

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

Soignez la présentation et la rédaction, qui doit être complète et concise. Tout résultat doit être justifié, et mis en valeur. Les résultats littéraux doivent être homogènes. Les résultats numériques doivent avoir un nombre de chiffres significatifs vraisemblable. Les schémas doivent être clairs, suffisamment grands et lisibles. Si vous n'arrivez pas à montrer un résultat, admettez-le clairement et poursuivez.

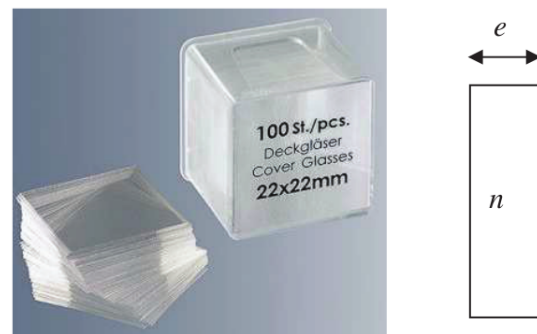
CALCULATRICES AUTORISÉES

Document autorisé (partie II.) : « Influence des réglages d'un appareil photographique. »

I. Mesure de l'indice d'une lame de verre

Ce problème comporte quatre parties non totalement indépendantes. La première partie aborde l'étude de la lame de verre. Les deuxième, troisième et quatrième parties présentent une détermination de n par une méthode d'optique géométrique.

Un document réponse est fourni en annexe, à **rendre avec la copie**.



FORMULAIRE

Relations de grandissement et de conjugaison de Newton

Soit une lentille mince \mathcal{L} de distance focale image f' , un objet transverse \overline{AB} avec A sur l'axe optique. On note A' et B' les images respectives de A et B par \mathcal{L} , alors

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{f'}{\overline{FA}} = -\frac{\overline{F'A'}}{f'} \quad \text{et} \quad \overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = -f'^2.$$

I.1. lame de verre

Une lame transparente est caractérisée par son épaisseur e et l'indice n du milieu qui la compose. On cherche à caractériser ce dioptré dans le cadre de l'optique géométrique.

1. Donner un ordre de grandeur de l'indice du verre.
2. Rappeler les lois de Snell-Descartes.
3. Rappeler la définition de l'image d'un point objet. Qu'est-ce que le stigmatisme ? La lame à faces parallèles est-elle stigmatique ?
4. Effectuer un rapide tracé de rayon sur la figure A_1 (document réponse en annexe) afin de trouver graphiquement la position de A' image de A par la lame, sous l'hypothèse du stigmatisme.
5. Effectuer, de même, un rapide tracé de rayon sur la figure A_2 (document réponse) avec un point objet A virtuel.
6. En définissant clairement les grandeurs nécessaires dans la figure de l'annexe ou sur la copie, montrer par des considérations géométriques que la relation de conjugaison qui relie A et A' est donnée dans les conditions de Gauss par

$$\overline{AA'} = e \left(1 - \frac{1}{n} \right).$$

En particulier on pourra assimiler les angles à leur tangente dans les conditions de Gauss.

I.2. Viseur

On étudie un viseur à frontale fixe (figure ci-dessous) constitué par :

- un objectif \mathcal{L}_2 de centre O_2 , de distance focale $f'_2 = 50$ mm ;
- un réticule gradué de centre R_{oc} ;
- un oculaire modélisé par une lentille convergente \mathcal{L}_1 de centre O_1 et de distance focale $f'_1 = 50$ mm.

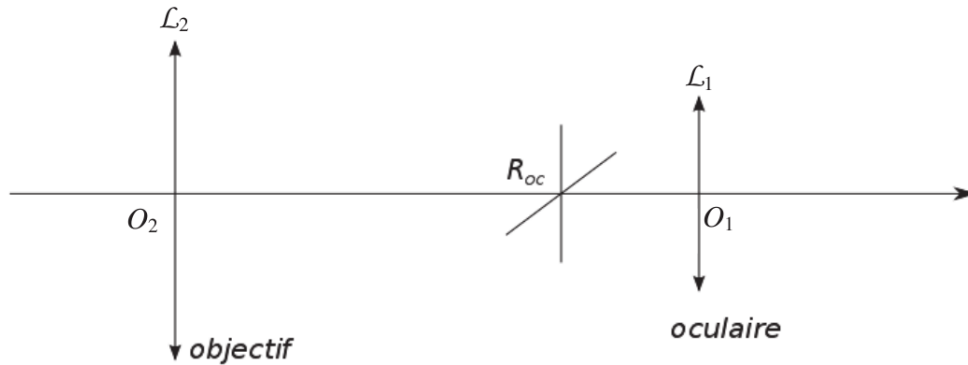


Schéma d'un viseur à frontale fixe.

Le viseur est réglé de sorte à avoir pour l'objectif un grandissement transversal $\boxed{\gamma_{ob} = -2, 0}$.

7. Comment règle-t-on a priori l'oculaire par rapport au réticule ? Pourquoi ?
8. En raisonnant sur une figure pour une lentille convergente ou divergente, établir les relations de grandissement et de conjugaison de Newton rappelées en début d'énoncé.
9. Exprimer la position $\overline{F_2 A}$ de l'objet visé par rapport à l'objectif en fonction de γ_{ob} et f'_2 .
Faire l'application numérique.
10. Déterminer l'encombrement $\overline{O_2 O_1}$ de la lunette en fonction de f'_1 , γ_{ob} et f'_2 . Effectuer l'application numérique.
11. Valider vos résultats par un tracé de rayons justifiés sur la figure B (document réponse).
Compléter la figure avec la présence du réticule R_{oc} et de la lentille \mathcal{L}_1 .
12. Citer une application de ce type de viseur.

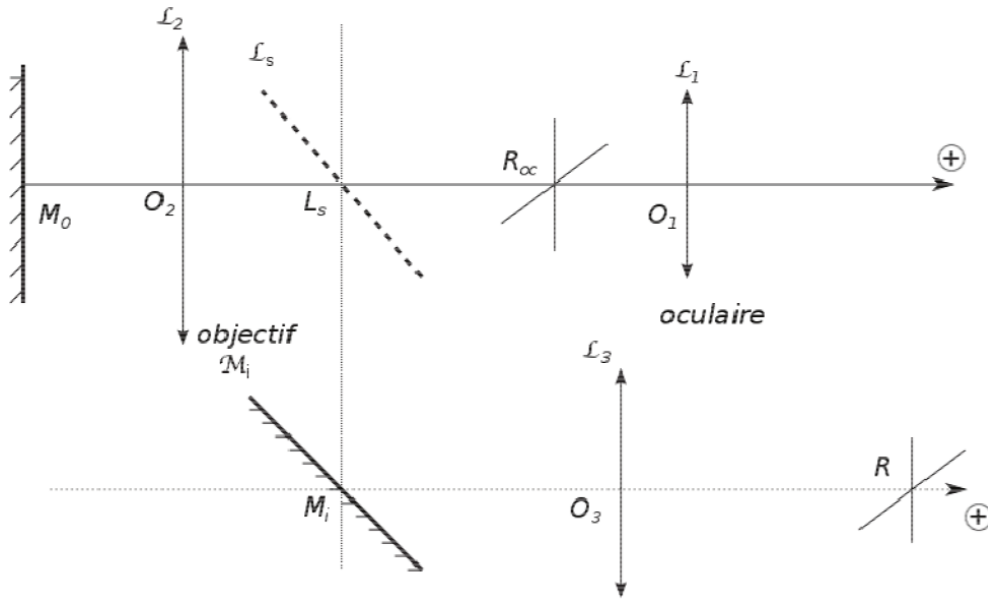
I.3. Description du dispositif expérimental

On complète le dispositif de lunette à frontale fixe précédent par :

- un miroir plan \mathcal{M}_0 centré sur \mathcal{M}_0 et orthogonal à l'axe optique ;
- une lame *semi-réfléchissante*¹ \mathcal{L}_s centrée en L_s et inclinée à 45° , avec $\overline{O_2 L_s} = 50$ mm ;
- un miroir plan \mathcal{M}_i centré en M_i et incliné à 45° avec $\overline{M_i L_s} = 100$ mm ;
- une lentille \mathcal{L}_3 convergente de distance focale f'_3 , avec $f'_3 = 150$ mm ;
- un objet constitué d'un réticule mobile de centre R dont la position est mesurable.

L'ensemble $(\mathcal{L}_3, \mathcal{M}_i, \mathcal{L}_s, \mathcal{L}_2)$ forme un système afocal (cf figure ci-dessous). Le réticule R est éclairé par une source à sa droite.

1. Une lame semi-réfléchissante est une lame à faces parallèles dont les faces sont traitées (au moins une d'entre elles) de telle sorte que la réflexion partielle soit relativement importante, c'est-à-dire d'intensité comparable au faisceau réfracté par la lame. On négligera la réfraction des rayons à travers la lame, qui sera assimilée à un simple miroir plan semi-réfléchissant, pour laquelle un rayon est à la fois partiellement transmis sans déviation, et partiellement réfléchi.



13. Analyse du système additionnel ($\mathcal{L}_3, \mathcal{M}_i, \mathcal{L}_s, \mathcal{L}_2$)

- a) Définir la notion de système afocal. Quelle doit être la distance $\overline{M_i O_3}$ en fonction de $f'_3, f'_2, \overline{O_2 L_s}$ et $\overline{M_i L_s}$ afin de réaliser cette condition ? Faire l'application numérique.
- b) On note R' l'image de R par l'ensemble du système additionnel ($\mathcal{L}_3, \mathcal{M}_i, \mathcal{L}_s, \mathcal{L}_2$), et les images intermédiaires sont ainsi dénommées :

$$R \xrightarrow{\mathcal{L}_3} R_3 \xrightarrow{\mathcal{M}_i} R_i \xrightarrow{\mathcal{L}_s} R_s \xrightarrow{\mathcal{L}_2} R'$$

Etablir, en fonction de f'_2 et f'_3 , la relation liant la position $\overline{F'_3 R}$ de l'objet R par rapport au foyer image de \mathcal{L}_3 à celle de son image R' donnée par $\overline{F'_2 R'}$. On sera attentif à l'algébrisation de l'axe optique et au sens effectif de propagation de la lumière par rapport au sens conventionnel choisi.

- c) On place l'objet R tel que $\overline{O_3 R} = 150 \text{ mm}$, comme sur la figure ci-dessus. Exprimer $\overline{O_2 R'}$, puis calculer sa valeur numérique. Où se trouve alors l'image R' ?

On utilise une méthode d'**autocollimation** à l'aide du miroir plan \mathcal{M}_0 placé devant l'objectif à la distance $\overline{O_2 M_0} = \overline{O_2 F_2} = -50 \text{ mm}$. Le viseur est toujours réglé comme dans la deuxième partie. On éclaire le réticule R par la droite comme précédemment, mais il n'a plus la même position. Son image R' par le système optique ($\mathcal{L}_3, \mathcal{M}_i, \mathcal{L}_s, \mathcal{L}_2$) sert alors d'objet au système ($\mathcal{M}_0, \mathcal{L}_2$), ce que l'on notera

$$R' \xrightarrow{\mathcal{M}_0} R_0 \xrightarrow{\mathcal{L}_2} R''$$

Après traversée de la séparatrice \mathcal{L}_s , la lumière (non réfléchiée par \mathcal{L}_s) forme une image R'' que l'on désire superposer à R_{oc} . On observe ainsi à travers l'oculaire l'image nette de ces deux réticules.

- 14. a) Déterminer la position particulière d_0 à donner au réticule R pour que $R'' = R_{oc}$, en notant $d_0 = \overline{F'_3 R}$. Exprimer ce résultat en fonction de γ_{ob}, f'_2 et f'_3 .
- b) On éloigne maintenant le miroir \mathcal{M}_0 de l'objectif d'une distance e . Sa position M_{01} est telle que $\overline{O_2 M_{01}} = \overline{O_2 F_2} - e$. Afin de préserver une image nette à travers l'oculaire, on doit alors déplacer d'une valeur ε_1 le réticule R . La nouvelle position du réticule R est d_1 telle que $d_1 = \overline{F'_3 R} = d_0 + \varepsilon_1$. Déterminer le déplacement ε_1 en fonction de e, f'_2 et f'_3 .
- c) Quel est l'intérêt du système étudié ?

I.4. Application à la caractérisation d'une lame d'épaisseur e et d'indice n

Le miroir \mathcal{M}_0 et le réticule R sont placés initialement de telle sorte que : $\overline{O_2M_0} = \overline{O_2F_2} = -50$ mm, et $\overline{F'_3R} = d_0$.

On intercale la lame d'indice n d'épaisseur e , notée \mathcal{L}_n , entre le miroir \mathcal{M}_0 et l'objectif \mathcal{L}_2 . L'ensemble des conjugaisons est donc résumé par

$$R \xrightarrow{\mathcal{L}_3} R_3 \xrightarrow{\mathcal{M}_i} R_i \xrightarrow{\mathcal{L}_s} R_s \xrightarrow{\mathcal{L}_2} R' \xrightarrow{\mathcal{L}_n} R_n \xrightarrow{\mathcal{M}_0} R_0 \xrightarrow{\mathcal{L}_n} R'_n \xrightarrow{\mathcal{L}_2} R''.$$

15. a) La position de la lame a-t-elle une influence ?
- b) Le déplacement du réticule R vers une position d_2 , telle que $d_2 = \overline{F'_3R} = d_0 + \varepsilon_2$, permet de retrouver une image nette.
Exprimer ε_2 fonction de e , n , f'_2 et f'_3 .
- c) On donne $e = 0,10$ mm et on mesure $\varepsilon_2 = 0,60$ mm. Quel est l'indice n de la lame ?

II. Utilisation d'un appareil photographique

Cette partie porte sur la lecture du document intitulé « Influence des réglages d'un appareil photographique ».

1. Expliquer en une phrase ce qu'est la profondeur de champ et son origine.
2. Pour augmenter la profondeur de champ d'une prise de vue par appareil photographique, peut-on jouer sur les paramètres suivants, et si oui comment ?
 - a) la durée d'exposition ;
 - b) l'ouverture du diaphragme ;
 - c) la distance focale ;
 - d) le type de capteur (CCD ou film photographique).
3. On souhaite étudier l'écoulement d'un liquide dans un canal transparent en plexiglass. On ajoute des petites billes colorées flottant sur le liquide et on filme leur mouvement à l'aide d'une caméra rapide. Pour une étude quantitative ultérieure, on place derrière le canal un fond quadrillé en guise de repérage.
 - a) Comment faut-il choisir la distance focale de l'objectif et l'ouverture du diaphragme pour obtenir un film exploitable quantitativement ? (répondre par « grand, moyen, petit »...) Pourquoi ?
 - b) Quelles sont les conséquences possibles sur l'adaptation de l'éclairage ambiant et de la résolution du film en terme de nombre d'images par secondes ?

* * * FIN DE L'ÉPREUVE * * *

(pensez à rendre votre annexe avec votre NOM et Prénom)

ANNEXE - NOM Prénom :

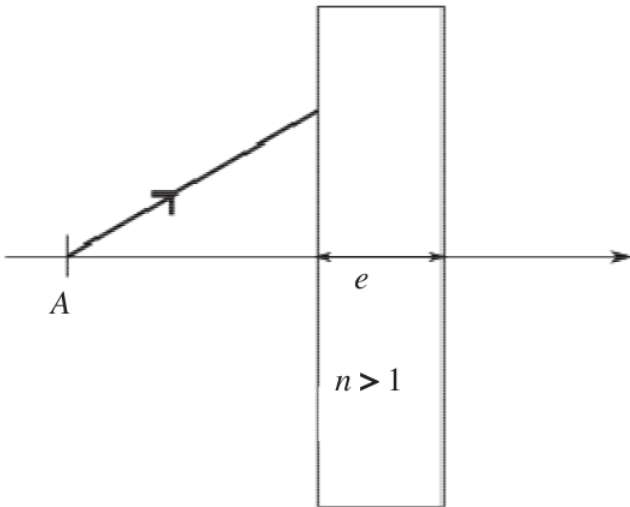


Figure A1.

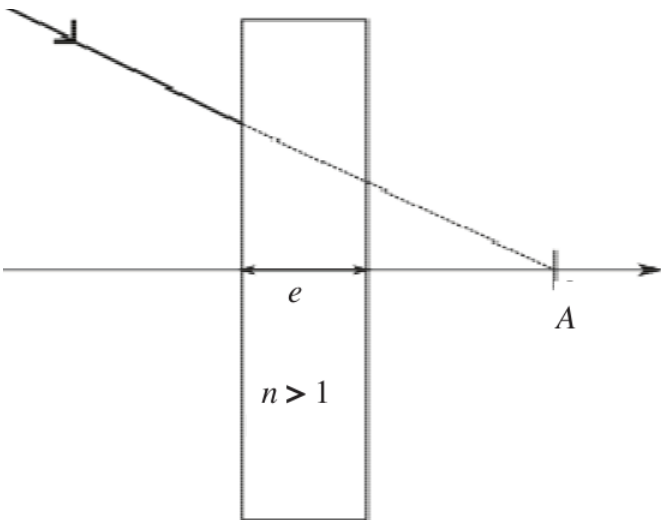


Figure A2.

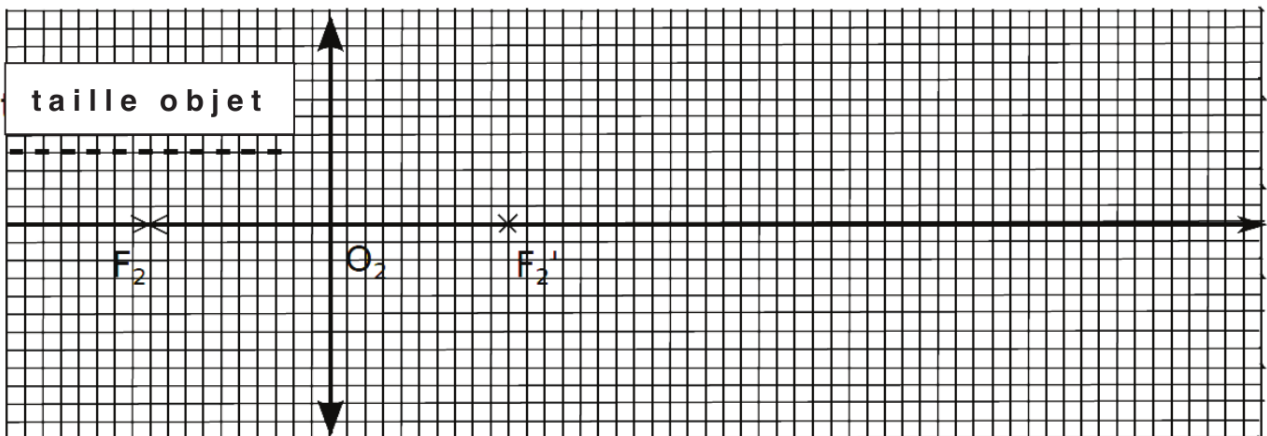


Figure B