

TD 00

Optique géométrique (MPSI)

A. Lentilles ● ○ ○

Pour chaque cas, déterminer par le calcul et la construction, la position et la taille (ou le diamètre apparent), la nature et le sens de l'image d'un objet AB donnée par une lentille mince ou bien de l'objet AB quand l'image est donnée. A est situé sur l'axe optique. La lentille est convergente ou divergente suivant les cas.

1. AB objet réel, $AB = 2 \text{ cm}$, $OA = 12 \text{ cm}$, $f' = 4 \text{ cm}$
2. AB objet réel, $AB = 2 \text{ cm}$, $OA = 10 \text{ cm}$, $f' = 20 \text{ cm}$
3. AB objet réel, $AB = 2 \text{ cm}$, $OA = 20 \text{ cm}$, $f' = 20 \text{ cm}$
4. AB objet virtuel, $AB = 2 \text{ cm}$, $OA = 20 \text{ cm}$, $f' = 20 \text{ cm}$
5. A'B' image virtuelle, $A'B' = 1 \text{ cm}$, $OA' = 10 \text{ cm}$, $f' = -20 \text{ cm}$
6. AB objet virtuel, $AB = 2 \text{ cm}$, $OA = 20 \text{ cm}$, $f' = -10 \text{ cm}$
7. A'B' image virtuelle, $A'B' = 2 \text{ cm}$, $OA' = 20 \text{ cm}$, $f' = -10 \text{ cm}$
8. AB objet virtuel, $AB = 2 \text{ cm}$, $OA = 4 \text{ cm}$, $f' = -6 \text{ cm}$
9. AB objet virtuel, $AB = 2 \text{ cm}$, $OA = 10 \text{ cm}$, $f' = -10 \text{ cm}$

B. Lunette de GALILÉE ● ○ ○

Une lunette de GALILÉE comprend un objectif, assimilable à une lentille mince L_1 de centre O_1 et de vergence $C_1 = +5,0 \text{ USI}$, et un oculaire, assimilable à une lentille mince L_2 de O_2 et dont la vergence vaut $C_2 = -20,0 \text{ USI}$.

1. Après avoir rappeler l'unité et la dimension de la vergence, déterminer la nature des deux lentilles et les valeurs de leurs distances focales images.
2. La lunette est du type *afocal*. Déterminer la distance $\overline{O_1O_2}$.
3. Calculer le grossissement en fonction des distances focales.
4. Procéder à la construction en dessinant la marche d'un faisceau issu d'un point B à l'infini hors de l'axe.

Un astronome amateur utilise cette lunette, normalement adaptée à la vision d'objets terrestres, pour observer deux cratères lunaires : Copernic (de diamètre 96 km) et Clavius (de diamètre 240 km).

5. L'astronome voit-il ces cratères à l'œil nu ? A l'aide de la lunette ? On rappelle que la distance Terre-Lune vaut $d_{TL} = 3,8 \times 10^5 \text{ km}$ et le pouvoir séparateur de l'œil est estimé à $3,0 \times 10^{-4} \text{ rad}$.

C. Lois de DESCARTES ● ○ ○

Un rayon lumineux se propageant dans un milieu d'indice 1,40 arrive à la surface d'un milieu transparent d'indice 1,60 avec un angle de $63,2^\circ$.

1. Quel est l'angle de réflexion ?
2. Calculer l'angle de réfraction
3. Dessiner un schéma en respectant les angles.
4. Le rayon réfracté existe-t-il toujours ?

D. Téléobjectif

1. On utilise une lentille mince convergente L_1 ; comment peut-on vérifier très simplement que la lentille L_1 est convergente et non divergente ?

Cette lentille mince convergente L_1 , de centre optique O_1 , donne d'un objet réel AB de 2 cm de hauteur et situé à 12 cm de la lentille, une image réelle A_1B_1 située 6 cm après la lentille. AB est perpendiculaire à l'axe principal de la lentille et A est sur cet axe.

2. Déterminer la distance focale f'_1 de cette lentille ainsi que sa vergence C_1 .
3. Construire l'image A_1B_1 de AB à l'échelle 1.
4. Déterminer par le calcul, le grandissement γ_1 de la lentille L_1 ainsi que la hauteur de l'image A_1B_1 .

On place au-delà de L_1 , à 4 cm de O_1 , une lentille mince divergente L_2 de centre optique O_2 et de distance focale $f'_2 = -3$ cm. L'objet AB garde la position précédente et les deux lentilles ont le même axe principal.

5. Quel est le rôle joué par A_1B_1 pour la lentille L_2 ?
6. Construire l'image A_2B_2 donnée par la lentille L_2 .
7. Retrouver sa position et sa nature par le calcul.
8. Calculer le grandissement γ du système L_1L_2 .

E. Microscope

Un microscope est formé d'un objectif L_1 (lentille de distance focale $f'_1 = 2,0$ cm) et d'un oculaire L_2 (lentille de distance focale $f'_2 = 4,0$ cm) de même axe optique. Le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire sont écartés de $\Delta = 8,0$ cm.

Un petit objet AB est situé en avant de l'objectif et un observateur, dont l'œil est placé au foyer image de l'oculaire, en regarde l'image sans accommoder. (On rappelle que l'œil normal observe sans accommoder des objets ou des images situés à l'infini).

Le grossissement du microscope est le rapport $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ où α' est l'angle sous lequel l'œil voit l'image et α est l'angle sous lequel l'œil verrait l'objet AB sans instrument s'il est placé à $d_m = 25,0$ cm de l'œil.

1. Où doit être placé l'objet pour que l'image finale soit à l'infini pour l'observateur ?
2. Faire un schéma qui indique la marche des rayons lumineux issus de B. Y indiquer l'angle α' et l'exprimer.
3. Déterminer l'angle α .
4. Déterminer le grossissement du microscope.

F. Doubleur de focale

Un objectif d'appareil photographique peut être modélisé par une lentille convergente de focale $f'_1 = 50$ mm. Le négatif se trouve sur un écran plan fixe, perpendiculaire à l'axe optique de l'objectif. Pour la mise au point, on déplace l'objectif par rapport au négatif. La distance d sur la figure 1a est donc variable mais ne peut excéder $d_{\max} = 100$ mm. Soit un objet haut de $h = 2,0$ m et distant de $D = 50$ m du négatif.

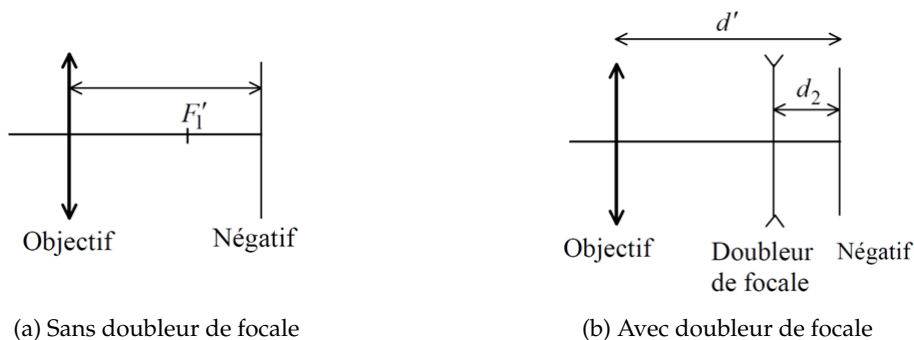


FIGURE 1

1. Montrer que la formule de conjugaison permet d'établir une relation entre d , D et f'_1 , relation qui se présente sous la forme d'une équation du second degré en d .
2. Calculer alors d en tenant compte des contraintes pour l'objectif. Application numérique.
3. Déterminer la taille h' de l'image sur le négatif. Application numérique.

On place maintenant entre l'objectif et le négatif un doubleur de focale assimilable à une lentille divergente $f'_2 = -40$ mm à une distance $d_2 = 40$ mm du négatif. La distance d'entre l'objectif et le négatif peut maintenant atteindre $d'_{\max} = 120$ mm (figure 1b).

1. Soient AB l'objet à photographier, $A'B'$ l'image de AB formée par l'objectif seul et $A''B''$ l'image finale (celle de $A'B'$ formée par le doubleur de focale). $A''B''$ étant sur le négatif, déterminer d_1 , distance entre $A'B'$ et le négatif. Vérifier à l'aide d'un schéma. Application numérique.
2. Calculer le grandissement γ_2 apporté par le doubleur de focale. Application numérique.
3. AB étant toujours à D du négatif, déterminer la distance d' correspondante pour une mise au point nette. Application numérique.
4. Calculer la nouvelle hauteur h'' de l'image. Application numérique.
5. Dédire de tous ces résultats la signification du terme "doubleur de focale".

G. Tracé de rayons

Tracer les rayons qui manquent sur les schémas.

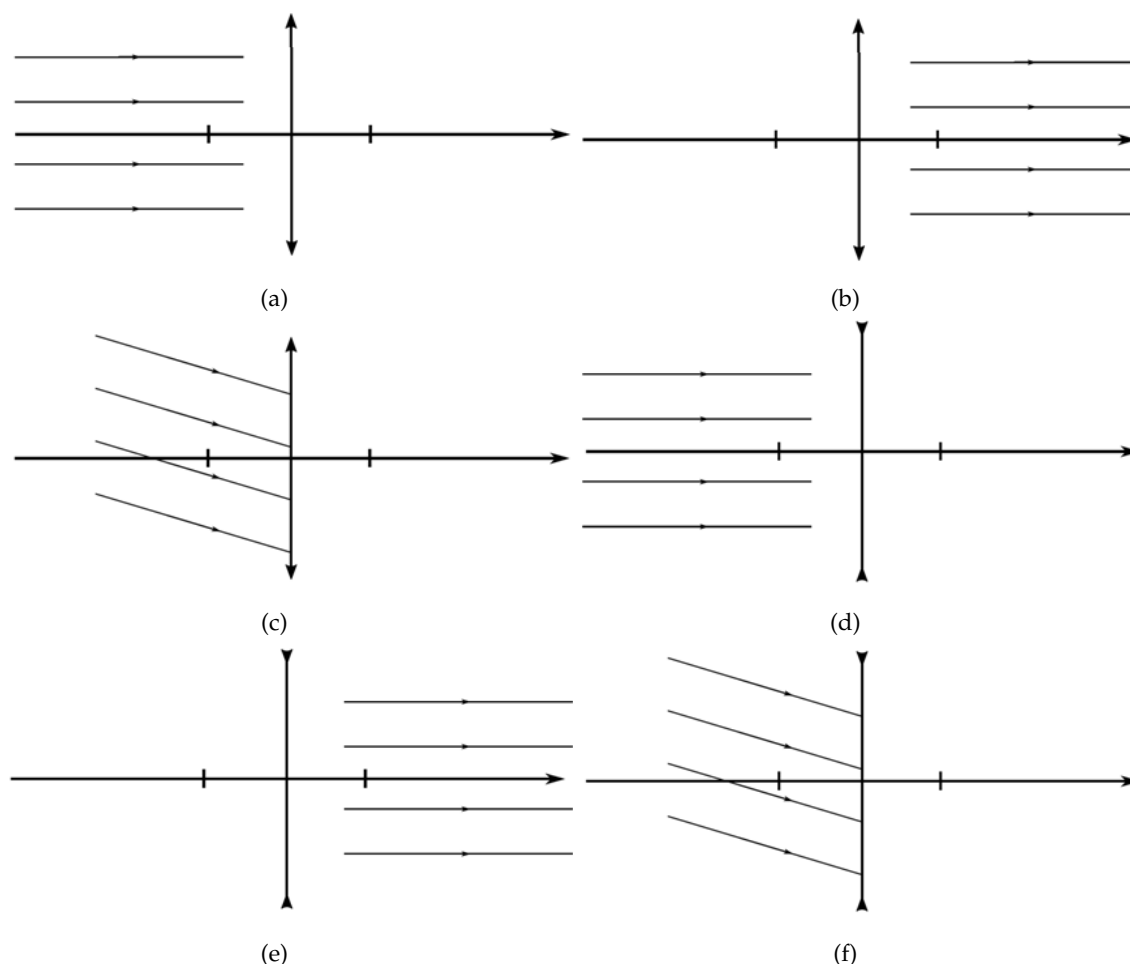


FIGURE 2

H. Fibre optique

Une fibre optique est constituée de deux diélectriques coaxiaux : le cœur et la gaine. Dans une fibre à saut d'indice, le cœur et la gaine sont des milieux homogènes d'indices respectivement $n_1 = 1,456$ et $n_2 = 1,410$. On note z la direction générale de propagation. Le diamètre du cœur vaut $a = 50,0 \mu\text{m}$. La longueur d'onde dans le vide du signal est $\lambda_0 = 1,55 \mu\text{m}$.

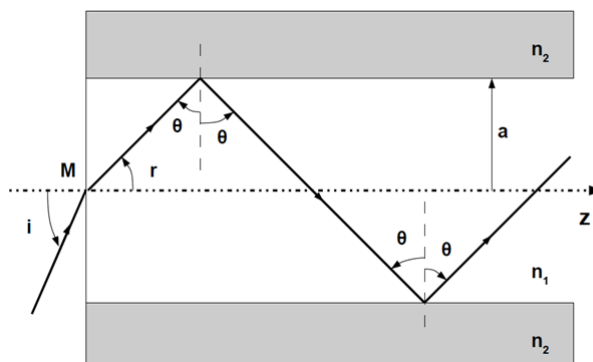


FIGURE 3 – Fibre optique

1. Montrer que le rayon lumineux est guidé par réflexion totale dans le cœur (c'est-à-dire qu'il n'en sort pas) si θ est supérieur à une certaine valeur θ_L que l'on exprimera en fonction de n_1 et de n_2 . Calculer θ_L .

On note i l'angle d'incidence d'un rayon lumineux à l'entrée de la fibre.

1. Déterminer la valeur maximale de l'angle d'incidence i (notée $i_{\max}$) en deçà de laquelle le guidage de la lumière est assuré dans la fibre.
2. Calculer $N = \sin i_{\max}$, appelée ouverture numérique de la fibre.

I. Placer correctement un miroir

Une personne est située à $d = 1,20 \text{ m}$ d'un miroir plan. Elle mesure $1,80 \text{ m}$ et la distance entre les yeux et le haut de son crâne est estimée à 10 cm . Le miroir a une hauteur L et son extrémité inférieure est située à une distance h du sol.

1. À quelles conditions sur h et L la personne peut-il se voir entièrement ?
2. Si elle recule, cette personne a-t-elle plus de chances de se voir ?