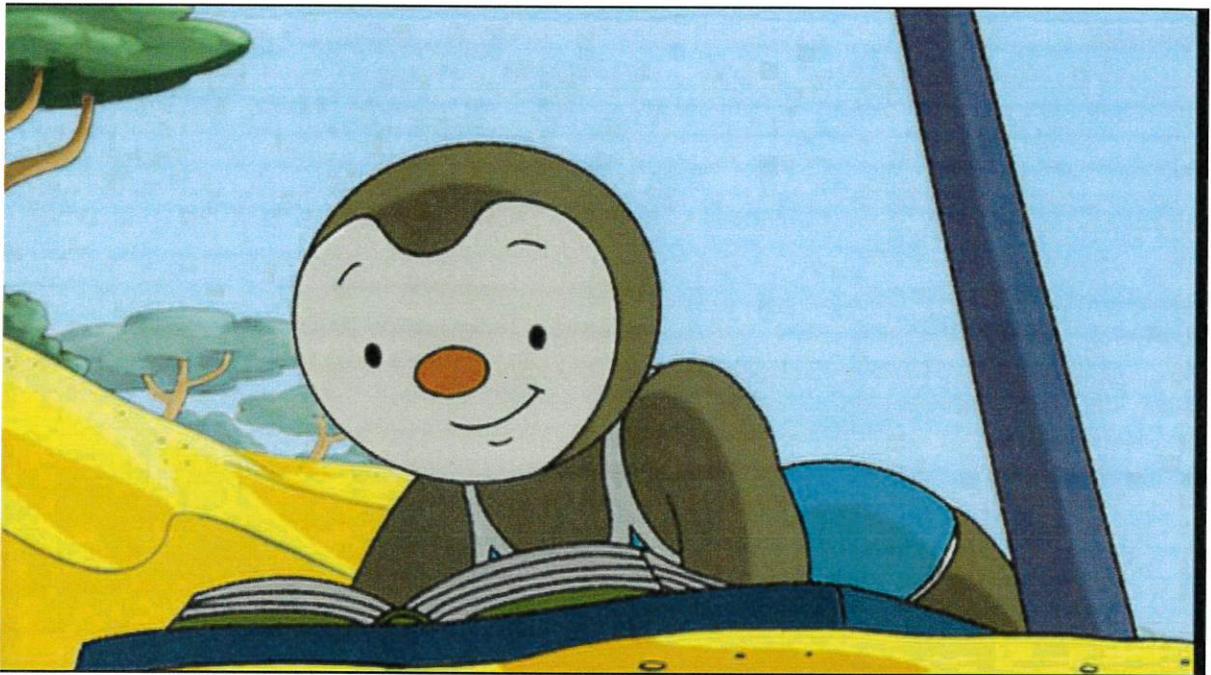


Tchoupi revise l'optique



Pendant les vacances !!!

Propagation de la lumière

Exercice n°1 :

Calculer la célérité v de la lumière dans le diamant sachant que l'indice du diamant est $n = 2,42$.

Exercice n°2 :

Une source ponctuelle est située à $d = 3$ cm d'un écran percé d'un diaphragme circulaire de diamètre $\phi = 2$ cm, et sur l'axe de ce diaphragme.

Quelle est la forme de la tache lumineuse sur un 2^{ème} écran, parallèle au 1^{er}, situé à $D = 7$ cm du 1^{er} écran ?

Calculer sa dimension Φ .

Exercice n°3 :

On vise un arbre situé à $D = 100$ m avec un crayon de longueur $h = 10$ cm. Pour que la hauteur de l'arbre H corresponde à celle du crayon, il faut tenir celui-ci à $d = 50$ cm de soi.

Quelle est la hauteur de l'arbre ?

Exercice n°4 :

Un observateur est situé à $D = 2$ km d'un immeuble. L'immeuble est vu sous un angle apparent $\alpha = 1^\circ$.

Quelle est sa hauteur H ?

Exercice n°5 :

Un faisceau lumineux a la forme d'un cône circulaire de sommet S , dont l'angle β vaut 30° .

Calculer le rayon R de la tache lumineuse sur un écran situé à 5 m de S et perpendiculaire à l'axe du cône.

Exercice n°6 :

Une source ponctuelle se trouve sur l'axe d'un disque opaque de rayon $r = 5$ cm et à une distance $d = 1$ m de ce disque.

1. À quelle distance D du disque doit-on placer un écran parallèle au plan du disque pour que l'ombre portée ait un rayon R quatre fois plus grand que celui du disque ?
2. Même question, mais pour que l'ombre portée ait une surface S quatre fois plus grande que celle du disque.

Propagation de la lumière

Exercice n°7 :

Un écran est placé à $D = 2$ m d'une source ponctuelle. On dispose, à $d = 1,50$ m de l'écran et parallèlement à celui-ci, un autre écran percé d'une fenêtre carrée de côté $a = 5$ cm.

1. Comment est le faisceau de lumière ?
2. Quelle est la forme de la tache lumineuse sur le 1^{er} écran ?
3. Calculer sa dimension A .

Exercice n°8 :

On photographie un arbre de hauteur $H = 6$ m avec une chambre noire de profondeur $d = 25$ cm, située à $D = 300$ m de l'arbre.

1. Faire un schéma.
2. Quelle est la hauteur h de l'image ?

Réflexion - Réfraction

Exercice n°1 :

Un cube de verre d'indice $n_v = 1,52$ est plongé dans de l'eau d'indice $n_e = 1,33$. Un rayon lumineux se propageant dans l'eau arrive sur le verre sous une incidence $i = 65^\circ$.

Calculer l'angle de réfraction i' dans le verre.

Exercice n°2 :

Un pinceau lumineux arrive sur une surface plane séparant l'air d'un autre milieu transparent sous une incidence $i = 60^\circ$.

Quelle doit être la valeur de l'indice de réfraction n de ce milieu pour que la déviation du pinceau soit de $D = 19,7^\circ$?

Exercice n°3 :

Un bloc de verre d'indice $n = 1,62$ a la forme d'une moitié de cylindre. Un rayon se propageant dans l'air arrive au centre O de la surface plane du demi cylindre sous une incidence $i = 45^\circ$.

1. Quelle déviation D_1 subit-il au passage air-verre ? Et lors du passage verre-air (déviation D_2) ?
2. En déduire la déviation totale D subie au passage à travers le bloc de verre.

Exercice n°4 :

Tour de magie : Mettre une pièce d'argent au fond d'une tasse opaque et reculer jusqu'au point où la pièce n'est plus visible. Verser alors doucement, sans changer de place, de l'eau dans la tasse, jusqu'à ce qu'elle soit presque remplie : la pièce réapparaît !

Expliquer ce « tour de magie » au moyen d'un dessin.

Exercice n°5 :

Pour quelle raison admettez-vous que, si vous voyez une autre personne dans un miroir, celle-ci peut vous voir également ?

Exercice n°6 :

Un projecteur est placé dans le fond d'une cuve remplie d'alcool d'indice $n = 1,36$. Il envoie vers la surface de l'alcool un faisceau de lumière parallèle.

En considérant successivement des angles d'incidence i dans l'alcool égaux à 30° , 47° et 65° , expliquer ce que devient la lumière et calculer, suivant les cas, les angles de réflexion r et de réfraction i' .

Réflexion - Réfraction

Exercice n°7 :

Un pinceau lumineux est envoyé sur la surface de l'eau contenue dans une cuve, sous une incidence $i = 40^\circ$.

1. Calculer l'angle de réfraction i' dans l'eau d'indice $n = 1,33$ et l'angle de réflexion r dans l'air.
2. Un miroir horizontal dont la face réfléchissante est orientée vers le haut est placé dans le fond de la cuve de manière à ce que le pinceau vienne s'y réfléchir. Calculer les angles d'incidence et de réflexion sur le miroir, ainsi que les angles d'incidence et de réfraction lorsque la lumière passe de l'eau dans l'air. Quel principe général d'optique vérifie-t-on ainsi ?

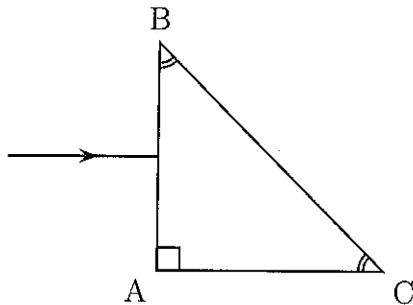
Exercice n°8 :

Un faisceau lumineux se propageant dans une substance arrive sur une surface plane sous une incidence $i = 40^\circ$. Cette surface est au contact de l'air.

En considérant successivement comme substance l'eau ($n_e = 1,33$), le verre ($n_v = 1,52$) et le diamant ($n_d = 2,42$), calculer l'angle de réfraction i' et tracer sur un schéma les rayons incidents, réfléchis et réfractés.

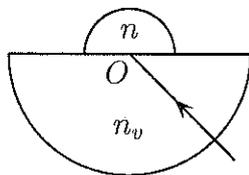
Exercice n°9 :

Tracer la marche d'un rayon lumineux se propageant dans l'air et arrivant sur un prisme à réflexion totale en verre d'indice $n = 1,5$ comme l'indique la figure suivante :



Exercice n°10 :

Pour mesurer l'indice de réfraction d'un liquide, on dépose une goutte de ce liquide sur la surface plane d'un demi-cylindre de verre d'indice $n_v = 1,52$ (voir figure). On envoie un faisceau parallèle sur la surface demi-cylindrique de façon à ce que ce faisceau passe par son centre O . On observe que le plus petit angle d'incidence qui provoque la réflexion totale est $i_m = 63,5^\circ$. Calculer l'indice n du liquide.

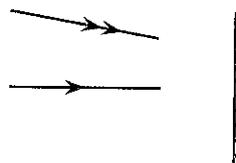
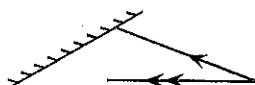
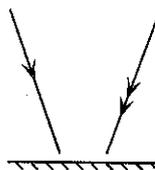


Miroirs plans

Exercice n°1

Compléter la marche des rayons réels des figures suivantes. Tracer les rayons virtuels correspondants.

Pour chacune des figures, préciser si les points objet et image sont réels ou virtuels.



Exercice n°2

1. Dans un hall d'immeuble les 2 murs se faisant face sont parallèles et garnis de miroirs plans. Que peut-on observer ?
2. Les miroirs sont distants de 3 m et un point objet lumineux se trouve à 1 m du miroir de droite. Déterminer les positions successives des 3 premières images obtenues :
 - (a) quand la lumière issue de A se dirige d'abord vers la droite,
 - (b) quand la lumière issue de A se dirige d'abord vers la gauche.

Exercice n°3

Une glace de poche circulaire de 4 cm de diamètre est posée sur une table horizontale. À 20 cm au-dessus et sur son axe se trouve un point lumineux S . Calculer le diamètre de la tache lumineuse observée sur le plafond situé à 2,40 m au-dessus de la table.

Exercice n°4

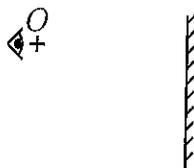
Un bâton AB , long de 3 cm, est placé devant un miroir plan. Construire son image :

1. quand le bâton est parallèle au plan du miroir,
2. quand le bâton est perpendiculaire au plan du miroir
3. quand le bâton est incliné à 45° par rapport au plan du miroir

Miroirs plans

Exercice n°5

Représenter sur la figure suivante le champ du miroir, vu par l'œil O de l'observateur.



Exercice n°6

Un miroir plan est suspendu verticalement à 50 cm au-dessus du sol.

À quelle hauteur doit être placé l'œil d'une personne pour qu'elle puisse voir ses pieds dans le miroir ?

Exercice n°7

Un rayon lumineux se réfléchit successivement sur 2 miroirs plans qui font entre eux un angle de 60° . Déterminer l'angle que fait le 2^{ème} rayon réfléchi avec le rayon incident.

Exercice n°8

L'œil d'un observateur est placé devant un miroir circulaire de 6 cm de rayon, sur la normale au miroir qui passe par son centre, et à 20 cm de ce centre. Quelle portion verra-t-il, par réflexion, d'un mur placé derrière lui, parallèlement au miroir, à 1,80 m de ce miroir ?

Exercice n°9

Soit un quadrilatère $ABCD$. Comment doit-on disposer 2 miroirs plans en B et C pour qu'un œil placé en A puisse voir le point D en regardant dans la direction AB ?

Exercice n°10

Un petit miroir plan, mobile autour d'un axe vertical, réfléchit un pinceau de rayons parallèles, perpendiculairement à une règle translucide horizontale placée à 2 m du miroir. Une rotation du miroir amène un déplacement de la raie lumineuse qui se peint sur la règle de 20 mm.

Calculer l'angle de rotation du miroir, en radians, puis en minutes ($'$) et secondes ($''$) d'angle.

rappel : $1^\circ = 60'$ et $1' = 60''$

Dioptre plan

Lame à faces parallèles

Exercice n°1

Une tige AB est immergée dans de l'eau d'indice 1,33.

1. Déterminer, dans les conditions de Gauss, son image lorsque la tige est parallèle à la surface de l'eau, à 20 cm de profondeur.
2. La tige est inclinée dans l'eau, A et B étant respectivement à 20 cm et à 5 cm de profondeur. Déterminer la position de l'image de la tige.

Exercice n°2

Un faisceau lumineux parallèle arrive sur l'une des faces d'une lame de verre à faces parallèles sous une incidence de 30° (indice $n = 1,5$, épaisseur $e = 1,5$ cm).

1. En négligeant la réflexion, tracer la marche d'un rayon lumineux à travers la lame et calculer l'angle de réfraction dans la lame de verre et les angles d'incidence et de réfraction sur la face de sortie.
2. Calculer le déplacement d subi par le rayon lors de son passage à travers la lame.

Exercice n°3

Un miroir est formé d'une lame de verre d'indice $n = 1,5$ et d'épaisseur $e = 3$ cm, argentée sur sa face arrière. La face avant de ce miroir n'est donc qu'un dioptre et la face arrière est le véritable miroir. Un objet lumineux ponctuel A est placé à 20 cm de la face avant du miroir. Déterminer la position de l'image de A donnée par ce système dans les conditions de Gauss.

Décomposer les différentes images données par chaque système optique de référence (dioptre ou miroir plan), préciser à chaque fois la nature réelle ou virtuelle des images et objets intermédiaires.

Exercice n°4

Calculer la distance objet-image dans le cas de 3 lames à faces parallèles d'indices n_1 , n_2 et n_3 d'épaisseurs e_1 , e_2 et e_3 plongées dans l'air.

Exercice n°5

On considère 2 lames de verre d'indice $n = 1,5$ séparées d'une distance $d = 5,6$ cm d'air. La 1^{ère} lame a une épaisseur $e_1 = 2,4$ cm et la 2^{ème} une épaisseur $e_2 = 1,8$ cm. On considère un objet virtuel A situé 3 cm derrière la 1^{ère} lame.

1. Déterminer la position de l'image A'' donnée par l'ensemble des 2 lames.
2. L'image A'' est-elle réelle ou virtuelle ?
3. Faire un schéma à l'échelle 1 sur papier millimétré.
4. Compléter le schéma en traçant un rayon issu d'un point O situé à 4 cm avant la 1^{ère} lame et à 2 cm de l'axe perpendiculaire aux lames et passant par A . Faire apparaître les rayons virtuels.

Prisme

Exercice n°1

On considère un prisme d'angle $A = 40^\circ$ et d'indice $n = 1,52$.

Calculer la déviation D subie par un rayon lumineux dont l'angle d'incidence sur la face d'entrée vaut $i = 30^\circ$.

Exercice n°2

On considère un prisme d'angle $A = 20^\circ$ et d'indice $n = 1,52$.

Calculer l'angle i_0 minimum pour qu'il y ait un rayon émergent de la face de sortie du prisme.

Exercice n°3

On considère un prisme d'angle A et d'indice $n = 1,52$.

Déterminer l'angle A sachant que l'angle d'incidence minimum $i_0 = 15^\circ$ pour qu'il y ait émergence.

Exercice n°4

On considère un prisme d'angle $A = 51^\circ$ et d'indice $n = 1,52$.

Déterminer l'angle d'émergence i' si le rayon lumineux incident se fait à incidence rasante.

Exercice n°5

On considère un prisme d'angle $A = 40^\circ$ et d'indice n . L'angle de déviation minimum vaut $D_m = 22,6^\circ$.

1. Que peut-on dire des angles i et i' (justifier) ? En déduire l'expression de i en fonction de A et D_m .
2. Que peut-on dire des angles r et r' ? En déduire l'expression de r en fonction de A .
3. Rappeler la relation entre i et r puis en déduire l'expression de n en fonction de A et D_m .
4. Calculer n .

Exercice n°6

On considère un prisme d'angle $A = 50,9^\circ$ et d'indice n . L'indice n varie avec la longueur d'onde dans le vide λ de la lumière incidente suivant la relation :

$$n = n_0 + \frac{a}{\lambda^2} \quad \text{avec } n_0 = 1,520 \text{ et } a = 2,50 \cdot 10^{-16} \text{ m}^2$$

On envoie sur le prisme avec un angle d'incidence $i = 15,0^\circ$ un faisceau de lumière magenta, mélange d'une radiation bleue et d'une radiation rouge. On place un écran après la face de sortie du prisme et après la base du prisme.

1. Vérifier que l'indice maximum n_m pour qu'il y ait émergence pour $i = 15,0^\circ$ vaut $n_m = 1,521$.
2. En déduire la longueur d'onde minimum λ_m correspondante.
3. Indiquer la couleur du spot lumineux reçu sur chaque écran.

Miroirs sphériques

Ex n°1 : Relation de conjugaison miroir concave

On considère un miroir sphérique concave de rayon de courbure 0,8 m. Un point objet A est situé sur l'axe optique du miroir. Déterminer la position de l'image A' dans différents cas :

1. $\overline{SA} = -1,5$ m
2. $\overline{SA} = -0,4$ m
3. $\overline{SA} = -0,2$ m
4. $\overline{SA} = 1,5$ m

Ex n°2 : Relation de conjugaison miroir convexe

On considère un miroir sphérique convexe de rayon de courbure 1 m. On donne la position de l'image A' d'un point objet A situé sur l'axe optique du miroir. Déterminer la position de l'objet dans différents cas :

1. $\overline{SA'} = -1,5$ m
2. $\overline{SA'} = 0,5$ m
3. $\overline{SA'} = 1,5$ m

Ex n°3 : Tracé d'image miroir concave

Un objet lumineux AB de 5 cm est situé dans un plan de front à 2 m en avant d'un miroir concave de rayon de courbure 50 cm.

1. Faire un schéma (échelle 1/20 horizontalement et échelle 1 verticalement) et tracer l'image A'B' de l'objet.
2. Déterminer par le calcul la position de l'image. Comparer à la méthode graphique.

Ex n°4 : Tracé d'image miroir convexe

Un objet lumineux AB de 5 cm est situé dans un plan de front à 2 m en avant d'un miroir convexe de rayon de courbure 50 cm.

1. Faire un schéma (échelle 1/20 horizontalement et échelle 1 verticalement) et tracer l'image A'B' de l'objet.
2. Déterminer par le calcul la position de l'image. Comparer à la méthode graphique.

Miroirs sphériques

Ex n°5 : Formule de Newton

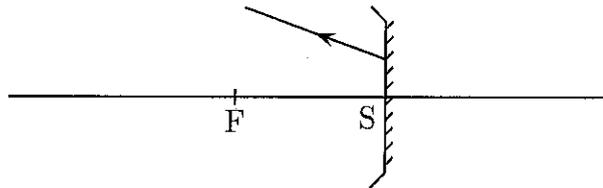
1. Rappeler la formule de Newton relative aux miroirs sphériques.
2. Indiquer quelles sont les affirmations exactes et fausses parmi les suivantes en justifiant.
 - (a) Si le point objet est situé avant le foyer alors le point image est situé après le foyer.
 - (b) Si le point A est au foyer alors A' est à l'infini.
 - (c) \overline{FA} et $\overline{FA'}$ sont toujours de même signe.
 - (d) A et A' ne peuvent pas être confondus.

Ex n°6 : Grandissement

1. Calculer le grandissement d'un objet virtuel AB de 2 cm situé à 1,5 m d'un miroir convexe de rayon de courbure 2 m.
2. Faire un schéma (échelle 1/20 horizontalement et échelle 1 verticalement) et tracer l'image A'B' de l'objet. Vérifier graphiquement la valeur du grandissement calculé.

Ex n°7 : Prolongement de rayon

1. Chercher une méthode pour trouver le rayon incident correspondant à un rayon réfléchi donné.
2. Appliquer cette méthode au cas suivant :



Dioptries sphériques

Ex n°1 : Relation de conjugaison

1. En appliquant les relations de conjugaison, compléter les colonnes [2], [5] et [6] du tableau suivant.
2. Rappeler les définitions des distances focales objet et image, et de la vergence puis compléter la fin du tableau.

\overline{SC} (cm)	concave / convexe	n	n'	\overline{SA} (cm)	$\overline{SA'}$ (cm)	f (cm)	f' (cm)	V (δ)	convergent / divergent
50		1	1,5	-300					
50		1,2	1		250				
-50		1	1,5		-250				
-50		1,2	1	300					

Ex n°2 : Tracés de rayons

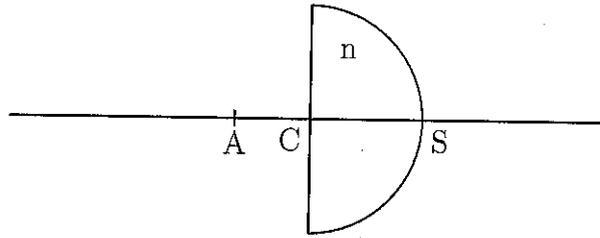
1. Tracer les schémas (objet, image, rayons particuliers) correspondant aux 4 situations de l'exercice n°1. (*Attention* : pour les cas 2 et 3, il faut trouver graphiquement la position de l'objet à partir de celle de l'image).
 → Echelle 1 pour l'axe vertical, et échelle 1 cm pour 0,5 m horizontalement.
 Choisir un objet $AB=2$ cm pour les cas 1 et 4, et une image $A'B'=2$ cm pour les cas 2 et 3.
2. Compléter le tableau suivant en mesurant toutes les distances nécessaires sur les schémas.

\overline{SA} (cm)	$\overline{SA'}$ (cm)	\overline{FA} (cm)	$\overline{F'A'}$ (cm)	$\overline{FA} \cdot \overline{F'A'}$ (m ²)	$f \times f'$ (m ²)	$-\frac{f}{\overline{FA}}$	$-\frac{\overline{F'A'}}{f'}$	$\frac{n \overline{SA'}}{n' \overline{SA}}$	$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$
-300									
	250								
	-250								
300									

Dioptrés sphériques

Ex n°3 : Lentille hémisphérique

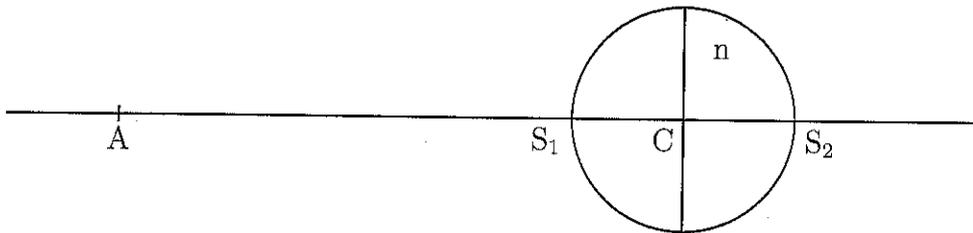
Une lentille hémisphérique de verre ($n=1,5$) a un rayon de 7,5 cm.



1. Un point lumineux A est placé sur l'axe à 5 cm du point C. Déterminer la position de l'image A' de A donnée par la lentille.
2. Le point A est remplacé par un objet lumineux AB de 2 cm de hauteur et perpendiculaire à l'axe du système. Quelle est la dimension de l'image A'B' ?

Ex n°4 : Distance frontale d'une lentille boule

Une lentille boule est une boule de verre ($n=1,5$) de rayon de 1 cm. On pourra considérer que la boule est l'association de 2 dioptrés sphériques et on travaillera dans le cadre de l'approximation de Gauss.

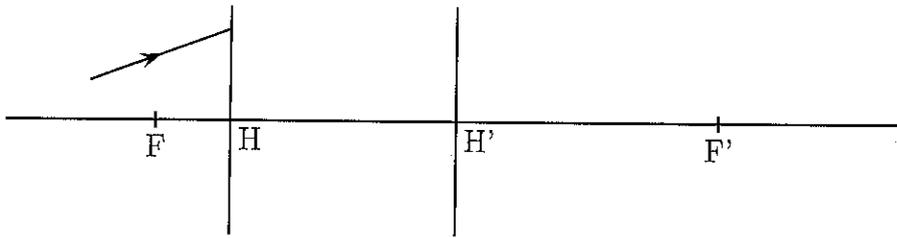


1. Un point lumineux A est placé sur l'axe à 5 cm de S₁. Déterminer la position de l'image A' de A donnée par la lentille.
2. Le point A est remplacé par un objet lumineux AB de 6 cm de hauteur et perpendiculaire à l'axe du système. Quelle est la dimension de l'image A'B' ?
3. La distance frontale d'une telle lentille est la distance séparant la face de sortie de la lentille à l'image d'un point infini. Déterminer la valeur de la distance frontale de la lentille boule.

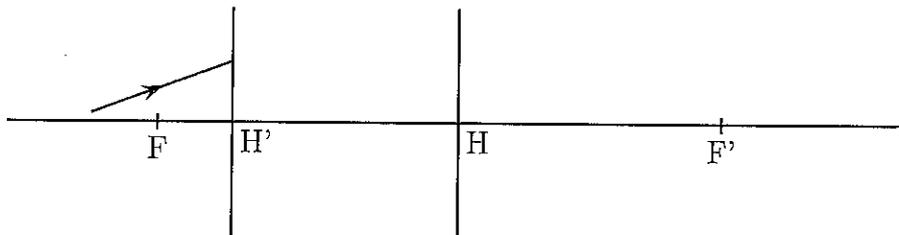
Systemes centrés

Ex n°1 : Prolongement de rayon

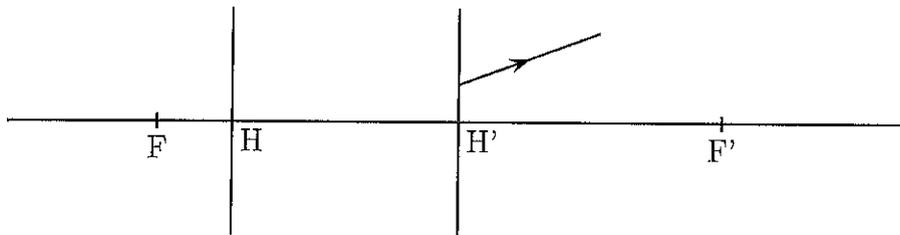
1. Prolonger le rayon incident en utilisant les propriétés d'un foyer image secondaire.



2. Prolonger le rayon incident en utilisant les propriétés d'un foyer objet secondaire.

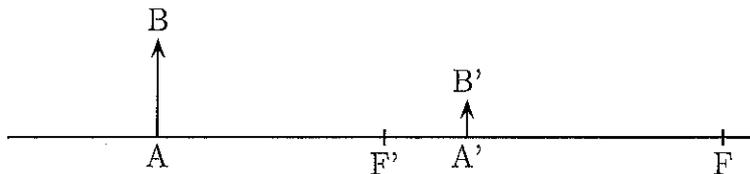


3. Trouver le rayon incident par la méthode de votre choix.



Ex n°2 : Plans principaux

1. Trouver la position des plans principaux connaissant la position des foyers principaux et la position d'un objet AB et son image A'B'.



2. Mesurer les distances focales objet et image f et f' .
3. Déterminer la vergence du système sachant que le milieu d'émergence est du verre $n' = 1,5$.
4. Déterminer l'indice n du milieu d'incidence.

Systemes centrés

Ex n°3 : Tracés d'images

Compléter le tableau puis tracer les images des objets en utilisant les données du tableau suivant : (pour les distances \overline{HA} ou $\overline{H'A'}$ manquantes, il faut les mesurer graphiquement après chaque tracé).

n	n'	f (m)	f' (m)	V	\overline{HA} (m)	$\overline{H'A'}$ (m)	$\overline{HH'}$ (m)
1			2	0,8	-3		2
1,2	1,5			0,9	-6		-1,5
	1,8	-2	3,6			2,3	1
1	1,8	0,9				-2,7	-1
		2,6	-3,2	-0,5	-4,5		1,5

Ex n°4 : Formule de conjugaison de Descartes

1. Déterminer par le calcul la position des images ou des objets de chacun des cas de l'exercice n°3.
2. Vérifier les valeurs calculées avec les mesures sur les schémas.

Ex n°5 : Éléments cardinaux d'un système centré

On considère un milieu d'indice $n_0 = 1,5$ qui sépare deux milieux d'indice $n = 1$ à gauche et $n' = 1,3$ à droite. Les dioptries de séparations sont sphériques avec comme caractéristiques :

Pour le dioptré 1 : $\overline{S_1C_1} = 2 \text{ cm} : n = 1 \longrightarrow n_0 = 1,5$

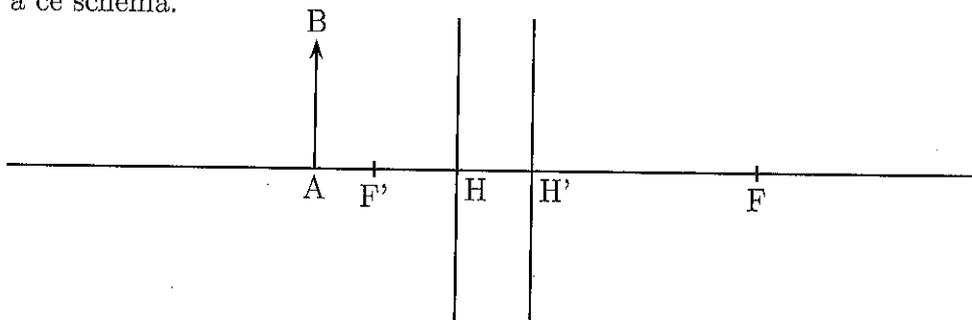
Pour le dioptré 2 : $\overline{S_2C_2} = -1 \text{ cm} : n_0 = 1,5 \longrightarrow n' = 1,3$

La distance positive $\overline{S_1S_2}$ est 5 cm.

1. Déterminer graphiquement la position des plans principaux et des foyers principaux.
2. En déduire les distances focales par mesure.

Ex n°6 : Tracé d'image

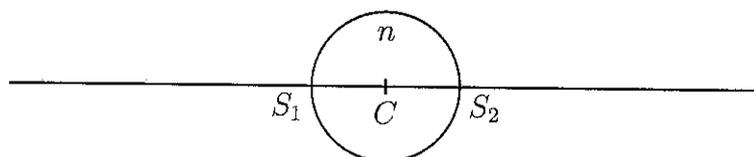
1. Déterminer graphiquement les positions des points nodaux et antinodaux du système suivant. Réaliser le travail sur papier millimétré à l'échelle 2 par rapport à ce schéma.



2. Tracer l'image de l'objet AB en utilisant les points nodaux et antinodaux (à faire sur la feuille annexe).

Ex n°7 : Éléments cardinaux d'une lentille boule

Une lentille boule est une boule de verre ($n=1,5$) de rayon de 1 cm. Cette lentille est plongée dans l'air.



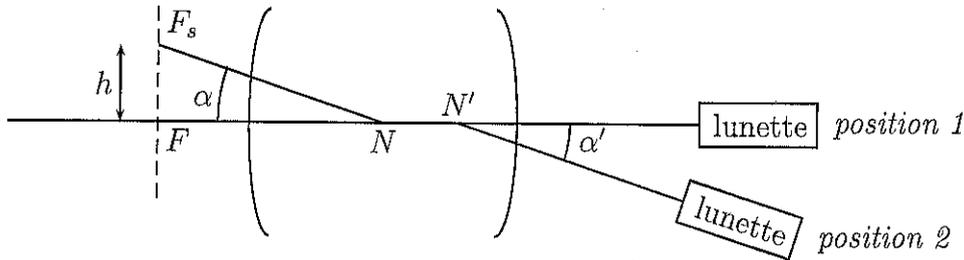
1. Quelle est la marche d'un rayon incident passant par le centre de la lentille ? En déduire la position des points nodaux.
2. Où sont situés les plans principaux ?
3. Écrire les relations de conjugaison des 2 dioptries et en déduire la distance focale de l'ensemble de la lentille. En déduire la positions des foyers principaux.
4. En déduire les positions des points antiprincipaux et des points antinodaux.

Ex n°8 : Focométrie 1 : Méthode de Davanne et Martin

1. Quelle est la relation entre \overline{HA} et $\overline{H'A'}$ lorsque le grandissement vaut -1 et lorsque le système est plongé dans l'air (utiliser la formule de grandissement avec origine aux points principaux) ?
2. Où sont situés les points A et A' ?
3. Que vaut la distance \overline{HA} et $\overline{H'A'}$?
4. Que vaut la distance $\overline{H'A'}$ lorsqu'un objet est à l'infini ?
5. La méthode de *Davanne et Martin* pour déterminer la distance focale d'un système centré consiste à obtenir l'image réelle d'un objet de dimension connue situé à l'infini (loin par rapport à la distance focale objet) puis de rapprocher cet objet tout en déplaçant l'écran jusqu'à obtenir une image de grandissement -1 . Indiquer alors de quelle distance l'écran s'est déplacé.

Ex n°9 : Focométrie 2 : Méthode de $h/\tan \alpha$

La méthode ($h/\tan \alpha$) consiste à placer une petite règle graduée dans le plan focal objet du système à étudier et à disposer l'ensemble sur le plateau d'un goniomètre. Avec la lunette du goniomètre on vise les graduations de la règle correspondant au foyer principal objet F et à un foyer objet secondaire F_s , et on mesure l'angle α' entre ces deux positions de la lunette.



1. Quelle est la particularité des points nodaux et principaux lorsque les milieux extrêmes sont identiques ?
2. Que vaut la distance \overline{FN} ?
3. Comment émerge un rayon issu d'un foyer objet secondaire passant par N ?
4. Quelle est la relation entre α et α' ?
5. Donner la relation entre la distance focale, h et α .
6. Expliquer l'intérêt d'utiliser une règle comme objet.

Complément :

Comment doit être réglée la lunette pour observer nettement les graduations de la règle ?

Comment procède-t-on pour faire ce réglage (voir technique autocollimation TP prisme goniomètre) ?

Ex n°10 : Focométrie 3 : Méthode de Cornu

La méthode de Cornu consiste à repérer les positions des foyers F et F' puis à déterminer la position d'un couple de points conjugués A et A' . Connaissant ainsi \overline{FA} et $\overline{F'A'}$, la formule de conjugaison de Newton $\overline{FA} \times \overline{F'A'} = -f'^2$ (dans l'air !) donne accès à la distance focale f' . La méthode de Cornu est plus précise lorsque les longueurs FA et $F'A'$ sont voisines.

1. En considérant un système dont les milieux extrêmes sont identiques, quels sont les deux couples de points conjugués A et A' particuliers du système qui permettent d'avoir exactement $FA = F'A'$ (en valeur absolue) ?
2. Pour un système assez mince les plans principaux sont voisins des faces d'entrée et de sortie du système, et on utilise donc ces faces comme objet A . Justifier l'intérêt de procéder ainsi.
3. Pour un système plus épais les plans principaux peuvent être « loin » des faces d'entrée et de sortie du système. On cherche alors comme couple de points les points H_a et H'_a . Expliquer comment on peut repérer expérimentalement les points H_a et H'_a .

Lentilles minces

Ex n°1 : Lentille convergente – Conjugaison

Une lentille convergente de 10 cm de distance focale est placée à 15 cm d'un objet réel perpendiculaire à l'axe optique.

Déterminer la nature, la position, et la taille de l'image si l'objet a une grandeur de 1 cm. La construire.

Ex n°2 : Loupe

Une loupe dont la vergence $V = 10 \delta$ est placée à 7 cm d'un bougie dont la flamme à 2 cm de haut.

1. Déterminer la nature, la position, et la taille de l'image.
2. Quel est l'intérêt d'une loupe ?

Ex n°3 : Projecteur de diapositives

L'objectif d'un appareil de projection pour diapositives peut être assimilé à une lentille mince convergente de 10 cm de distance focale. L'écran est placé à 3 m de la lentille. La diapositive a pour dimensions 24 mm × 36 mm.

1. Comment placer la lentille pour avoir une image nette sur l'écran ?
2. Quelles sont les dimensions de l'image sur l'écran ?

Ex n°4 : Image d'un objet étendu à l'infini

Rappel : Le diamètre apparent d'un objet étendu, observé depuis un point O, est l'angle α sous lequel est vu l'objet depuis O.

Déterminer la position, la nature, le sens et la grandeur de l'image du Soleil, donnée par une lentille mince convergente de distance focale 60 cm. Le diamètre apparent du Soleil est de $1/100^{\text{ème}}$ de radians.

Ex n°5 : Système afocal

On place sur le même axe une lentille convergente L_1 de distance focale 30 cm et une lentille divergente L_2 de distance focale 10 cm. Les deux lentilles sont distantes de 20 cm.

1. Construire, à travers le système ainsi formé, la marche d'un faisceau de lumière cylindrique parallèle à l'axe optique et tombant sur L_1 .
2. Caractériser le faisceau émergent par rapport au faisceau incident (dimension par rapport au faisceau incident).

Ex n°6 : Lentilles accolées

On accole une lentille convergente de 15 cm de distance focale et une lentille divergente de distance focale de 50 cm.

Calculer la vergence de la lentille équivalente et sa distance focale.

Ex n°7 : Méthode de Bessel

1. Un objet et un écran sont situés à 2,50 m l'un de l'autre. En déplaçant entre eux une lentille convergente, on trouve deux positions de cette lentille pour lesquelles l'image est nette sur l'écran. Ces deux positions sont distantes de 60 cm. En déduire la distance focale.
2. Calculer le grandissement dans les 2 cas.

Ex n°8 : Méthode de Silbermann

Un objet lumineux AB de 1 cm est placé à 1,50 m d'une lentille convergente ayant un diamètre d'ouverture de 3 cm. Une image réelle se forme à 1,50 m de la lentille.

1. Quelle est la distance focale de la lentille ?
2. Que vaut la distance objet-lentille et objet-écran en fonction de la distance focale ?
3. Quelle est la grandeur de l'image ?
4. Tracer la marche d'un faisceau lumineux issu de B et recouvrant toute la lentille.

Ex n°9 : Méthode de l'association

Une lentille de vergence inconnue et une lentille de vergence $8,3 \delta$ sont accolées. L'ensemble donne d'un objet réel une image réelle de même dimension que lui et située à 80 cm de cet objet.

1. Que vaut le grandissement de l'association ?
2. Quelle méthode de focométrie est mise en œuvre ici ? En déduire la vergence de l'association.
3. En déduire la vergence et la distance focale de la lentille inconnue.
4. Pourquoi a-t-on utilisé une lentille annexe pour déterminer la vergence de la lentille inconnue ?

Ex n°10 : Méthode d'autocollimation

Dans le plan focal d'une lentille de 20 cm de distance focale, on place un objet AB de 1 cm de hauteur. De l'autre côté, on place un miroir plan perpendiculaire à l'axe optique de la lentille.

Trouver graphiquement les caractéristiques de l'image formée par ce système.

Ex n°1 : Éléments cardinaux : dioptre + lentille

On considère le système centré constitué par un dioptre sphérique S de rayon $\overline{SC} = 8,0$ mm et par une lentille mince L de vergence $V_L = 21,8 \delta$ placée à $e = 6,1$ mm de S . L baigne dans un liquide d'indice $n = 1,336$ séparé de l'air ($n_0 = 1$) par le dioptre S .

1. Calculer les distances focales objet et image du dioptre et de la lentille, puis l'interstice et l'intervalle optique.
2. En déduire la position des foyers et les distances focales du système complet.
3. Calculer la vergence du dioptre et de la lentille puis en déduire celle du système.
4. En déduire à nouveau ses distances focales et les positions des points principaux.

Ex n°2 : Éléments cardinaux : lentille épaisse

Une lentille a les caractéristiques suivantes :

$$\overline{S_1C_1} = 5 \text{ cm} \quad \overline{S_2C_2} = 2 \text{ cm} \quad \overline{S_1S_2} = 5 \text{ mm} \quad n = 1,5$$

1. Déterminer les positions des foyers (F_1, F'_1, F_2, F'_2) des deux dioptres DS_1 et DS_2 par le calcul.
2. En déduire les positions des foyers de la lentille F et F' .
3. Déterminer la position du centre optique O de la lentille.
4. En déduire les positions des points nodaux N et N' , puis des points principaux H et H' .
5. Déduire des questions 2 et 4 les distances focales de la lentille.
6. Vérifier les résultats obtenus (positions de H et H' et distances focales) en appliquant les formules de Gullstrand.

Ex n°3 : Centre optique

Construire le centre optique pour les lentilles suivantes, puis vérifier les positions obtenues par le calcul :

Lentille	Épaisseur	R_1	R_2
L_1	2 cm	5 cm	2 cm
L_2	2 cm	∞	4 cm
L_3	2 cm	4 cm	- 4 cm

Ex n°4 : Agrandisseur de faisceau

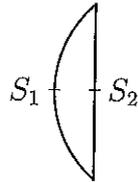
Un système centré constitué de deux lentilles minces L_1 et L_2 sert à augmenter le diamètre d'un faisceau lumineux incident parallèle à l'axe principal. Le faisceau émergent du système est parallèle à l'axe.

Association de systèmes centrés

1. Les deux lentilles L_1 et L_2 sont des lentilles convergentes. La lentille L_1 a une distance focale de $f'_1 = 10$ mm. Schématiser le dispositif puis calculer la distance focale f'_2 de L_2 pour que le rayon du faisceau émergent soit 20 fois plus grand que celui du faisceau incident.
2. Dans un 2^{ème} dispositif la lentille L_1 est une lentille divergente de distance focale de $f'_1 = -7$ mm. Schématiser le dispositif puis calculer la distance focale f'_2 de L_2 pour que le rayon du faisceau émergent soit 20 fois plus grand que celui du faisceau incident. Quel est l'intérêt de ce dispositif par rapport au 1^{er} ?

Ex n°5 : Lentille plan convexe

Une lentille de verre d'indice $n = 1,6$ est plan convexe. La face convexe a un rayon de courbure $\overline{S_1C} = R = 30$ cm. L'épaisseur de la lentille est $\overline{S_1S_2} = e = 24$ mm.



1. Déterminer les positions des foyers F_1 et F'_1 du dioptre sphérique de sommet S_1 .
2. Déterminer les positions des foyers F et F' de la lentille ($\overline{S_1F}$ et $\overline{S_2F'}$).
3. Déterminer les positions des plans principaux ($\overline{S_2H'}$ et $\overline{S_1H}$).
4. Déterminer la position du centre optique de cette lentille.
5. Déterminer graphiquement (échelle 1/5^{ème}) les caractéristiques (position et grandeur) de l'image d'un objet réel de 1,5 cm de haut placé à 20 cm de S_1 .

Ex n°6 : Lentille boule

Soit une lentille boule de verre de centre C et de 2 cm de rayon. L'indice du verre est $n = 1,5$. La boule est considérée comme un système centré formé par l'association de deux dioptries sphériques de rayons $\overline{S_1C_1}$ et $\overline{S_2C_2}$ tels que $C_1 = C_2 = C$.

1. Calculer les vergences V_1 et V_2 des dioptries DS_1 et DS_2 . En déduire les distances focales objet et image de DS_1 et DS_2 .
2. Calculer les positions des foyers objet et image de la lentille boule F et F' .
3. Placer sur un schéma à l'échelle 1 les points $S_1, S_2, F_1, F'_1, F_2, F'_2$, puis déterminer graphiquement la position des plans principaux (P) et (P').
4. Calculer la vergence V de la lentille boule.
5. En déduire les distances focales de la lentille.
6. Calculer la position des points principaux. Est-ce en accord avec la méthode graphique ?
7. Donner la position des points nodaux et du centre optique. Justifier.
8. Calculer la grandeur de l'image d'un objet à l'infini, vu sous un angle $\alpha = 0,1$ rad.

Ex n°7 : Calcul d'éléments cardinaux d'un doublet de lentilles

On appelle *doublet de lentilles* un système constitué de deux lentilles minces séparées d'une distance $e = \overline{O_1O_2}$. Les lentilles sont caractérisées par leurs distances focales f'_1 et f'_2 (et leurs foyers F_1, F'_1, F_2, F'_2). Les deux lentilles sont dans l'air.

Partie I : Expressions littérales

Toutes les réponses seront fournies sous forme d'expressions littérales en fonction des distances focales f'_1 et f'_2 des lentilles et/ou de l'intervalle optique Δ et/ou de l'interstice e du doublet.

1. Exprimer l'intervalle optique Δ .
2. Donner la position des foyers F et F' du doublet ($\overline{F_1F}$ et $\overline{F'_2F'}$, puis $\overline{O_1F}$ et $\overline{O_2F'}$).
3. Donner l'expression des distances focales f et f' , et la position des points principaux ($\overline{O_1H}$ et $\overline{O_2H'}$) sans déterminer aucune vergence.
4. Déterminer la vergence du doublet V (en utilisant la formule de Gullstrand relative aux vergences).
5. En déduire à nouveau la position des points principaux ($\overline{O_1H}$ et $\overline{O_2H'}$), puis en déduire la position des foyers ($\overline{O_1F}$ et $\overline{O_2F'}$). Les expressions données feront intervenir la distance focale $f' = \frac{1}{V}$ du doublet.

Partie II : Applications numériques

Appliquer les expressions déterminées dans la partie I aux cas suivants :

1. $f'_1 = 5$ cm et $f'_2 = 3$ cm, $e = 4$ cm : doublet (5,4,3).
2. $f'_1 = f'_2 = 5$ cm, $e = 2$ cm : doublet (5,2,5).
3. $f'_1 = 4$ cm et $f'_2 = -4$ cm, $e = 2$ cm : doublet (4,2,-4).
4. $f'_1 = 1$ cm et $f'_2 = 2$ cm, $e = 4$ cm : doublet (1,4,2).

Partie III : Construction graphique

Pour chacun des cas 1 à 4, placer sur un axe les points $O_1, O_2, F_1, F'_1, F_2, F'_2$, puis retrouver la position des foyers et des points principaux du doublet par construction.

Ex n°8 : Associations de lentilles

On considère un système optique constitué de deux lentilles de distances focales $f'_1 = 60$ cm et $f'_2 = -20$ cm. La distance entre les deux lentilles est $e = 41$ cm.

1. Déterminer les caractéristiques de l'image d'un objet AB situé à 5 km et de 10 m de haut.
2. Déterminer la lentille mince convergente équivalente qui donne le même résultat.

Doublets de lentilles minces

Ex n°1

Soit un doublet de lentilles (1,1,-1) constitué des lentilles L_1 et L_2 . La distance entre les deux lentilles est 2 cm.

1. Déterminer les éléments cardinaux du doublet.
2. On ajoute au doublet une lentille mince convergente L_3 de focale $f'_3 = 2$ cm et placée à 4 cm après L_2 . Déterminer la distance focale du triplet et la position de F'_t et H'_t :
 - (a) par le calcul (association $L_1L_2 + L_3$)
 - (b) graphiquement (échelle 1).
3. Un objet AB de taille 2 mm est placé perpendiculairement à l'axe à 4 cm en avant de L_1 . Déterminer sans calcul la position de l'image donnée par le triplet, puis calculer la taille de l'image.

Ex n°2

Un oculaire est constitué de deux lentilles convergentes identiques L_1 et L_2 de distance focale $f' = 3$ cm et distantes de 2 cm.

1. Déterminer le symbole du doublet (m,n,p) correspondant.
2. Déterminer les éléments cardinaux de l'association.
3. Est-ce un oculaire positif ou négatif ?
4. Pour un objet AB réel, son image par l'oculaire est à 25 cm après L_2 . Déterminer la position de l'objet.

Ex n°3

Un doublet est formé de deux lentilles convergentes L_1 et L_2 de distances focales $f'_1 = 15$ cm et $f'_2 = 10$ cm. Leurs centres optiques sont distants de $e = 5$ cm.

1. Déterminer le symbole du doublet (m,n,p) correspondant.
2. Déterminer les positions des éléments cardinaux de l'association par rapport au point O_1 .
3. On place un objet AB à 20 cm devant la 1^{ère} lentille. Calculer la position de l'image finale, et calculer le grandissement latéral.
4. Retrouver les caractéristiques de l'image par construction (en utilisant les éléments cardinaux du doublet - échelle $\frac{1}{2}$).

Doublets de lentilles minces

Ex n°4

Étude de dioptries

1. Soit un dioptre sphérique convexe air/verre (indice de l'air $n_0 = 1$, indice du verre $n = 1,5$) de rayon de courbure R . Déterminer sa vergence V en fonction des indices et de R .
2. Que vaut la vergence d'un dioptre concave verre/air de rayon de courbure R ?
3. On associe ces deux dioptres pour former une lentille mince L_1 , biconvexe, de distance focale $f'_1 = 10$ cm. À l'aide de la formule de Gullstrand, déterminer R .
4. Que vaut la distance focale f'_2 d'une lentille mince L_2 biconcave construite à partir des même dioptres?

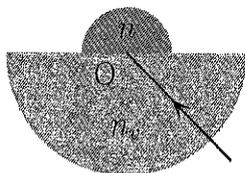
Étude d'un doublet

À l'aide des deux lentilles précédentes on constitue un doublet tel que L_2 soit située 20 cm après L_1 .

1. Déterminer le symbole du doublet (m,n,p) correspondant.
2. Déterminer graphiquement (échelle $\frac{1}{2}$) les positions des foyers objet F et image F' et des points principaux H et H' du doublet de lentilles.
3. Par le calcul, retrouver les positions de H , H' , F et F' .
4. On place devant le doublet un objet AB tel que $\overline{HA} = \frac{R}{2}$. Construire l'image à partir des éléments cardinaux du doublet sur la figure.
5. S'agit-il d'un objet réel ou virtuel? L'image est-elle réelle ou virtuelle?
6. Par le calcul, déterminer la position $\overline{H'A'}$ de l'image $A'B'$ et son grandissement.
7. Refaire une construction de l'image en utilisant les deux lentilles l'une après l'autre.

1 Réfraction

Pour mesurer l'indice de réfraction d'un liquide, on dépose une goutte de ce liquide sur la surface plane d'un demi cylindre de verre d'indice $n_v = 1,52$ (voir figure). On envoie un faisceau parallèle sur la surface demi cylindrique de façon à ce que ce faisceau passe par son centre O. On observe que le plus petit angle d'incidence qui provoque la réflexion totale est $i_m = 63,5^\circ$. Calculer l'indice n du liquide.



2 Prisme

On considère un prisme d'angle $A = 40^\circ$ et d'indice $n = 1,52$. Calculer la déviation D subie par un rayon lumineux dont l'angle d'incidence sur la face d'entrée vaut $i = 30^\circ$.

3 Miroir sphérique

- Calculer le grandissement d'un objet virtuel AB de 2 cm situé à 1,5 m d'un miroir convexe de rayon de courbure 2 m.
- Faire un schéma (échelle 1/20 horizontalement et échelle 1 verticalement) et tracer l'image A'B' de l'objet.

4 Système centré : objet et image

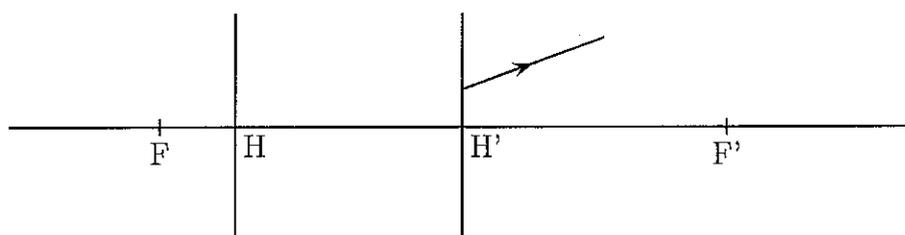
- Compléter le tableau (pour les distances \overline{HA} ou $\overline{H'A'}$, il faut les mesurer graphiquement après chaque tracé).

n	n'	f (m)	f' (m)	V	\overline{HA} (m)	$\overline{H'A'}$ (m)	$\overline{HH'}$ (m)
1			2	0,8	-3		2
1	1,8	0,9				-2,7	-1

- Vérifier par le calcul les distances \overline{HA} et $\overline{H'A'}$.

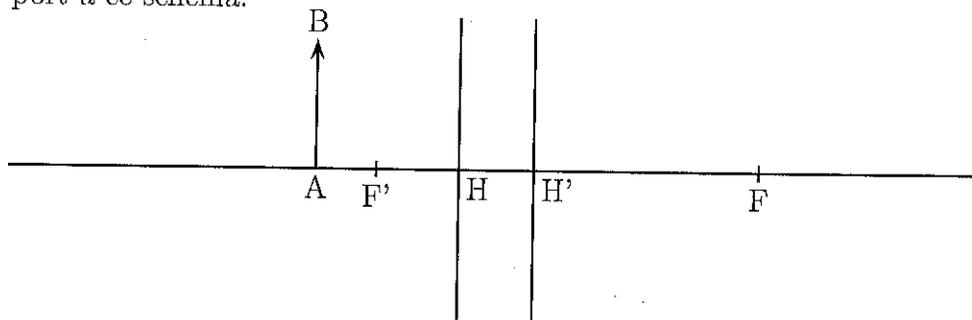
5 Prolongement de rayon

Trouver le rayon incident par la méthode de votre choix.



6 Points nodaux et antinodaux

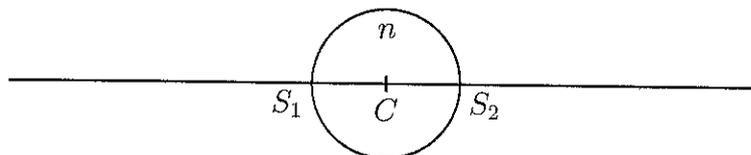
- Déterminer graphiquement les positions des points nodaux et antinodaux du système suivant. Réaliser le travail sur papier millimétré à l'échelle 2 par rapport à ce schéma.



- Tracer l'image de l'objet AB en utilisant les points nodaux et antinodaux (à faire sur la feuille annexe).

7 Lentille boule 1

Une lentille boule est une boule de verre ($n=1,5$) de rayon de 1 cm. Cette lentille est plongée dans l'air.



- Quelle est la marche d'un rayon incident passant par le centre de la lentille ? En déduire la position des points nodaux.
- Où sont situés les plans principaux ?
- Écrire les relations de conjugaison des 2 dioptries et en déduire la distance focale de l'ensemble de la lentille. En déduire la position des foyers principaux.
- En déduire les positions des points antiprincipaux et des points antinodaux.

8 Lentille mince

Une lentille convergente de 10 cm de distance focale est placée à 15 cm d'un objet réel perpendiculaire à l'axe optique.

Déterminer la nature, la position, et la taille de l'image si l'objet a une grandeur de 1 cm. La construire.

9 Focométrie 1

- Un objet et un écran sont situés à 2,50 m l'un de l'autre. En déplaçant entre eux une lentille convergente, on trouve deux positions de cette lentille pour lesquelles l'image est nette sur l'écran. Ces deux positions sont distantes de 60 cm. En déduire la distance focale.
- Calculer le grandissement dans les 2 cas.

10 Focométrie 2

Une lentille de vergence inconnue et une lentille de vergence $8,3 \delta$ sont accolées. L'ensemble donne d'un objet réel une image réelle de même dimension que lui et située à 80 cm de cet objet.

1. Que vaut le grandissement de l'association ?
2. Quelle méthode de focométrie est mise en œuvre ici ? En déduire la vergence de l'association.
3. En déduire la vergence et la distance focale de la lentille inconnue.
4. Pourquoi a-t-on utilisé une lentille annexe pour déterminer la vergence de la lentille inconnue ?

11 Lentille épaisse

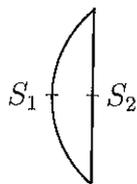
Une lentille a les caractéristiques suivantes :

$$\overline{S_1C_1} = 5 \text{ cm} \quad \overline{S_2C_2} = 2 \text{ cm} \quad \overline{S_1S_2} = 5 \text{ mm} \quad n = 1,5$$

1. Déterminer les positions des foyers (F_1, F'_1, F_2, F'_2) des deux dioptries DS_1 et DS_2 par le calcul.
2. En déduire les positions des foyers de la lentille F et F' .
3. Déterminer la position du centre optique O de la lentille.
4. En déduire les positions des points nodaux N et N' , puis des points principaux H et H' .
5. Déduire des questions 2 et 4 les distances focales de la lentille.
6. Vérifier les résultats obtenus (positions de H et H' et distances focales) en appliquant les formules de Gullstrand.

12 Lentille plan convexe

Une lentille de verre d'indice $n = 1,6$ est plan convexe. La face convexe a un rayon de courbure $\overline{S_1C} = R = 30 \text{ cm}$. L'épaisseur de la lentille est $\overline{S_1S_2} = e = 24 \text{ mm}$.



1. Déterminer les positions des foyers F_1 et F'_1 du dioptré sphérique de sommet S_1 .
2. Déterminer les positions des foyers F et F' de la lentille ($\overline{S_1F}$ et $\overline{S_2F'}$).
3. Déterminer les positions des plans principaux ($\overline{S_2H'}$ et $\overline{S_1H}$).
4. Déterminer la position du centre optique de cette lentille.
5. Déterminer graphiquement (échelle 1/5^{ème}) les caractéristiques (position et grandeur) de l'image d'un objet réel de 1,5 cm de haut placé à 20 cm de S_1 .

13 Lentille boule 2

Soit une lentille boule de verre de centre C et de 2 cm de rayon. L'indice du verre est $n = 1,5$. La boule est considérée comme un système centré formé par l'association de deux dioptries sphériques de rayons $\overline{S_1C_1}$ et $\overline{S_2C_2}$ tels que $C_1 = C_2 = C$.

1. Calculer les vergences V_1 et V_2 des dioptries DS_1 et DS_2 . En déduire les distances focales objet et image de DS_1 et DS_2 .
2. Calculer les positions des foyers objet et image de la lentille boule F et F' .
3. Placer sur un schéma à l'échelle 1 les points $S_1, S_2, F_1, F'_1, F_2, F'_2$, puis déterminer graphiquement la position des plans principaux (P) et (P') .
4. Calculer la vergence V de la lentille boule.
5. En déduire les distances focales de la lentille.
6. Calculer la position des points principaux. Est-ce en accord avec la méthode graphique?
7. Donner la position des points nodaux et du centre optique. Justifier.
8. Calculer la grandeur de l'image d'un objet à l'infini, vu sous un angle $\alpha = 0,1$ rad.

14 Doublet de lentilles

Un doublet est formé de deux lentilles convergentes L_1 et L_2 de distances focales $f'_1 = 15$ cm et $f'_2 = 10$ cm. Leurs centres optiques sont distants de $e = 5$ cm.

1. Déterminer le symbole du doublet (m, n, p) correspondant.
2. Déterminer les positions des éléments cardinaux de l'association par rapport au point O_1 .
3. On place un objet AB à 20 cm devant la 1^{ère} lentille. Calculer la position de l'image finale, et calculer le grandissement latéral.
4. Retrouver les caractéristiques de l'image par construction (en utilisant les éléments cardinaux du doublet - échelle $\frac{1}{2}$).