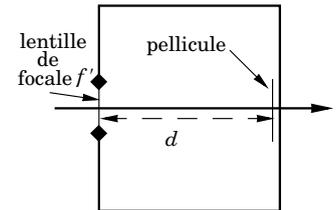


## PROBLÈME I

## Optique d'un appareil photo jetable

Les appareils photo jetables sont conçus pour ne servir qu'une seule fois. Ils sont donc de conception très simple afin que le prix de revient soit le plus bas possible.

L'objectif n'est composé que d'une seule lentille mince ( $L$ ), de distance focale  $f'$ , de diamètre utile  $D_L$ , et la pellicule se situe à une distance  $d$  fixe de la lentille. Aucune mise au point n'est possible, c'est-à-dire que la distance  $d$  est fixée lors de la fabrication et n'est pas modifiable par l'utilisateur. Nous travaillerons dans les conditions de Gauss.

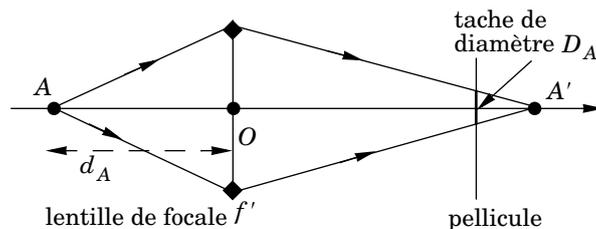


**I.1)** En fonctionnement usuel, les objets et les images données par ( $L$ ) sur la pellicule sont réels. Démontrer à l'aide d'une formule de conjugaison que la lentille ( $L$ ) est nécessairement convergente.

**I.2)** On suppose l'objet à photographier situé à l'infini. Quelle valeur de la distance  $d$  qu'il faut prévoir lors de la fabrication pour que son image soit nette sur la pellicule ?

**I.3)** Quelle est alors la dimension  $X$ , sur la pellicule, d'un objet vu sous un angle  $\alpha$  nommé diamètre apparent (on pourra s'aider d'une construction pour répondre) ? Faire l'application numérique pour la Lune de diamètre apparent  $\alpha = 0,50^\circ$  avec un objectif de distance focale  $f' = 3,0$  cm.

Un objet ponctuel  $A$ , qui n'est pas situé à l'infini, a son image en dehors du plan de la pellicule et donne sur la pellicule une tache de diamètre  $D_{A'}$ . Soit  $d_A$  la distance (grandeur positive) entre le point  $A$  et la lentille.



**I.4)** Exprimer  $OA'$  en fonction de  $d_A$  et  $f'$ .

**I.5)** Montrer que l'expression de  $D_{A'}$  en fonction de  $D_L$  (diamètre utile de la lentille),  $f'$  et  $d_A$  est  $D_{A'} = D_L \frac{f'}{d_A}$ .

La pellicule est formée de grains que l'on supposera circulaires et de même diamètre  $\varepsilon$ . Une image, après développement de la pellicule, paraît nette si un point objet n'a éclairé qu'un seul grain et a donc donné, sur la pellicule, une tache de diamètre inférieur ou égal à  $\varepsilon$ .

**I.6)** Sachant que  $f' = 3,0$  cm, que  $D_L = 2$  mm et que  $\varepsilon = 20$   $\mu\text{m}$ , calculer numériquement la position  $d_A$  du point  $A$  le plus proche qui est encore net après développement.

Afin de pouvoir diminuer  $d_A$ , on augmente, lors de la fabrication, la distance  $d$  afin qu'un point à l'infini soit à la limite de netteté (il donne donc une tache de diamètre  $\varepsilon$  sur la pellicule).

**I.7)** Faire un schéma du dispositif montrant la tache donnée par l'objet à l'infini.

**I.8)** Déterminer  $d$  et faire l'application numérique.

**I.9)** Déterminer la nouvelle distance  $d_A$  correspondant au point le plus près donnant lui aussi une tache de diamètre  $\varepsilon$  sur la pellicule et faire l'application numérique.

## PROBLÈME II

# Mesure de l'indice d'une lame de verre

Rappel des relations de grandissement pour une lentille mince de centre  $O$ , de foyer objet  $F$ , de foyer image  $F'$  donnant d'un objet  $AB$  transverse une image  $A'B'$  :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}} = \frac{\overline{FO}}{\overline{FA}}$$

## Partie A. Lame transparente

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

On considère un rayon traversant la lame issu d'un point  $A$  et faisant dans l'air un angle  $i$  par rapport à l'axe  $\Delta$  normal à la lame.

On note  $r$  l'inclinaison de ce rayon par rapport à  $\Delta$  à l'intérieur de la lame, et  $i'$  son inclinaison de l'autre côté de la lame.

On assimile l'air au vide.

**II.1)** Prolonger le rayon sur la figure 1 (document réponse) en y faisant apparaître ces angles.

Indiquer la position de  $A'$  image de  $A$  par la lame, qui se trouve sur  $\Delta$ .

**II.2)** Établir les relations existant entre  $r$  et  $i$ , puis entre  $i'$  et  $i$ .

**II.3)** On se place dans les conditions de Gauss. Quelles sont ces conditions? Comment se traduisent-elles pour les angles  $i$  et  $r$ ? Quelle conséquence en découle si elles sont respectées?

**II.4)** Montrer, par des considérations géométriques, que la relation de conjugaison qui relie  $A$  et  $A'$  est donnée dans les conditions de Gauss par :

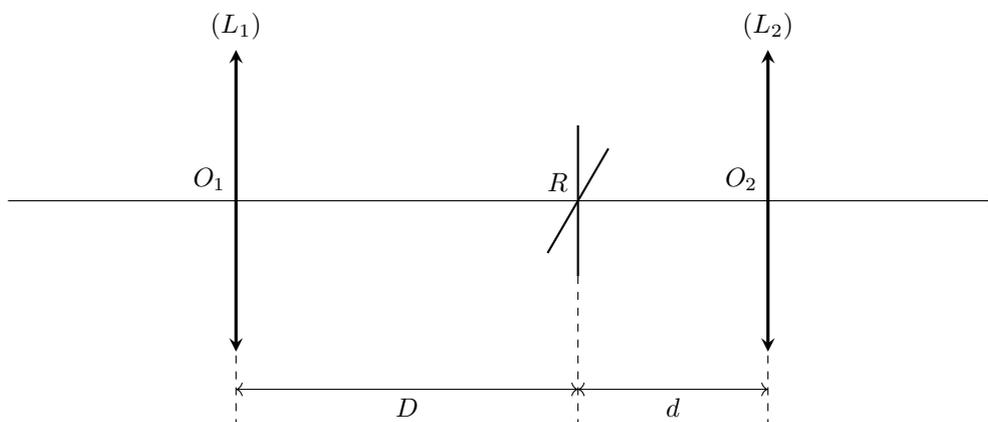
$$\overline{AA'} = e \left( 1 - \frac{1}{n} \right)$$

## Partie B. Viseur

Un viseur à frontale fixe est constitué :

- d'un objectif, constitué d'une lentille mince ( $L_1$ ) convergente de centre  $O_1$  et de distance focale image  $f'_1 = 5,0$  cm,
- d'un réticule  $R$  distant d'une distance  $D$  de l'objectif,
- d'un oculaire constitué d'une lentille mince ( $L_2$ ) convergente de centre  $O_2$  et de distance focale image  $f'_2 = 5,0$  cm, située à la distance  $d$  du réticule.

L'objectif fait une image de l'objet visé sur le réticule. En observant à travers l'oculaire, l'œil peut alors voir simultanément le réticule et l'objet visé.



**II.5)** Un œil « normal » (emmétrope) voit sans accommodation à l'infini. En déduire la distance  $d$  pour que l'œil puisse voir le réticule sans accommoder.

**II.6)** Un œil myope voit sans accommodation à la distance  $D_m = 1,2$  m. Déterminer la nouvelle distance entre le réticule et l'oculaire si on accole l'œil myope à l'oculaire.

**II.7)** Le viseur est réglé de telle sorte que le grandissement transversal de l'objectif soit  $\gamma_{ob} = -2$ . À l'aide d'une relation de grandissement, déterminer la distance  $D$  permettant de voir simultanément l'objet visé et le réticule.

**II.8)** En déduire la distance de l'objet visé à l'objectif. Cette distance dépend-elle de la nature de l'œil (emmétrope ou myope)? Justifier le nom de « viseur à frontale fixe ».

**II.9)** La figure 2 (document réponse) schématise la situation à une échelle telle que chaque carreau représente 1 cm en réalité. Valider vos résultats par un tracé de rayons justifiés, pour un objet transverse de taille 2 cm en réalité. Compléter la figure avec la présence du réticule  $R$  et de la lentille ( $L_2$ ) pour une observation sans accommodation d'un œil emmétrope. Le schéma doit faire apparaître au moins deux rayons qui traversent l'instrument.

### Partie C. Utilisation du viseur

On souhaite mesurer l'indice optique  $n$  d'une lame en verre d'épaisseur  $e = 4,0$  mm.

Pour ce faire, on place cette lame face au viseur précédent. On marque chaque face avec un petit trait d'une couleur différente : rouge du côté du viseur, vert du côté opposé.

On pointe successivement avec le viseur la marque rouge puis la marque verte. Entre les deux pointages, le viseur est déplacé de  $D = 2,5$  mm en direction de la lame.

**II.10)** Déterminer l'indice optique du verre de la lame.

PROBLÈME III

## Trioxyde de soufre

Le trioxyde de soufre, jadis également appelé anhydride sulfurique, est un composé chimique de formule  $\text{SO}_3$ . C'est un polluant majeur de l'atmosphère terrestre, résultant de l'oxydation du dioxyde de soufre  $\text{SO}_2$ , et notamment responsable des pluies acides. Il est produit industriellement comme précurseur de l'acide sulfurique.

### Partie A. Oxydes de soufre

**III.1)** Le soufre S et l'oxygène O sont sur l'avant-avant dernière colonne du tableau périodique. Indiquer le nombre d'électrons sur leur couche de valence.

**III.2)** Écrire une représentation de Lewis des molécules de dioxyde et de trioxyde de soufre, où S est central et hypervalent. Justifier.

**III.3)** Représenter en la justifiant la géométrie de ces molécules.

**III.4)** Comment évolue l'électronégativité le long d'une colonne? En déduire l'orientation du moment dipolaire des liaisons S-O.

**III.5)** Les molécules précédentes sont-elles polaires? Si oui, représenter leur moment dipolaire. Justifier.

### Partie B. Production du trioxyde de soufre

Lors de la synthèse industrielle de l'acide sulfurique par le « procédé de contact », le trioxyde de soufre est obtenu par oxydation du dioxyde de soufre selon la réaction d'équation chimique :  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{SO}_3(\text{g})$ .

La réaction est effectuée en phase gazeuse à une température  $T = 750$  K, en présence d'un catalyseur à base d'oxyde de vanadium  $\text{V}_2\text{O}_5$ . La pression  $p$  est maintenue fixe.

On note  $n$  la quantité (de matière) initiale de  $\text{O}_2$ . On se place dans les conditions stœchiométriques, c'est-à-dire qu'on introduit une quantité initiale  $2n$  de  $\text{SO}_2$ . On considère les gaz comme parfaits.

On note  $r$  le rendement de la réaction, défini comme le rapport de la quantité de  $\text{SO}_3$  formé sur la quantité de  $\text{SO}_2$  initial.

**III.6)** Exprimer les quantités de chaque gaz à l'équilibre en fonction de  $n$  et du rendement  $r$ .

**III.7)** Montrer que le quotient de réaction à l'équilibre s'écrit  $Q_{eq} = \frac{r^2(3-r)p^\circ}{(1-r)^3 p}$  où  $p^\circ$  est la pression standard.

**III.8)** On se place à pression atmosphérique  $p = 1,01$  bar où le rendement est de 94,3%. En déduire la valeur de la constante d'équilibre de la réaction.

**III.9)** Calculer la pression  $p$  nécessaire pour obtenir un rendement de 99,0%. Commenter.

**III.10)** Le rendement est-il affecté si on utilise de l'air plutôt que du dioxygène pur, pour une même pression et dans les conditions stœchiométriques? Justifier.

## PROBLÈME IV

## Pêcheur

Un pêcheur remonte en barque le courant d'une rivière. En passant près d'un arbre, une branche accroche son chapeau, celui-ci tombe à l'eau sans que le pêcheur s'en aperçoive. Il ne remarque cette disparition qu'au bout d'une demi-heure après l'incident. Retournant immédiatement, il redescend le courant jusqu'à ce qu'il retrouve son chapeau 5 km en aval de l'arbre. Sachant que la vitesse de déplacement de la barque est toujours constante par rapport à l'eau, déterminer la vitesse du courant.

*Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti, car elle est valorisée dans le barème.*

# DOCUMENT REPONSE

(à détacher et à rendre dans la copie)

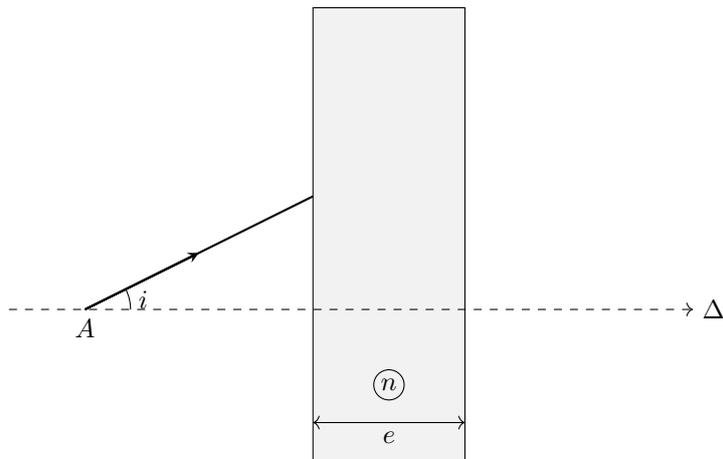


FIGURE 1 – Lame

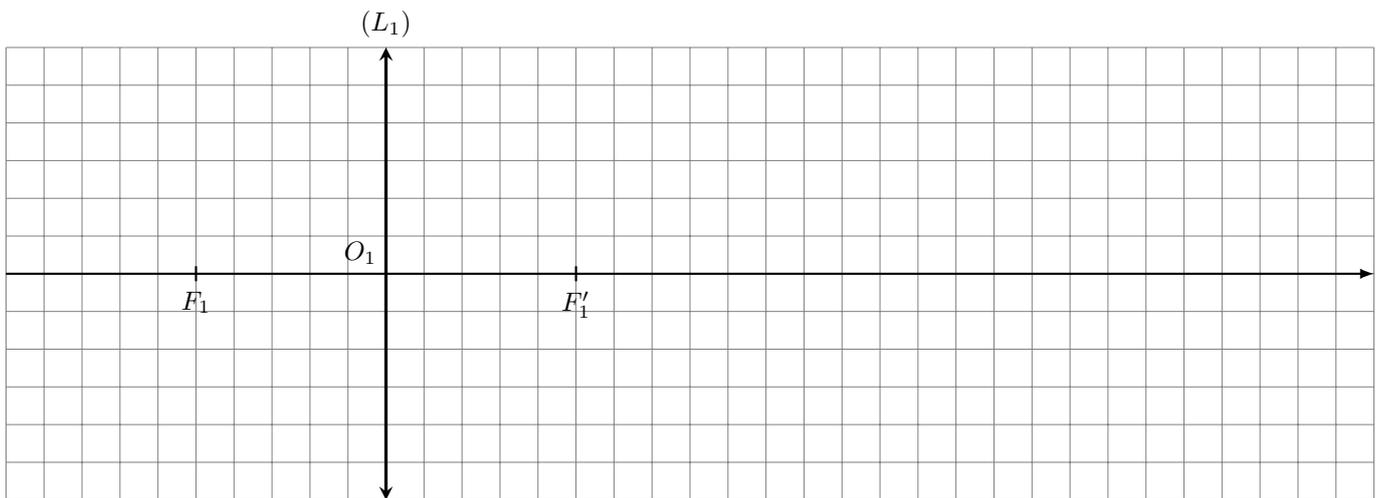


FIGURE 2 – Viseur