

## I. LUNETTE OU TÉLESCOPE ? (4 points)

*Douceur des nuits et clarté du ciel font de l'été la saison idéale pour s'initier à l'astronomie. Mais, quand on est totalement débutant dans ce genre d'exercice, quel matériel choisir ?*

*Si on exclut les paires de jumelles, il existe deux grandes familles d'instruments pour l'observation du ciel : les lunettes et les télescopes. Leur différence de conception tient essentiellement au trajet emprunté par la lumière dans l'appareil.*

*Les lunettes se résument à un tube portant une lentille (ou un groupe de lentilles) à chaque extrémité. La plus grosse, tournée vers le ciel, est l'objectif : elle capte la lumière et concentre les rayons pour former une image à l'intérieur de l'instrument. La deuxième lentille, l'oculaire, permet d'observer cette image.*

*Le grossissement d'une lunette est égal à la distance focale de l'objectif divisée par celle de l'oculaire...*

*Dans un télescope, le trajet optique de la lumière est fondamentalement différent de celui d'une lunette. Son principe de fonctionnement repose sur un jeu de miroirs. Le plus important, dit miroir primaire, capte la lumière et la dirige vers un second miroir, le miroir secondaire qui, à son tour, la réfléchit vers l'oculaire.*

*Le grossissement d'un télescope se calcule de la même manière que pour une lunette. Le miroir primaire, sphérique convergent, possède aussi une distance focale. On la divise par la distance focale de l'oculaire pour déterminer le grossissement.*

d'après l'article "Lunette ou télescope" de Henri-Pierre PENEL, *Sciences et Vie*, août 2001.

*L'objectif de cet exercice est de schématiser les trajets suivis par la lumière dans une lunette astronomique et dans un télescope.*

### 1. Une lunette astronomique.

*On observe la Lune à l'aide d'une lunette astronomique dont l'objectif est une lentille convergente de distance focale  $f_1 = 100$  cm.*

*Vue depuis la Terre, la Lune a un diamètre apparent  $\alpha = 9,3 \times 10^{-3}$  rad.*

1.1.1. Rappeler la définition du diamètre apparent (on pourra répondre par un schéma clairement annoté).

1.1.2. Calculer le diamètre réel de la Lune sachant qu'elle est située à  $3,8 \times 10^5$  km de la Terre.

1.2. On appelle  $AB$  le diamètre de la Lune situé dans le plan vertical contenant l'axe de la lunette, le point  $A$  étant situé sur l'axe optique principal (voir figure 1 de l'annexe, page 8). La Lune étant très éloignée de la Terre, dans toute la suite de l'énoncé, on la supposera à l'infini.

1.2.1. Sur la figure 1 de la feuille annexe, page 8, à rendre avec la copie, construire l'image  $A_1B_1$ , donnée par l'objectif (lentille  $L_1$ ), de l'objet  $AB$ .

1.2.2. Calculer la grandeur de cette image. L'angle  $\alpha$  étant petit, on pourra utiliser l'approximation  $\tan \alpha \approx \alpha$ ,  $\alpha$  étant exprimé en radian.

1.3. L'image  $A_1B_1$  sert d'objet pour l'oculaire (lentille  $L_2$ ) qui en donne une image  $A'B'$ .

1.3.1. Quelle position particulière doit occuper  $A_1B_1$  pour que  $A'B'$  soit rejetée à l'infini (vision sans fatigue) pour un œil normal ?

1.3.2. En déduire la position des foyers de la lentille  $L_2$  et les marquer sur la figure 1 de la feuille annexe, en fin d'exercice, page 4.

1.3.3. Construire l'image  $A'B'$  sur la figure 1.

1.4. On appelle grossissement de la lunette le rapport  $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ ,  $\alpha$  étant le diamètre apparent et  $\alpha'$  l'angle sous lequel on voit l'image  $A'B'$ .

1.4.1. Calculer l'angle  $\alpha'$  sachant que l'oculaire a une distance focale  $f_2 = 10,0$  cm. L'angle  $\alpha'$  étant petit, on pourra utiliser l'approximation  $\tan \alpha' \approx \alpha'$ ,  $\alpha'$  étant exprimé en radian.

1.4.2. En déduire le grossissement de la lunette.

1.4.3. Vérifier que la relation indiquée dans le texte pour calculer le grossissement donne le même résultat.

## 2. Un télescope.

On utilise maintenant un télescope de Newton pour observer la Lune. Le miroir principal, de sommet  $S$ , a une distance focale  $f_1 = 100$  cm.

2.1.1. Quel est, d'après le texte, le rôle du miroir secondaire ?

2.1.2. Pourquoi ce miroir est-il indispensable dans un télescope ?

2.2. Sur la figure 2 de la feuille annexe (à rendre avec la copie) on a représenté l'image  $A_1B_1$  donnée par le miroir primaire. Cette image sert d'objet pour le miroir plan qui en donne une image  $A_2B_2$ .

2.2.1. Construire l'image  $A_2B_2$  puis l'image définitive  $A'B'$  donnée par l'oculaire.

2.2.2. Compléter sur la figure 2 de la feuille annexe, le trajet dans le télescope du rayon issu de  $B$  qui frappe le miroir principal en  $I$  (faire un tracé en couleur bien visible).



# FEUILLE ANNEXE RELATIVE À L'EXERCICE I

## LUNETTE OU TÉLESCOPE ?

### À RENDRE AVEC LA COPIE

Figure 1

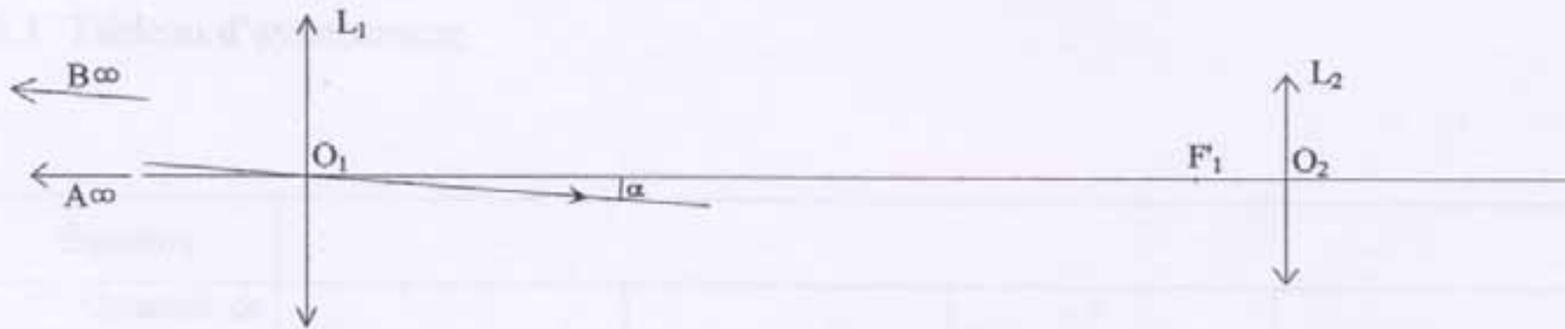
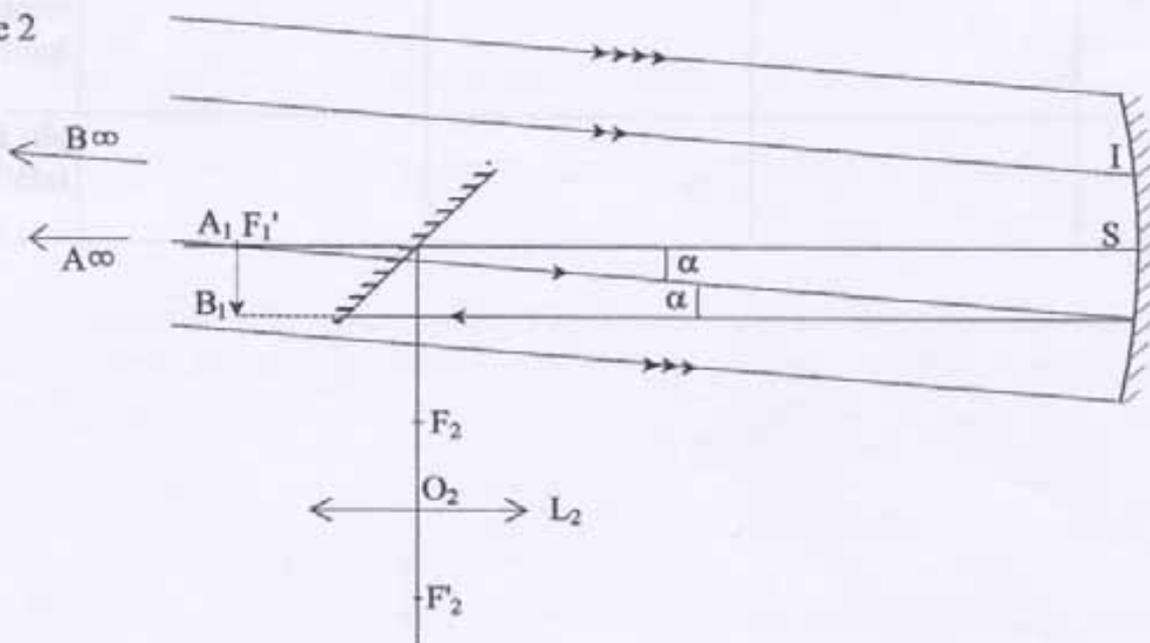


Figure 2



(4 pts)

## Lentilles et miroirs

Cet exercice comporte 9 affirmations **indépendantes** concernant les lentilles convergentes et les miroirs.  
Toute réponse doit être accompagnée de justifications ou de commentaires.  
A chaque affirmation, vous répondrez donc par VRAI ou FAUX en justifiant votre choix à l'aide de définitions, de calculs, de schémas à compléter sur l'annexe (à rendre avec la copie).

❶ Affirmation: Suivant sa position par rapport au miroir, l'image A'B' d'un objet AB donnée par un miroir plan peut être plus grande ou petite que l'objet.

Donnée pour les affirmations ❷ et ❸. On dispose d'une lentille convergente de distance focale:  $f' = 10$  cm.

❷ Affirmation: Cette lentille a une vergence  $C = 0,10$  δ.

❸ Affirmation: L'image A'B' d'un objet placé devant la lentille, à 60 cm du centre optique se forme derrière la lentille, à 12 cm du centre optique.

❹ Affirmation: Après avoir traversé la lentille, le rayon (1) passe par le point B'. (voir **annexe**)

❺ Donnée: Dans un microscope, la distance objectif-oculaire est fixe. (voir annexe)

Affirmation: Dans un microscope, le diamètre du cercle oculaire dépend de la position et de la taille de l'objet observé.

❻ Le schéma en annexe représente un miroir sphérique de sommet S, de centre C et de foyer F.

Affirmation: L'image A'B' de l'objet AB donnée par le miroir sphérique est située dans le même plan vertical que l'objet AB.

Données pour les affirmations ❼, ❽ et ❾:

La lunette représentée en annexe est afocale: le foyer image  $F'_1$  de l'objectif  $L_1$  coïncide avec le foyer objet  $F_2$  de l'oculaire  $L_2$ .

L'objectif a une distance focale  $f'_1 = 0,75$  m.

Le diamètre apparent de l'astre observé est  $\alpha = 9,0 \times 10^{-3}$  rad.

❼ Affirmation: Tous les rayons issus de B qui traversent l'objectif  $L_1$  traversent l'oculaire  $L_2$ . (voir annexe)

❽ Le grossissement d'une lunette est défini par la relation  $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$  dans laquelle  $\alpha$  est l'angle sous lequel on voit l'objet à l'œil nu et  $\alpha'$  l'angle sous lequel on voit son image dans l'instrument.  
On pourra faire les approximations  $\tan \alpha = \alpha$  et  $\tan \alpha' = \alpha'$ ,  $\alpha$  et  $\alpha'$  en rad.

Affirmation: Dans le cas d'une lunette afocale, le grossissement s'exprime également par la relation:

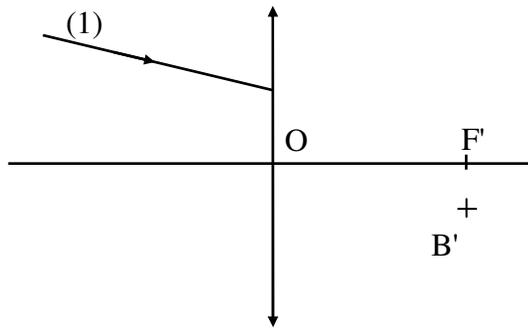
$$G = \frac{f'_1}{f_2} \quad f'_1 \text{ étant la distance focale de l'objectif et } f_2 \text{ celle de l'oculaire.}$$

❾ Affirmation: L'image  $A_1B_1$  donnée par l'objectif mesure 13,5 mm.

Annexe

Les schémas suivants peuvent éventuellement être utilisés pour répondre à certaines affirmations.

Affirmation ④



Affirmation ⑤

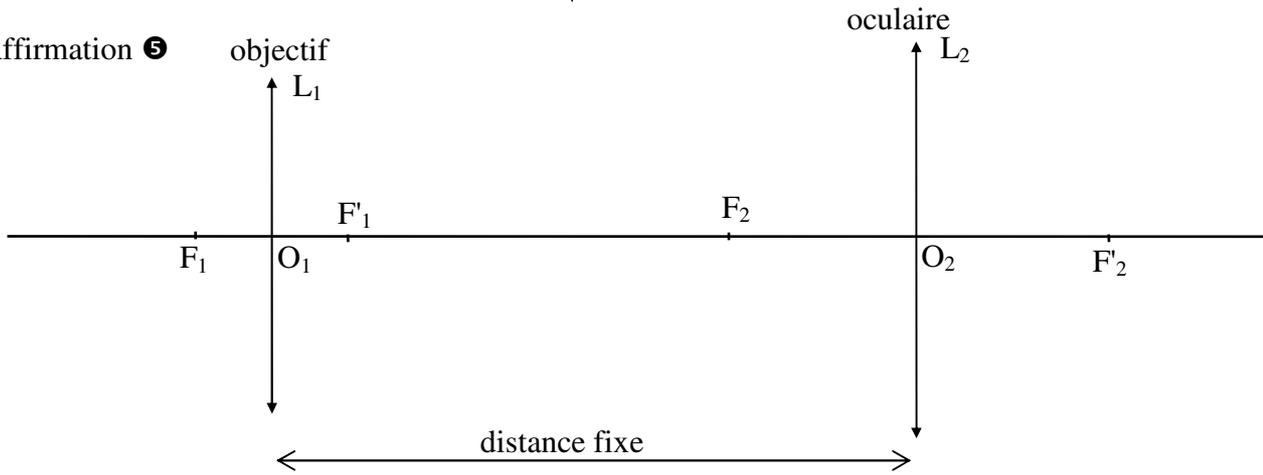
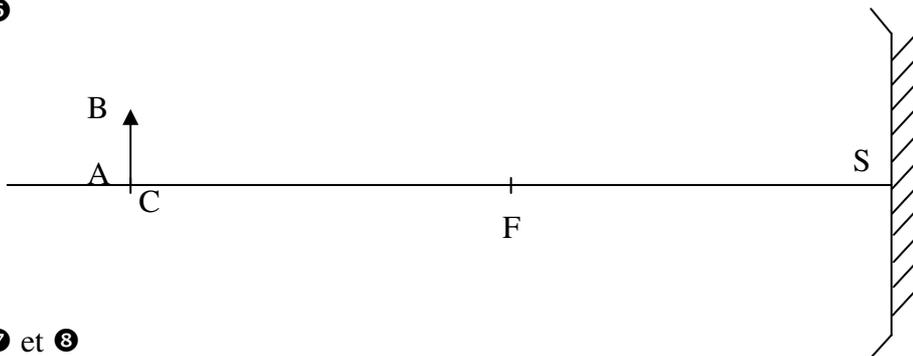
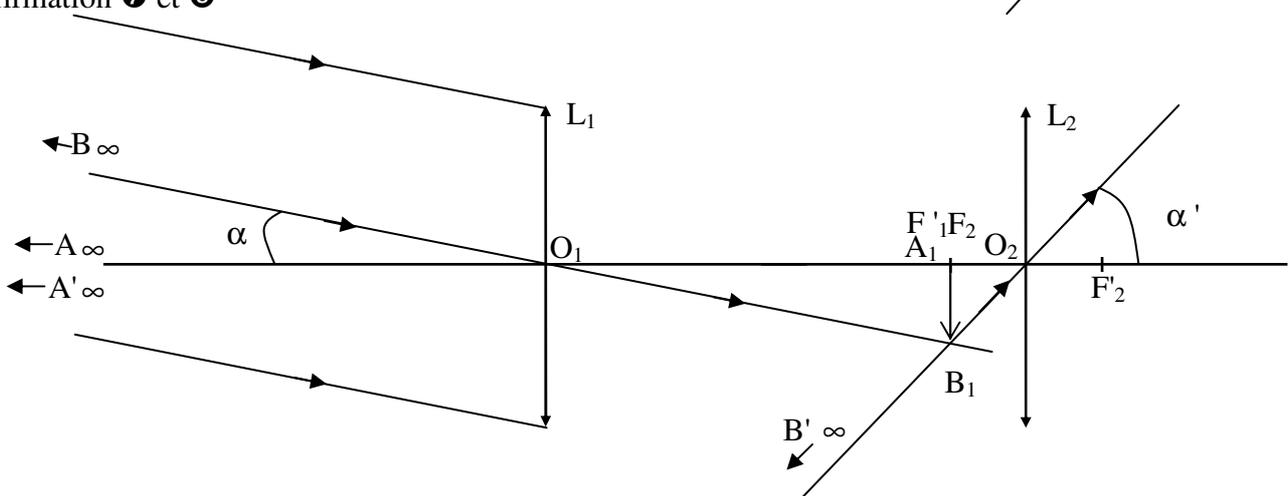


Schéma d'un microscope

Affirmation ⑥



Affirmation ⑦ et ⑧



### EXERCICE III. PETITE HISTOIRE D'UNE LENTILLE ET DE DEUX MIROIRS... (4 points)

En feuilletant un magazine scientifique, Clémentine, passionnée d'astronomie, lit la petite annonce suivante : " À VENDRE, télescope de Newton, état neuf, pas de notice... ". Bien décidée à observer la prochaine éclipse de Lune, Clémentine répond à la petite annonce et achète ce télescope. Privée de notice, elle fait appel à ses connaissances en optique pour le faire fonctionner au mieux. Après avoir démonté son télescope avec grand soin, Clémentine récupère une lentille (notée L) et deux miroirs (notés  $M_1$  et  $M_2$ ).

Le but de cet exercice est de suivre la démarche qui va permettre à Clémentine de retrouver les caractéristiques de chaque élément constituant ce télescope puis d'en étudier son fonctionnement au cours de l'observation d'une éclipse de Lune.

#### 1. Étude des miroirs du télescope

1.1. En se regardant dans chacun des miroirs, Clémentine constate que le premier (noté miroir  $M_1$ ) donne une image plus grande de son visage que celui-ci alors que le second (noté miroir  $M_2$ ) en donne une image de même taille.

Sans souci d'échelle, compléter **LES FIGURES 10 ET 11 DE L'ANNEXE EN PAGE 13** en déterminant l'image A'B' du visage AB de Clémentine servant d'objet respectivement pour un miroir plan et pour un miroir sphérique.

À l'aide de son observation et des schémas précédents, déduire, parmi les miroirs  $M_1$  et  $M_2$ , lequel est sphérique.

1.2. Clémentine veut à présent déterminer la distance focale du miroir sphérique. Elle allume alors une lampe de poche recouverte d'un papier opaque possédant une petite ouverture en forme de flèche verticale (de 2,0 cm de hauteur) puis pose le miroir sphérique plusieurs mètres à droite de celle-ci. Elle utilise un demi écran qui permet à la fois de laisser passer une partie de la lumière incidente et d'observer la totalité de l'image inversée. En déplaçant cet écran entre la lampe et le miroir, elle cherche une image nette G'H' de la flèche lumineuse GH qui sert d'objet. Elle l'obtient quand la distance entre l'écran et le miroir est égale à 90 cm.

Pourquoi Clémentine ne choisit elle pas un écran entier pour observer les images ?

Déduire de son expérience la distance focale du miroir sphérique. Justifier.

#### 2. Étude de la lentille du télescope

Clémentine utilise à nouveau le dispositif de la question 1.2. pour déterminer cette fois la distance focale de la lentille L. Elle remplace donc le miroir sphérique par cette lentille de centre O et de diamètre 5,0 cm. Elle pose cette lentille 6,0 cm à droite de la flèche lumineuse GH (de 2,0 cm de hauteur) qui sert d'objet. Elle obtient une image nette G"H" en plaçant l'écran 3,0 cm à droite de la lentille.

2.1. Placer, à l'échelle, sur **LA FIGURE 12 DE L'ANNEXE EN PAGE 14**, la lentille L et l'écran afin d'illustrer l'expérience de Clémentine. En déduire par construction, à l'échelle, sur **LA FIGURE 12 DE L'ANNEXE EN PAGE 14**, la position des foyers F et F' de la lentille L.

2.2. Déterminer l'expression littérale de la distance focale image  $\overline{OF'}$  de la lentille L puis calculer sa valeur numérique.

#### 3. Observation d'une éclipse de Lune avec le télescope

3.1. Clémentine remonte son télescope en plaçant ses différents éléments (la lentille L et les miroirs  $M_1$  et  $M_2$ ) tels qu'elle les a trouvés au moment de son achat.

Dans son télescope, parmi les trois éléments précédents, lequel joue le rôle de l'objectif ?

Lequel joue le rôle de l'oculaire ?

Quel est le rôle du troisième élément ?

3.2. Dans cette question, on suppose que le télescope de Clémentine est afocal et qu'elle observe, au début de l'éclipse, la Lune KN supposée à l'infini dans la direction représentée sur la figure 5 de l'annexe. Un système est dit afocal lorsqu'il donne d'un objet à l'infini une image à l'infini.

3.2.1. Sans souci d'échelle, compléter **LA FIGURE 13 DE L'ANNEXE EN PAGE 14** en construisant l'image  $K_1N_1$  de la Lune KN donnée par le miroir  $M_1$ .

3.2.2. Sans souci d'échelle, compléter **LA FIGURE 13 DE L'ANNEXE EN PAGE 14** en plaçant l'image  $K_2N_2$  de  $K_1N_1$  donnée par le miroir  $M_2$ .

3.2.3. Clémentine a-t-elle correctement placé la lentille L dans son télescope pour qu'il soit effectivement afocal ?

3.2.4. Sans souci d'échelle, compléter **LA FIGURE 13 DE L'ANNEXE EN PAGE 14** en construisant l'image définitive  $K_3N_3$  de  $K_2N_2$  qui sert d'objet pour la lentille L.

3.3. À cause du phénomène de diffraction, l'image d'un point donnée par un instrument d'optique n'est pas un point mais une tache circulaire d'autant plus grande que le diamètre de l'objectif est petit. Si le grossissement de l'instrument est trop élevé, ces taches deviennent visibles et l'image est floue. Le grossissement maximal utilisable est égal à 2,5 fois le diamètre de l'objectif exprimé en mm. Clémentine mesure le diamètre de l'objectif et trouve 12 cm.

Donnée : Grossissement d'un télescope  $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$  ;  $\alpha$  et  $\alpha'$  correspondent respectivement au diamètre apparent de la Lune et celui de son image définitive.

3.3.1. Compléter **LA FIGURE 13 DE L'ANNEXE EN PAGE 14** en plaçant les diamètres apparents  $\alpha$  et  $\alpha'$ .

Démontrer que le grossissement du télescope  $G = \frac{f_{\text{objectif}}}{f_{\text{oculaire}}}$ .

3.3.2. Calculer la valeur numérique du grossissement du télescope de Clémentine. L'image définitive de la Lune observée par Clémentine est-elle nette ?

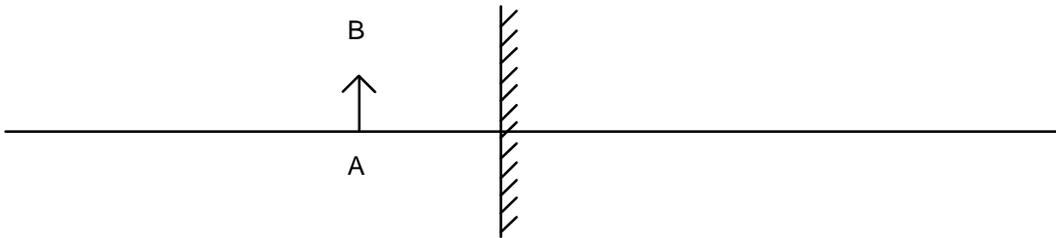
## ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

### ANNEXE EXERCICE III

Question 1.1.

Figure 10 (le schéma n'est pas à l'échelle)  
miroir plan

Sens de propagation  
de la lumière  
→

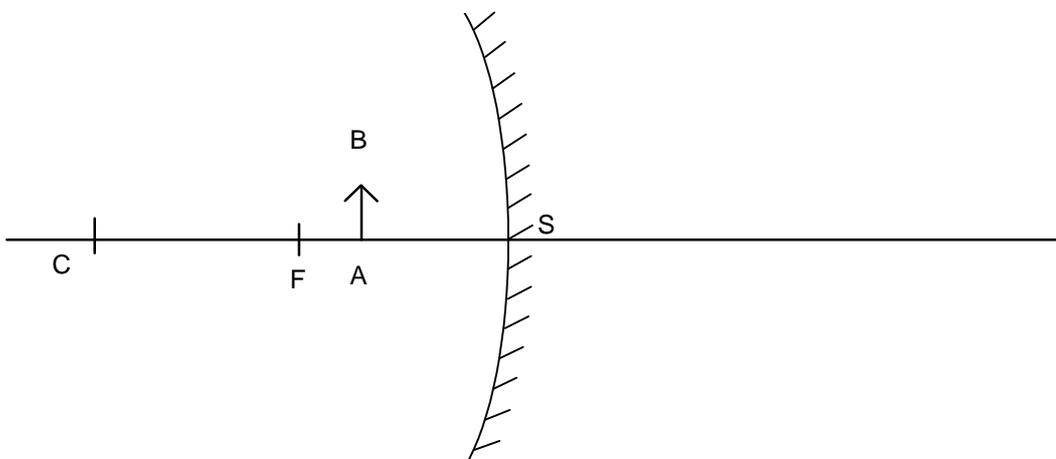


Question 1.1.

Figure 11 (le schéma n'est pas à l'échelle)  
miroir sphérique

Données :  
*F* : foyer du miroir  
*S* : sommet du miroir  
*C* : centre du miroir

Sens de propagation  
de la lumière  
→



## ANNEXE EXERCICE III

**Question 2.1.**

**Figure 12 (le schéma est à l'échelle)**

Sens de propagation  
de la lumière

→



**Questions 3.2.1., 3.2.2., 3.2.4. et 3.3.1. Figure 13 (le schéma n'est pas à l'échelle)**

*Données :*

$F_1$  : foyer du miroir  $M_1$

$F$  et  $F'$  : foyers objet et image de la lentille  $L$

Sens de propagation  
de la lumière

→

