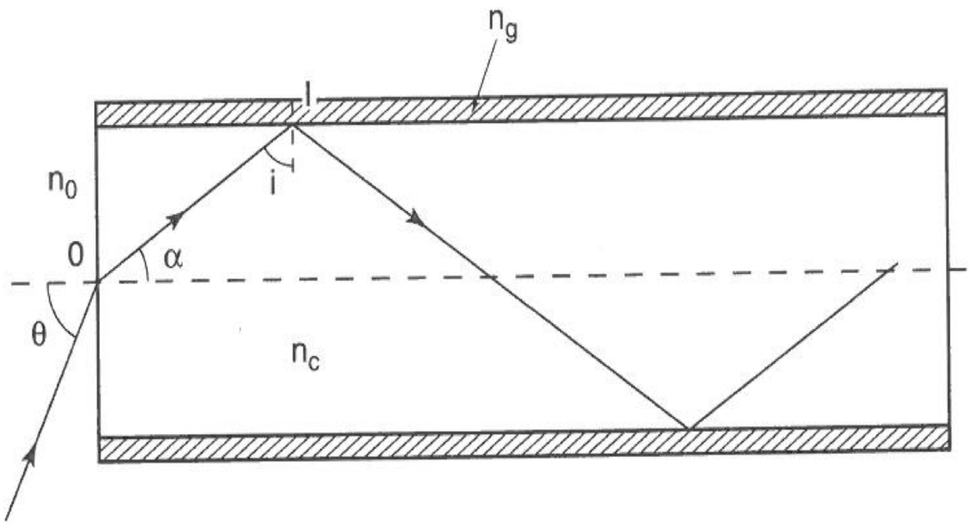
1) Montrer que tous les rayons provenant du point objet B se coupent après réflexion sur le miroir en un même point B', image de B par ce miroir. En déduire que A'B' et AB sont symétriques par rapport au plan du miroir. Quelle est la nature de cette image ?

2) On forme l'image d''un camion à travers un miroir plan. Quel est le dessin correspondant à la réalité ? Expliquer votre choix

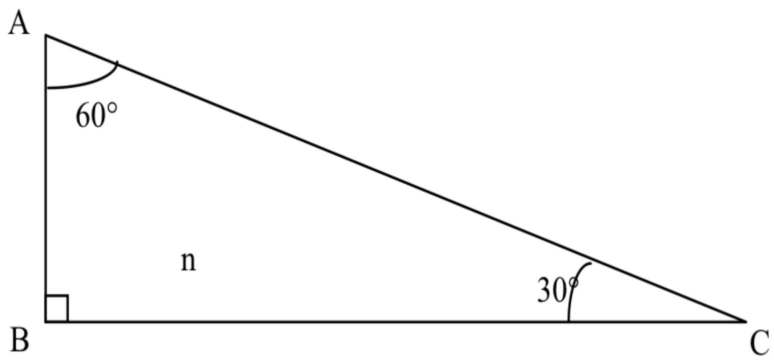


Exercice 4 : Fibre optique à saut d'indice

On utilise un matériau trans parent, homogène et isotrope d'indice abslou nc pour réaliser un cylindre de révolution de rayon r. Ce cylindre est entouré par un milieu de même type d'indice n_g. Le milieu d'indice n_c constitue le coeur de la fibre et le milieu n_g est la gaine.

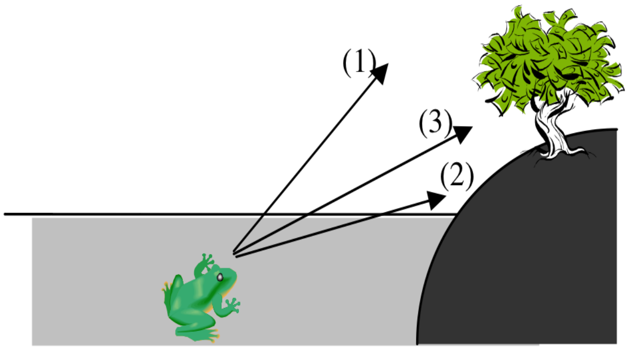


1) Décrire le fonctionnement d'une fibre optique. Quelle sest la relation entre n_c et n_g ?
2) Quel est l'angle limite I_{lim} en I tel que la lumière soit totalement réfléchi ?
3) Déterminer une expression de l'ouverture numérique de la fibre optique, ON=sin θ_{lim}

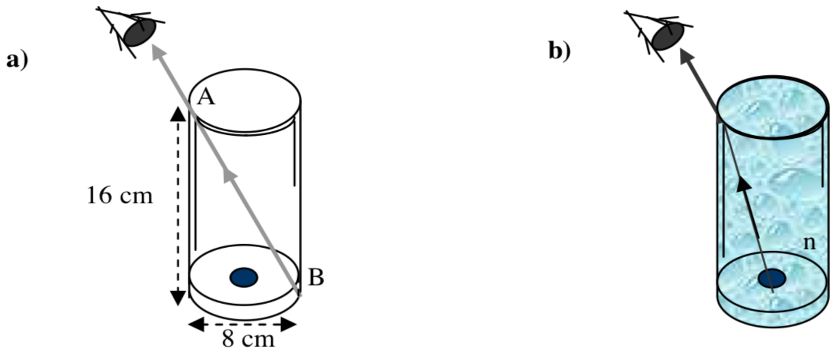


Exercice 5 : Rayons réfractés (1)

Une grenouille en immersion dans de l'eau d'indice n = 1,33 regarde un arbre sur la rive. Le voit-elle plus haut (1) ou plus bas (2) que sa position réelle (3) ?



Exercice 6 : Rayons réfractés (2)



Vous êtes placé près d'un verre opaque de telle façon que votre œil, le bord supérieur du verre A et le bord inférieur B opposé soient alignés (a). Vous ne pouvez donc pas voir directement le centre du fond du verre. Le verre est un cylindre à bords fins de 16 cm de hauteur et de 8 cm de diamètre. Alors que vous gardez l'œil dans la même position, un ami le remplit avec un liquide transparent. Vous voyez alors une pièce centrée au fond du verre (b). Quel est, au minimum, l'indice de réfraction du liquide ?

Exercice 7 : Application des prismes à la mesure d'indice de réfraction

Considérons un prisme de verre d'indice n dont la section est un triangle rectangle en B. On effectue une expérience qui consiste à déterminer n connaissant les angles au sommet du prisme, puis ensuite pour en déduire l'indice N d'un liquide inconnu.

a. Un faisceau lumineux monochromatique arrive sur AB avec une incidence i_0 variable. Il émerge du prisme par la face AC en faisant l'angle i_1 avec la normale à AC. On mesure i_1 avec une lunette. On montre que la déviation D qu'a subi le rayon incident est telle que :

$$D=i_1+i_0-A$$

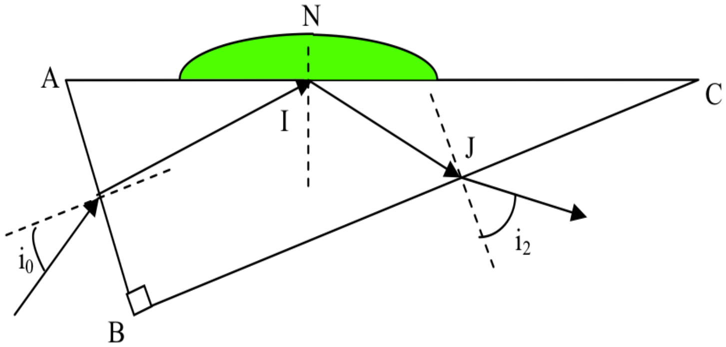
Il existe un angle i_0 tel que cette déviation soit minimum. Dans ce cas :

$$i_1=i_0$$

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

Pour cette expérience, i_1 = 48,75°. Calculer n.

b. On pose sur la face AC une goutte de liquide d'indice N inconnu et on mesure l'angle i_2 du rayon émergeant par la face BC.



On fait varier i_0 jusqu'à obtenir une réflexion totale en I (à la limite de la réfraction); on vérifie qu'aucune lumière ne sort de la goutte. Dans ces conditions, on mesure l'angle i_2 = 62,75° du rayon émergeant de la face BC. Calculer l''indice N du liquide.
Avec le tableau ci-dessous, identifier le liquide utilisé :

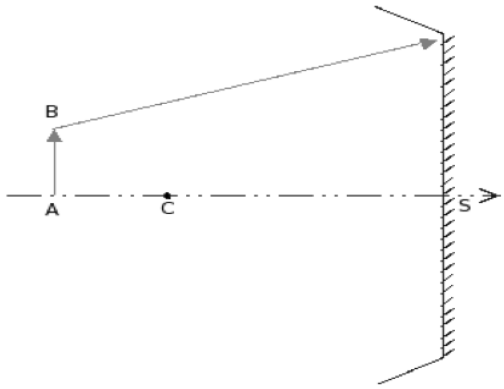
liquide	**indice de réfraction**
benzène	1,501
bisulfure de carbone	1,628
tétrachlorure de carbone	1,461
alcool éthylique	1,361
glycérine	1,473
huile de paraffine	1,374
eau	1,333

c. Le faisceau lumineux arrive maintenant perpendiculairement à la face AB. Quelle doit être la valeur maximale de l'indice N du liquide pour qu'il y ait réflexion totale en I ? Expliquez pourquoi il s'agit d'une valeur maximale. Le rayon peut-il alors sortir en J par la face BC ?

TD n°3 : Miroirs sphériques

Exercice 1 : Le miroir sphérique

Sur la figure, placer le foyer du miroir sphérique concave. Construire l'image A'B' de l'objet AB dont la hauteur est égale à 1 m. Calculer la position de l'image, son grandissement γ et sa taille. On donne R= 6m et AS =9m. Dessiner le faisceau sortant après réflexion sur le miroir.



Exercice 2 : miroir convexe ou concave ?

1) À partir des formules de conjugaison et du grandissement transversal du miroir sphérique, exprimez la valeur de p (position de l'objet) en fonction du grandissement γ et du rayon de courbure r du miroir.

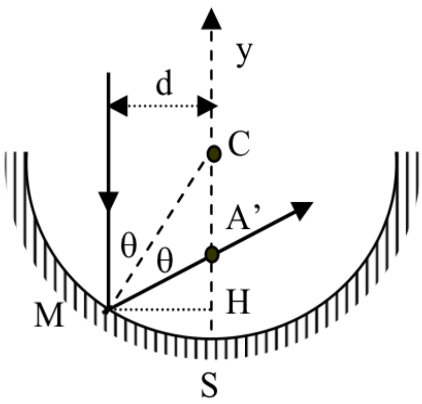
2) On fabrique un miroir avec lequel on veut obtenir un grandissement égal à 1/3 pour un rétroviseur de voiture. Quel modèle de miroir faut-il choisir (convexe ou concave) ? Quel est son rayon de courbure pour que son grandissement soit obtenu pour une voiture située à 10 m du miroir?

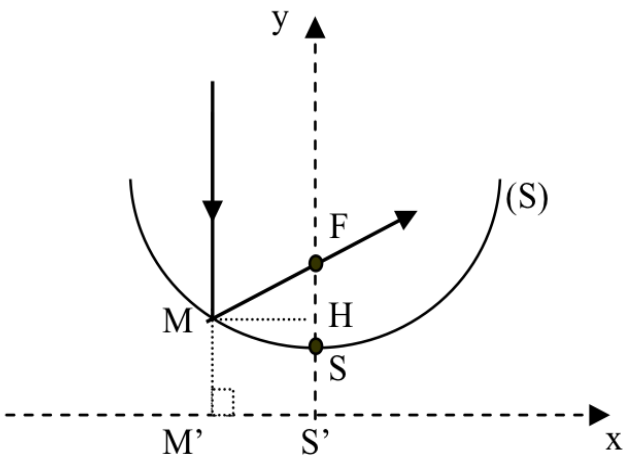
3) On veut au contraire obtenir un grandissement de 2 (miroir de toilette). Quel est le modèle adapté (convexe ou concave) ? Quel est son rayon de courbure pour que ce grandissement soit obtenu quand on observe sa propre image alors que le visage est à 10 cm du miroir ? Exemple :

Dans les questions 2) et 3) effectuez la construction des objets considérés.

Exercice 3 : miroir parabolique

Un télescope est un instrument qui utilise un miroir concave pour focaliser le faisceau de lumière parallèle provenant d'une étoile, donc de l'infini. Tous les rayons contenus dans le faisceau doivent se retrouver en un seul point F, appelé foyer primaire de l'instrument. Ceci est la condition de stigmatisme pour le télescope. En ce point F se forme alors l'image de l'étoile. Nous allons montrer qu'un miroir sphérique n'est pas stigmatique et chercher la forme de ce miroir pour qu'il le devienne. Un rayon parallèle à l'axe d'un miroir arrive en M à une distance d de l'axe principal. Il se réfléchit avec un angle θ et coupe l'axe principal en A'. On appellera H la projection de M sur l'axe principal. Les points C et S sont respectivement le centre et le sommet du miroir tels que SC = R, rayon de courbure du miroir.





1) Exprimer la distance d de deux manières différentes : la première en fonction de R et θ, la deuxième en fonction de MA' et θ. En déduire une relation entre MA', R et θ.

2) A partir d'une propriété du triangle MA'C trouver une relation simple entre MA' et A'C. En déduire l'expression de SA' en fonction de R et θ seulement. Que peut–on conclure sur le stigmatisme du miroir sphérique ?

Un foyer parfait a la propriété suivante : l**es durées des trajets de la lumière le long des divers rayons parallèles jusqu'au point F sont égales**. On a donc égalité stricte des chemins géométriques parcourus. Cette égalité peut s'exprimer mathématiquement. On se place dans un repère (xS'y). Sur l'axe S'x, on définit le point M' tel que MM'=MF, relation vraie pour tout point M de la surface, y compris le sommet S. On cherche la surface (S) à interposer pour que tous les rayons se retrouvent au foyer F au même temps t (on dit que F est le conjugué de S'x). Soient (x,y) les coordonnées de M et H sa projection sur l'axe S'y.

3) En écrivant que pour tout M on doit avoir |MM'|=|MF|, déterminer l'équation de (S) en fonction de la distance focale SF=f.

TD n°4 : Dioptres sphériques

Exercice 1 : Aquarium

Un aquarium a la forme d'une sphère de 50 cm de diamètre. On néglige l'épaisseur (donc l'effet) de la paroi en verre.

Trouver la position et la grandeur de l'image d'un poisson de 2 cm de hauteur pour un observateur situé à l'extérieur dans les deux cas suivants (l'indice de l'eau est 4/3) :
le poisson est au centre de l'aquarium
le poisson est à 15 cm de la paroi (paroi la plus proche de l'observateur).

On veut savoir si les rayons arrivant du Soleil sur l'aquarium peuvent converger à l'intérieur et griller les poissons qui s'y trouvent. Cela supposerait le foyer image F' du dioptre à l'intérieur de l'aquarium. En considérant l'aquarium comme une sphère séparant l'air (n_1=1) du liquide d'indice n_2 (que l'on suppose maintenant quelconque), quelle condition doit vérifier n_2 pour que F' soit à l'intérieur de l'aquarium ? Les poissons courent-ils un risque ?

Exercice 2 : Plongeur

Un plongeur observe les poissons dans la mer. Son masque est assimilé à un dioptre sphérique de rayon de courbure $\overline{SC}$ = +4 cm, d'épaisseur négligeable et séparant l'eau (n=4/3) de l'air (n'=1). Le poisson observé est un objet (réel) de taille AB = 3 cm, situé à 16 cm de S sur l'axe optique.

1) Le dioptre est-il convexe ou concave ? Justifiez votre réponse.

2) Etablir les expressions de $\overline{SF}$ et $\overline{SF'}$ en fonction des caractéristiques du dioptre et calculez la position des foyers objet F et image F' du dioptre. Le dioptre est-il convergent ou divergent ?

3) Faire le schéma du dioptre, placez les foyers F et F' et trouvez graphiquement la position de l'image de l'image de l'objet AB (faire le schéma à l'échelle 1⁄2).

4) Vérifiez numériquement la distance $\overline{SA'}$ .Donnez d'abord l'expression littérale, puis l'application numérique. Quelle est la nature de l'image ?

5) Calculez le grandissement transversal du dioptre. Quelle est l'information apportée par le signe du grandissement ?

6) Vérifiez la compatibilité entre la construction géométrique et les valeurs numériques.

Exercice 3 : Constructions d'images

3.1

1) Calculer et placer sur un schéma à l'échelle 1 les foyers objet et image d'un dioptre sphérique dans les cas suivants :

- n=1 ; n'=1,5 ; $\overline{SC}$ =-1cm
- n=1 ; n'=1,5 ; $\overline{SC}$ =+1cm
- n=1,5 ; n'=1 ; $\overline{SC}$ =-1cm
- n=1,5 ; n'=1 ; $\overline{SC}$ =+1cm

2) Représenter graphiquement l'image A'B' d'un objet placé à -4 cm de S dans les 2 premiers cas et à +4 cm dans les 2 derniers, le sens de propagation de la lumière étant arbitrairement pris de gauche à droite.

3) Indiquer la nature de l'image et de l'objet dans chaque cas. Vérifier numériquement.

3.2

1) Calculer et placer sur un dessin à l'échelle 1 les foyers image et objet d'un dioptre sphérique de sommet S et de centre C tels que $\overline{SC}$ =+2,5cm. La lumière se propage d'un milieu n1=1 vers un milieu d'indice n2=1,5.

2) Déterminer graphiquement la position de l'image d'un objet A tel que SA = -2,5cm. Quelle est la nature de l'image ? Est-elle droite ou renversée ?

3) Vérifier numériquement la position et la nature de l'image.

4) L'objet fait 1 cm de haut. Quelle est la taille de l'image ?

3.3

1) Quel est le rayon de courbure d'un dioptre (n=1 ; n'=1,33) qui donne d'un objet virtuel situé à 10 cm du sommet du dioptre une image réelle située à :

- 20 cm
- 10 cm
- 13,3 cm du sommet du dioptre.

2) Calculer les grandissements correspondants. Préciser la nature des dioptres.

TD n°5 : Lentilles

Exercice 1 : Association de dioptres sphériques

Un système optique biconvexe est constitué de deux dioptres sphériques dont les rayons de courbure sont égaux en valeur absolue et valent |R|. Les milieux extrêmes sont l'air et l'eau.
Le premier dioptre, de sommet S_1, sépare l'air du verre d'indice n. Le second, de sommet S_2, sépare le verre de l'eau d'indice n'.

1) Ecrire la relation de conjugaison pour l'ensemble des dioptres.

2) En déduire la relation de conjugaison d'une lentille mince biconvexe, de centre optique O, placée entre l'air et l'eau. Calculer les positions des foyers de cette lentille.
AN : R = 30 cm, n=3/2, n'=4/3

3) Comparer avec la même lentille mince biconvexe plongée dans un seul milieu.

2. Nature des objets

La distance focale d'une lentille mince divergente est égale à -20 cm. Déterminer la position et la nature de l'objet si l'on veut que son image soit :

1) virtuelle, droite et 5 fois plus petite que l'objet.
2) réelle, droite et 1,5 fois plus grande que l'objet.
3) Tracer les rayons lumineux dans chaque cas.

3. Construction d'images

On fait varier la position d'un objet, réel ou virtuel, par rapport à une lentille mince. Construire son image lorsque la lentille est convergente, puis divergente. Utiliser 3 rayons si possible. Préciser la nature de l'image dans chaque cas.

4. Images droite ou inversée ?

Une lentille mince convergente de 20 cm de distance focale donne d'un objet une image 2,5 fois plus petite. Déterminer les positions possibles de l'objet pour que son image soit réelle. Faire les constructions géométriques. Indiquer si l'image est droite ou renversée.

5.Grandissement transversal

Un photographe désire photographier une statue de 2 m de hauteur située à 4 m. Il veut obtenir une image de 1 cm de hauteur. On assimile l'objectif de l'appareil photo à une lentille mince. Déterminer le grandissement transversal souhaité γ, la distance lentille-image, la longueur focale et la vergence de l'objectif. Préciser la nature et le sens de l'image obtenue ?

6. Distance focale

Une lentille mince en verre d'indice n = 1,5 possède une surface convexe de rayon de courbure égal à +12 cm.

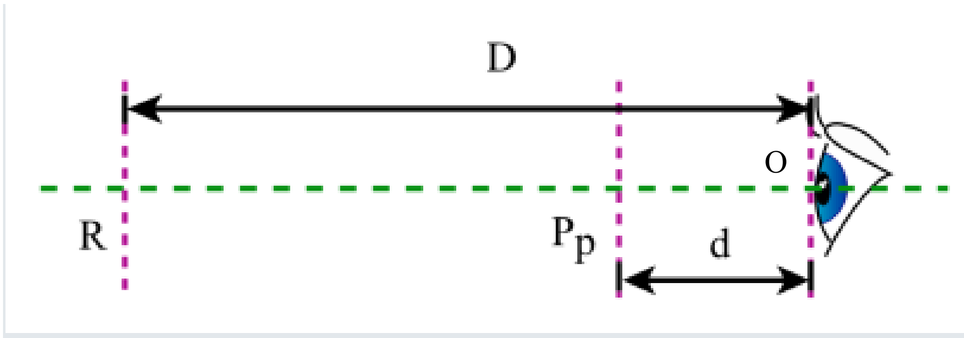
1) Quel doit être le rayon de courbure de l'autre face pour que la distance focale image soit égale à +16 cm puis -40 cm ?

2) Si la deuxième face est plane, quelle est la position du foyer image côté face convexe ? Même question pour le foyer image du côté de la face plane.

TD n°6 : Instruments d'optiques (1)

Exercice 1 : l'oeil, ses défauts et corrections

Un oeil donne l'image sur la rétine d'un objet situé entre le punctum remotum PR et punctum proximum PP.



Le puntum remotum correspond à une vision sans accomodation alors que le punctum proximum demande une acomodation maximale pour l'oeil. Cette accomdation ets réalisée grâce à une déformation du cristallin qui augmente ainsi sa convergence en exigeant un effort de l'organisme.

Les distances algébriques sont comptés à partir de l'oeil noté O qui se situe au sommet de la cornée.

On note :

$$\overline{RO}=\Delta$$
$$\overline{PO}=\delta$$
$$\Lambda=\frac{1}{\delta}-\frac{1}{\Delta}$$

où Λ est l'amplitude dioptrique de vision nette

Oeil emmétrope

R est à l'infini et on prend δ=25 cm pour une observation de longue durée et sans grande fatigue.

1) Calculer Λ

2) Sachant que la distance cristallin-rétine est égale à 2,5 cm, déterminer la vergence de l'oeil et la focale associée à celui-ci lors d'une observation sans fatigue à l'infini et à 25 cm. La vergence est notée C, et son unité est le dioptrie δ. Quel est l'intervalle sur lequel l'oeil peut accomoder ?

On place devant l'oeil, juste au niveau de O, une lentille cornéenne, mince, convergente de distance focale f'=50 cm.

3) Sans calcul, quel va être l'impact sur la vision ?

4) Déterminer le nouveau punctum remotum R' et le nouveau punctum proximum P' pour ce nouveau système optique et montrer que l'amplitude dioptrique de vision nette n'a pas changé.

<u>Oeil myope</u>

R n'est plus à l'infini et l'on prendra Δ=50 cm.

1) Si on modélise l'oeil par un système optique simple où le cristallin joue le rôle de la lentille mince, montrer que celui-ci est trop convergent. Où se forme alors l'image d'un objet très éloigné ?

2) Calculer δ en supposant que Λ a la même valeur que pour l'oeil emmétrope précédent. Où se situent les objets que l'oeil peut observer en accomodant ?

3) Pour corriger la vue, on place devant l'oeil, juste au niveau de S, une lentille cornéenne mince. Détreminer la nature et la distance focale de cette lentille correctrice pour que l'oeil observe sans accomoder les objets très éloignés.

Où se situe le nouveau punctum proximum P' pour cet oeil corrigé ?

Où se situent les objets que l'oeil peut observer en accomodant ?

<u>Oeil hypermétrope</u>

1) Si on considère que le Punctum Proximum d'un oeil hypermétrope est à 50 cm, déterminer la focacle associée à l'oeil.

2) L'intervalle de vergence d'un oeil presbyte est le même que celui d'un emmétrope, c'est à dire 4 δ . Quelle est la focale associée à un oeil hypermétrope lors d'une observation à l'infini ?

3) Déterminer le punctum remotum d'un oeil hypermétrope

4) Pour corriger la vue, on place devant l'oeil, juste au niveau de S, une lentille cornéenne mince. Détreminer la nature et la distance focale de cette lentille correctrice pour que l'oeil observe sans accomoder les objets très éloignés.

Où se situe le nouveau punctum proximum P' pour cet oeil corrigé ?

Où se situent les objets que l'oeil peut observer en accomodant ?

<u>Oeil presbyte</u>

Un oeil presbyte est un oeil dont le pouvoir d'accomodation est réduit par une dimunution de la souplesse du cristallin qui n'arrive plus à augmenter sa convergence. Au fur et à mesure que la presbytie augmente, on assiste donc à l'éloignement du ponctum proximum.

Nous envisagerons le cas d'un oeil emmétrope qui est devenu presbyte avec une amplitude dioptrique de vision nette Λ=1,5 dioptries.

1) Déterminer la distance δ pour cet oeil presbyte

2) Quel verre correcteur faut-il envisager pour que le punctum proximum P' du système verre correcteur plus oeil presbyte soit de nouveau à 25 cm de l'oeil, le verre correcteur étant toujours placé au niveau de S ?

3) Où se trouve le puntum remotum R' de ce système ?

4) Expliquer alors qualitativment pourquoi les presbytes portent des verres demi-lune ?

Exercice 2 : étude d'une loupe

Lorsqu'on veut observer à l'oeil nu un objet de petite dimension AB, on essaie d'en obtenir une image la plus grande possible sur la rétine de l'oeil. Le premier réflexe est d'approcher cet objet le plus possible de l'oeil, c'est à dire de le placer au ponctum proximum P.

1) On peut dans un modèle simplifié décrire l'oeil comme une lentille convergente dont le centre optique O se trouve à la distance d=2,5 cm de la rétine, sur laquelle doit se former une image réelle.

Quand l'oeil n'accomode pas, la distance focale de cette lentille est de f_{na}=2,5 cm, l'objet vu nettement est alors situé au punctum remotum R, supposé se trouver à l'infini.

Nous admettrons que l'oeil accomode au maximum quand il se forme sur la rétine l'image nette d'un obet situé au punctum proximum P. La distance est égale à 25 cm.

a) On considère un objet AB placé perpendiculairemnt à l'axe optique de l'oeil. A est confondu avec P. Il se forme une image nette de la rétine. Calculer :

- Calculer la distance focale f'_a de la lentille équivalente à l'oeil,
- Exprimer le diamètre apparent α sous lequel AB est vu depuis O et la taille de l'image A'B' sur la rétine en fonction de AB, $\overline{OA}$ et $\overline{OA'}$

b) Montrer simplement, à l'aide d'un schéma, que l'on obtiendra une image de même taille sur la rétine pour tous les objets de même diamètre apparent α. Conclure

La loupe la plus simple est constituée par une lentille convregente (L) de centre optique O et de distance focale f. Son rôle est d'augmenter l'angle sous lequel l'oeil voit l'objet, qui devient α'. On définit respectivement la puissance de la loupe et son grossissement comme :

$$P=\frac{-\alpha'}{\overline{AB}}$$

$$G=\frac{\alpha'}{\alpha}$$

où α est l'angle sous lequel est vu, sans loupe, l'objet placé au punctum proximum P. α et α' sont des angles algébriques.

2) L'objet AB est placé au foyer objet F de la loupe, l'oeil situé en arrière de (L).

a) L'oeil accomode t il ? La position de l'oeil influe t elle sur la taille de l'image sur la rétine ?

b) Exprimer dans ce cas la puissance et le grossissement de la loupe, appelés respectivement puissance intrinsèque et grossissement commercial.

c) Montrer que la position de l'oeil influe sur le champ de vision à travers la loupe, qui possède une monture de diamètre D. La pupille de l'oeil est ici supposée quasiment ponctuelle.

3) L'objet AB est placé entre F et O.

a) L'objet pourrait il être placé ailleurs qu'en F ou entre F et O pour une utilisation « normale » de la loupe ?

b) Soit A'B' l'image AB par la loupe. On pose :

$$\overline{OR_{ret}}=l$$

$$\overline{A'R_{ret}}=L$$

Exprimer le grossissement en fonction de d_{min}, L, l et f.

c) Etudier le cas l=f

d) Dans quel cas le grossissement est il maximal ? Calculer ce grossissement.

4) Les diamantaires utilisent des loupes « 10 fois ». Décrire cet appareil. Comment l'utiliseriez vous ?

TD n°7 et 8 : Instruments d'optiques (2)

Exercice 1 : Étude d'un modèle de lunette astronomique (examen 2013/2014)

On se propose de modéliser une lunette astronomique à l'aide de deux lentilles convergentes :
une lentille L_1 de distance focale $f_1' = 60$ cm
une lentille L_2 de distance focale $f_2' = 10$ cm

On prend une lentille L_2 à laquelle on associe la lentille L_1, placée devant L_2, pour simuler sur le banc d'optique une lunette astronomique utilisée pour observer un objet AB.

1) Quelle lentille sert d'oculaire, d'objectif ? Justifier.

2) Comment placer les 2 lentilles de manière à ce que l'oeil n'accommode pas : c'est-à-dire que l'objet observé à travers l'oculaire soit à l'infini ?

3) Tracer sur une feuille de papier millimétré l'image d'un objet provenant de l'infini et faisant un angle α avec l'axe optique. Une des caractéristiques de ce système optique est son grossissement défini par le rapport du diamètre apparent de l'image à celui de l'objet : $G=\alpha/\alpha'$

(a) Définir le diamètre apparent α de l'objet et le diamètre apparent α′ de l'image.
(b) Indiquer ces deux diamètres apparents sur la figure.
(c) Exprimer G en fonction des distances focales des deux lentilles puis le calculer.
(d) En déduire un moyen d'augmenter le grossissement d'une lunette astronomique.

Exercice 2 : Téléobjectif

Deux lentilles minces L_1 et L_2 séparées par une distance e constituent un téléobjectif. La lentille L_1 est convergente, sa distance focale image vaut 10 cm; L_2 est divergente et sa distance focale image vaut -4 cm. Lorsque le téléobjectif est mis au point sur un objet éloigné, son encombrement, soit la distance entre L_1 et la plaque photo, est D = 19 cm.

1) Déterminer la distance $e = O_1O_2$ entre les centres optiques des 2 lentilles.

2) La vergence d'une association de lentilles de vergences respectives V_1 et V_2 , est donnée par la formule de Gullstrand $V = V_1+ V_2 - eV_1V_2$. Déterminer la nature de l'association. Quelle serait la distance focale d'un objectif lentille mince ayant la même vergence ? En déduire l'avantage du téléobjectif par rapport à cet objectif.

3) Déterminer les positions des foyers objet F et image F' du téléobjectif.

4) Construire à l'échelle 1 l'image d'une tour très éloignée de dimension angulaire apparente α. Comparer la position du foyer image F' avec la valeur numérique trouvée précédemment. Préciser la nature des objets et images rencontrés.

5) Pour une tour de 30 m située à 1 km, calculer α puis la taille de l'image.

Exercice 3 : Lunette de Galilée

Une lunette de Galilée est formée de deux lentilles minces de même axe. L'objectif L_1 (f_1' = 12,5 cm) et l'oculaire L_2 (f_2' = -5 cm) sont séparés d'une distance e =O_1O_2 = 7,5 cm. L'axe de la lunette est dirigé vers le pied d'une tour de 100 m de hauteur située à 2 km de distance. Construire l'image de la tour donnée par la lunette. Sous quel angle apparent est vu la tour à l'œil nu ? Calculer le grossissement de la lunette.