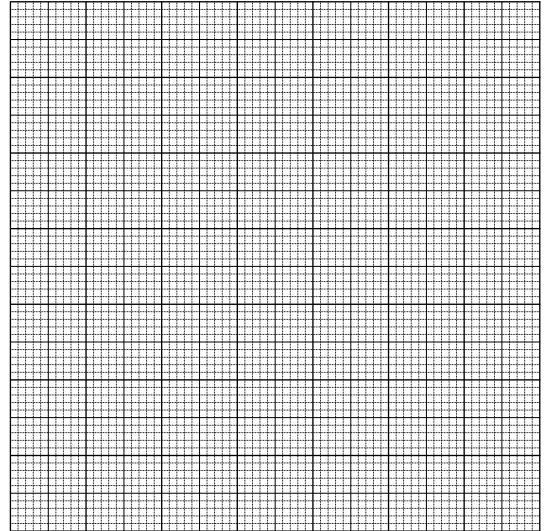


**EXERCICE 1: Chez le dentiste ... (4 points)**

Le miroir utilisé par les dentistes est sphérique et convergent. Il a pour focale de 20 mm. On le place à 1,0 cm d'une dent.

- 1) Sur le papier millimétré ci-contre et l'échelle 1 sur les deux axes :
  - représenter le miroir convergent avec son axe optique, le sommet S, le centre C et le foyer F.
  - représenter la dent par un segment AB de hauteur 0,5 cm perpendiculaire à l'axe optique du miroir, le point A étant situé sur l'axe optique du miroir.
  - construire l'image A'B' de la dent AB.
- 2) Caractériser l'image de la dent en choisissant parmi les termes suivants : « droite – renversée – réelle - virtuelle – plus grande – plus petite ».
- 3) Quelle est la valeur du grandissement  $\gamma$  ?
- 4) Par rapport à la situation précédente, on approche la dent du foyer F. Comment évolue alors la taille de l'image de la dent ? Justifier.
- 5) Où doit être située la dent, par rapport au miroir, pour que le dentiste la voit sans accommoder ?



**EXERCICE 2 : Modélisation d'un microscope sur banc optique (9 points)**

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un élève modélise un microscope à l'aide des deux lentilles ci-dessous :

- une lentille objectif  $L_1$ , de centre optique  $O_1$ , de vergence  $C_1 = 10,0 \delta$  et de diamètre 4,0 cm.
- une lentille oculaire  $L_2$ , de centre optique  $O_2$ , de vergence  $C_2 = 5,0 \delta$  et de diamètre 4,0 cm.
- Les deux lentilles ont même axe optique et leur centre optique sont distants de 50,0 cm.

L'élève utilise comme objet AB, un quadrillage millimétrique éclairé, perpendiculairement à l'axe optique. Le point A est situé sur l'axe optique des lentilles. La hauteur de l'objet AB est de 5,0 mm. Cet objet est placé avant la lentille objectif, à 15 cm du centre optique  $O_1$ .

**A - Étude de l'image donnée par l'objectif**

- 1) Calculer les distances focales  $f'_1$  et  $f'_2$  des deux lentilles.

A l'aide d'un écran, l'élève recherche la position de l'image intermédiaire  $A_1B_1$  de l'objet AB donnée par la lentille  $L_1$ .

- 2) Montrer, en utilisant la relation de conjugaison, que la position de l'image intermédiaire  $A_1B_1$  formée sur l'écran est telle que :  $O_1A_1 = 0,30 \text{ m}$ .
- 3) Calculer le grandissement de l'objectif noté  $\gamma_{\text{obj}}$ . En déduire la taille de l'image intermédiaire est 1,0 cm.

**B - Étude de l'image donnée par l'oculaire**

L'élève observe l'image définitive  $A'B'$  en regardant à travers l'oculaire, son œil n'accomode pas.

- 4) Que peut-on alors dire de la position de l'image définitive  $A'B'$  ainsi observée ? Quelle doit être la position particulière de l'image intermédiaire  $A_1B_1$  dans ce cas ?
- 5) Expliquer pourquoi la qualité de l'image  $A'B'$  est améliorée si l'élève ajoute un diaphragme de faible diamètre (15 mm par exemple) contre l'objectif.

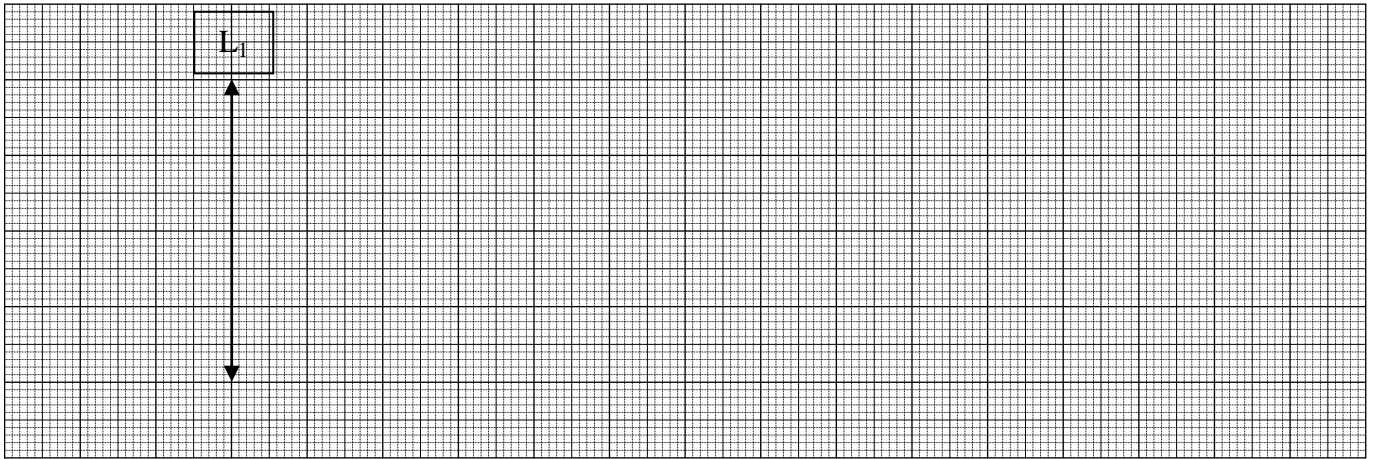
**C - Construction des images et de la marche des rayons lumineux à travers le microscope**

- 6) Sur le schéma du dispositif ci-après, l'échelle horizontale est 1/5 et l'échelle verticale est 1/1. Placer les lentilles, et l'objet AB (représenté par une flèche de hauteur 5 mm). Construire l'image intermédiaire  $A_1B_1$  et l'image définitive  $A'B'$ .

- 7) Construire la marche d'un faisceau lumineux, issu du point objet B et s'appuyant sur les bords de la lentille objectif, à travers tout le microscope.

**D - Cercle oculaire du microscope**

- 8) Définir le cercle oculaire du microscope.
- 9) Soit C le centre du cercle oculaire, déterminer la position du point C par rapport à la lentille oculaire.



### E - Détermination du grossissement du microscope

Ce grossissement est donné par le rapport  $G = \frac{\theta'}{\theta}$  où :

$\theta$  est le diamètre apparent de l'objet **AB**, c'est à dire l'angle sous lequel l'œil voit l'objet à une distance  $d_m = 0,25$  m.

$\theta'$  est l'angle sous lequel l'œil, placé au foyer image  $F'_2$  de l'oculaire, voit l'image définitive **A'B'**.

Les angles  $\theta$  et  $\theta'$ , exprimé en radian étant petits, on fait l'approximation suivante :  $\tan \theta \approx \theta$  et  $\tan \theta' \approx \theta'$

10) Calculer les angles  $\theta$  et  $\theta'$ . En déduire le grossissement  $G$  du microscope.

### EXERCICE 3 : Extraits de la notice d'utilisation d'un télescope (7 points)

#### Notice du télescope :

*Le télescope est un système optique conçu pour l'observation des astres. Le télescope que vous avez acheté s'appelle un télescope réflecteur type Newton. C'est un tube ouvert à une extrémité avec un miroir courbe à l'autre.*

*Les rayons lumineux rentrent par l'extrémité ouverte du tube et viennent frapper le miroir courbe appelé « miroir principal ».*

*Les rayons réfléchis par ce miroir viennent ensuite en frapper un second, appelé « miroir diagonal » (miroir secondaire). Ce petit miroir plan, placé au centre du tube à 45 degrés, renvoie l'image formée par le miroir principal, sur le côté où on l'observe avec l'oculaire qui joue le rôle de loupe.*

*Par suite de la courbure du miroir principal, les rayons de lumière sont courbés pour se concentrer en un point. Le miroir principal d'un télescope doit être poli exactement selon la courbure appropriée afin de garantir le point focal correct. Il est très important que les deux miroirs soient dans le bon alignement pour obtenir les meilleurs résultats.*

*Ce télescope est muni d'une monture équatoriale qui permet le déplacement du tube et donc l'observation d'un astre dans toutes les directions.*

#### Caractéristiques :

Télescope 114/900

Référence : T41

Télescope Newton à miroir alumine, sur monture équatoriale pour toutes observations :

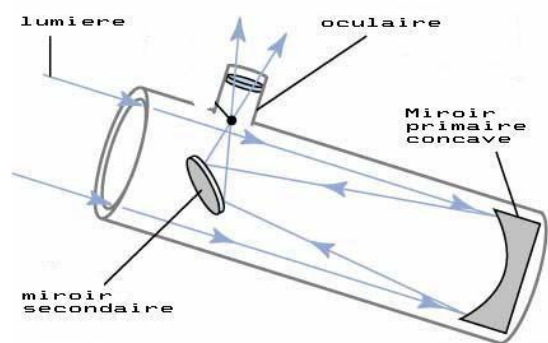
*lunaires, planétaires, stellaires.*

*Diamètre 114 mm ; Focale 900 mm*

*Deux oculaires: 6 mm et 20 mm*

*Grossissements 45x, 150x.*

*Monture équatoriale avec flexibles, motorisable , trépied aluminium.*



#### A - Analyse de la notice.

1) Quels sont les trois éléments optiques constitutifs d'un télescope de type Newton ?

2) Que signifient les indications : Diamètre 114 mm, Focale 900 mm ?

3) Dans la phrase suivante : « Par suite de la courbure du miroir principal, les rayons de lumière sont **courbés** pour se concentrer en un point ».

a) Que représente ce point pour le miroir principal ?

b) Le mot « **courbés** » employé à propos des rayons lumineux est impropre. Pourquoi ?

Quel autre mot l'auteur aurait-il dû utiliser ?

## **B - Analyse du fonctionnement**

Modélisation du télescope de Newton :

Les notations utilisées dans les questions suivantes font référence au schéma de la feuille annexe à consulter, à compléter et à remettre avec la copie. **Ce schéma ne respecte pas les dimensions.**

Dans tout l'exercice, nous modéliserons :

- Le miroir principal par un miroir sphérique de sommet  $S$  et de foyer  $F'_1$  ;
- L'oculaire par une lentille mince convergente de centre optique  $O_2$  et de focale  $f'_2$  et dont l'axe optique est perpendiculaire à celui du miroir principal.
- Le miroir secondaire par un miroir plan dont le milieu  $M$  est placé sur l'axe optique du miroir principal et sur l'axe optique de l'oculaire.

### **Formation des images :**

Le télescope est pointé vers un astre. On assimilera l'astre à un objet  $AB$ , situé à l'infini et vu sous l'angle apparent  $\theta$ , le point  $A$  étant situé sur l'axe du miroir principal. Le miroir principal donne de l'objet  $AB$  une image  $A_1B_1$ .

4) Où se forme l'image  $A_1B_1$  ? Justifier brièvement

5) Quelle est la valeur de la distance  $A_1S$  ? Justifier brièvement.

6) L'image  $A_1B_1$  joue le rôle d'objet pour le miroir secondaire qui en donne une image  $A_2B_2$ . Construire sur le schéma de la feuille annexe l'image  $A_2B_2$ . Justifier brièvement.

L'image  $A_2B_2$  est examinée à travers l'oculaire qui en donne une image définitive  $A'B'$  à l'infini.

7) Comment doit-on placer les foyers image  $F'_2$  et objet  $F_2$  de l'oculaire pour que l'image définitive soit rejetée à l'infini ? Placer les deux foyers sur le schéma de l'annexe.

8.a) Construire, sur l'annexe, deux rayons émergents de l'oculaire et issus de  $B_2$ .

8.b) Construire, à travers la totalité de l'instrument, la marche du faisceau lumineux issu de  $B$  et limité par les deux rayons incidents fléchés. Utiliser des couleurs différentes.

### **Grossissement**

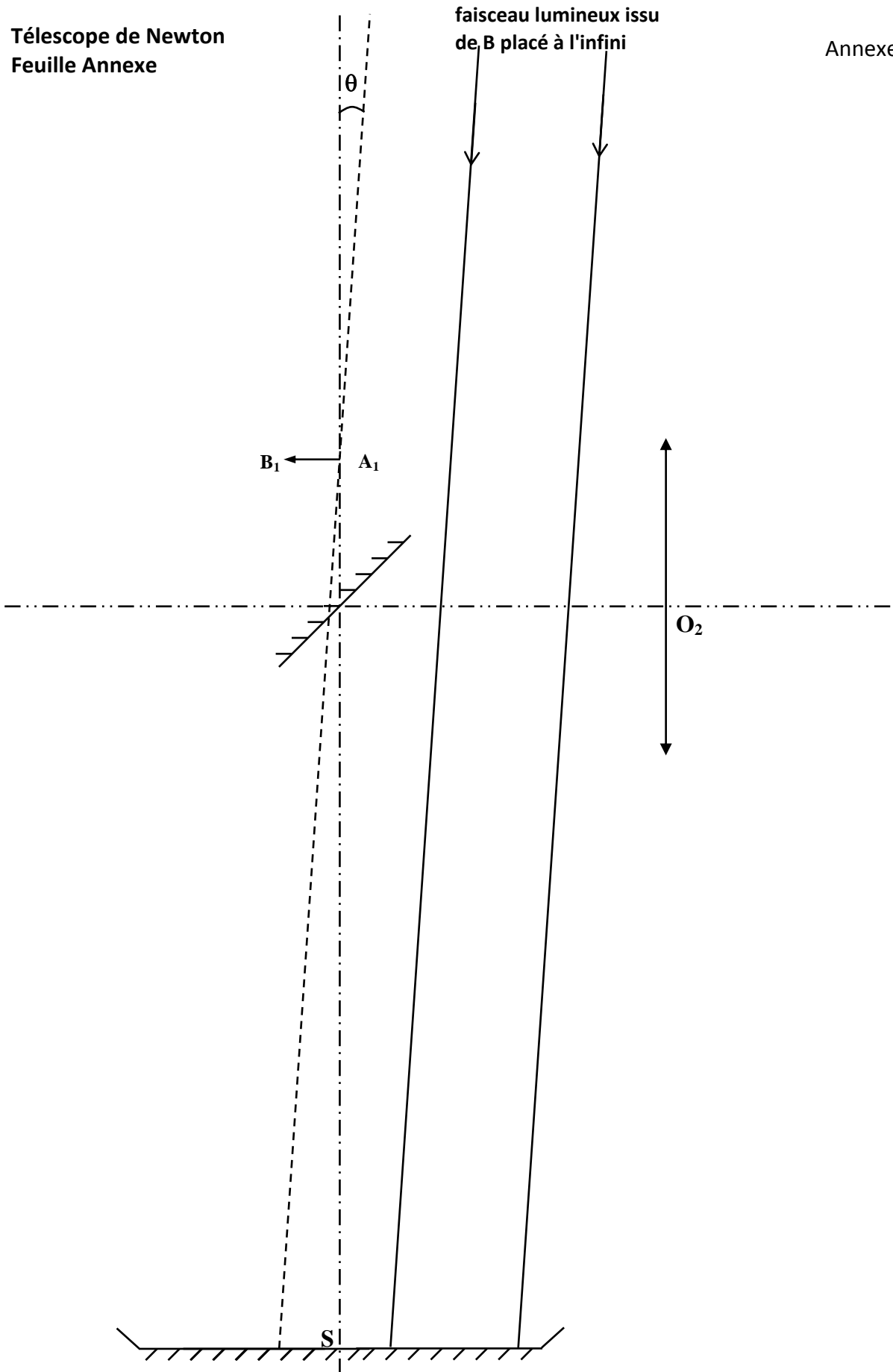
L'observateur qui regarde dans le télescope voit l'image définitive sous l'angle  $\theta'$ .

On définit le grossissement dans le cas d'une vision à l'infini  $G = \frac{\theta'}{\theta}$  ;  $\theta$  et  $\theta'$  sont exprimés en radian.

Les angles sont petits :  $\sin \theta \approx \tan \theta \approx \theta$  (rad).

9) Établir, soigneusement, que le grossissement  $G$  dépend des distances focales de l'objectif et de l'oculaire.

10) Quel oculaire doit-on choisir pour que le grossissement soit  $150\times$  ?



**EXERCICE 1: Chez le dentiste ... (5 points)**

1) La dent AB a une hauteur de 0,5 cm : elle est située à 1,0 cm devant le miroir de focale 20 mm = 2,0 cm. On peut donc placer l'objet AB, le miroir, les points S, F et C (SC = 2SF).

Un rayon issu de B et parallèle à l'axe optique du miroir est réfléchi en passant par F. La direction du rayon réfléchi est prolongée en pointillés après le miroir.

Un rayon issu de B et dont la direction passe par F, est réfléchi parallèlement à l'axe optique. La direction du rayon réfléchi est prolongée en pointillés après le miroir.

Les deux droites en pointillés se coupent en un point B', point image de B par le miroir. On en déduit l'image A'B' de la dent.

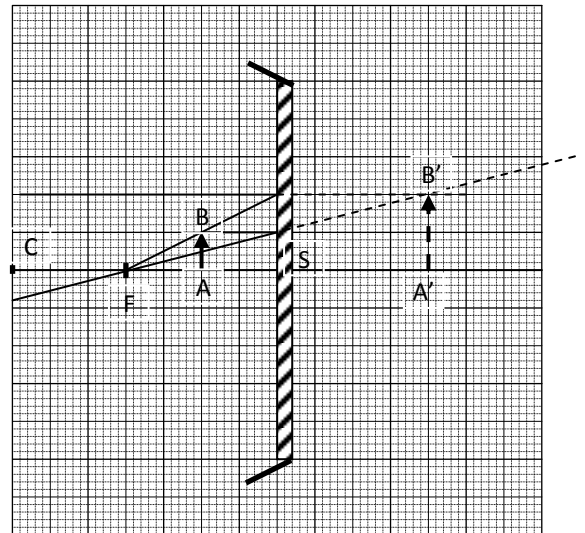
(positions de F, S et AB : 0,75 pt ; A'B' : 0,75 pt)

2) L'image A'B' est droite, virtuelle (donc dessinée en pointillés) et agrandie. (0,5 pt).

3) Grandissement  $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{1,0}{0,5} = 2$  (1 pt).

4) Si on approche la dent du foyer, le rayon issu de B et dont la direction passe par F, est plus incliné par rapport à l'axe optique du miroir. Ainsi la taille de l'image A'B' de la dent augmente. (1 pt).

5) Le dentiste voit l'image de la dent sans accommoder lorsque celle-ci est à l'infini. La dent est alors située dans le plan focal du miroir. (1 pt).

**EXERCICE 2 : Modélisation d'un microscope sur banc optique (9 points)****A - Étude de l'image donnée par l'objectif (2,5 pts).**

1)  $C = \frac{1}{f'}$ , donc  $f' = \frac{1}{C}$  Pour l'objectif  $L_1$ :  $f_1' = \frac{1}{10,0} = 0,100 \text{ m}$  Pour l'oculaire  $L_2$ :  $f_2' = \frac{1}{5,0} = 0,20 \text{ m}$  (0,5 pt)

2)  $\frac{1}{O_1A_1} - \frac{1}{O_1A} = \frac{1}{O_1F_1} = C_1 \Leftrightarrow \frac{1}{O_1A_1} = \frac{1}{O_1A} + C_1$

L'objet est placé à 15 cm du centre optique  $O_1$ , donc  $\overline{O_1A} = -0,15 \text{ m}$ .

$\frac{1}{O_1A_1} = -\frac{1}{0,15} + 10 \Leftrightarrow \overline{O_1A_1} = \frac{0,30}{0,50} = 0,30 \text{ m}$ . L'écran sera placé à 30 cm en arrière de l'objectif  $L_1$ . (1 pt).

3)  $\gamma = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} = \frac{0,30}{-0,15} = -2,0$ .

$\gamma = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}}$  soit  $\overline{A_1B_1} = \gamma \times \overline{AB}$   $\overline{A_1B_1} = -2 \times 5,0 = -10 \text{ mm}$ .

L'image intermédiaire est agrandie et renversée, elle mesure bien 1,0 cm. (0,5 pt + 0,5 pt).

**B - Étude de l'image donnée par l'oculaire (2 pts).**

4) Si l'œil n'accorde pas, c'est que l'image définitive A'B' est rejetée à l'infini.

L'image intermédiaire  $A_1B_1$  doit être située dans le plan focal objet de l'oculaire  $L_2$ . (1 pt)

5) Le diaphragme permet de respecter les conditions de Gauss. Seuls les rayons passant à proximité du centre optique, et peu inclinés par rapport à l'axe optique, sont conservés. Ainsi l'image définitive A'B' possède des contours nets et non irisés mais elle est moins lumineuse. (1 pt)

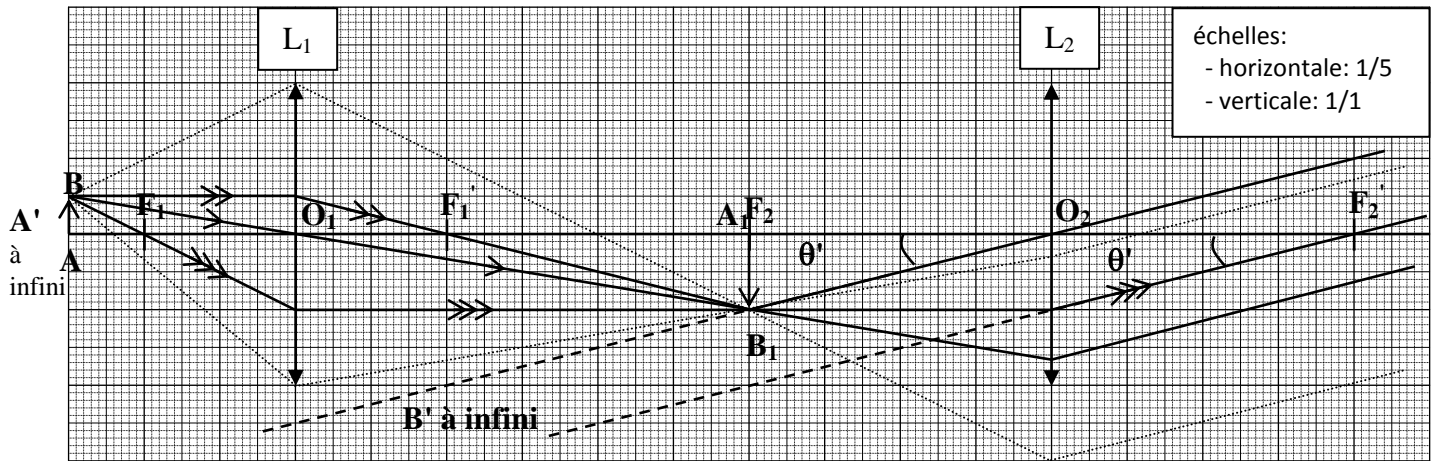
**C - Construction des images et de la marche des rayons lumineux à travers le microscope (1,5 pts).**

6) Voir annexe. Positions des foyers et centres optiques des lentilles

Position de AB,  $A_1B_1$  et A'B'.

Il faut penser à vérifier la cohérence entre la construction réalisée et les calculs précédents. (0,75 pt).

7) Construction du faisceau lumineux. (0,75 pt).



échelles:  
- horizontale: 1/5  
- verticale: 1/1

**D - Cercle oculaire du microscope (1,5 pt).**

8) Le cercle oculaire du microscope est l'image de l'objectif par l'oculaire. **(0,5 pt)**

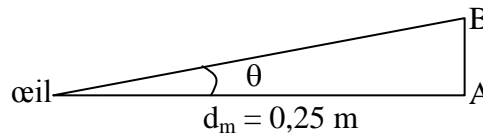
9)  $\frac{1}{O_2C} - \frac{1}{O_2O_1} = \frac{1}{O_2F_2'}$  donc  $\frac{1}{O_2C} = \frac{1}{O_2O_1} + \frac{1}{f_2}$  soit  $O_2C = \left( \frac{1}{O_2O_1} + \frac{1}{f_2} \right)^{-1}$   $O_2C = \left( \frac{1}{-50,0} + \frac{1}{20} \right)^{-1} = 33 \text{ cm } (> f_2)$ . **(1 pt)**

**E - Détermination du grossissement du microscope (1,5 pt).**

10)  $\theta'$  diamètre apparent de l'image définitive:

Dans le triangle  $O_2A_1B_1$  rectangle en  $A_1$ :  $\tan \theta' = \frac{A_1B_1}{O_2F_2}$ . Comme  $\theta'$  petit et exprimé en radians, alors  $\tan \theta' = \theta' = \frac{A_1B_1}{O_2F_2}$

$\theta' = \frac{1,0}{20} = 5,0 \times 10^{-2} \text{ rad}$



$\theta$  diamètre apparent de l'objet:

$\tan \theta = \frac{AB}{d_m}$ . Comme  $\theta$  petit et exprimé en radians, alors  $\tan \theta = \theta = \frac{AB}{d_m}$

$\theta = \frac{0,50}{25} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ rad}$

grossissement:  $G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{5,0 \times 10^{-2}}{2,0 \times 10^{-2}} = 2,5$  **(0,5 + 0,5 + 0,5).**

**EXERCICE 3 : Étude du télescope de Newton (7 points)**

**Partie A : Questions sur la notice (2,5 pts).**

1) Un télescope de Newton contient trois systèmes optiques :

- (1) Miroir sphérique concave (= miroir principal)
- (2) Miroir plan (=miroir secondaire)
- (3) Oculaire. **(1 pt)**

2) Il s'agit des caractéristiques du **miroir principal** : son **diamètre** est de 114 mm et sa **distance focale** est de 900 mm. **(0,5 pt).**

3.a) Ce point représente le **foyer F** du miroir. **(0,5 pt).**

3.b) Le mot « **courbés** » est impropre car la lumière se propage en **ligne droite**.

L'auteur aurait dû utiliser le mot « **convergent ...** ». **(0,5 pt).**

**Partie B : Analyse du fonctionnement (4,5 pts).**

**Formation des images**

4) L'objet étant à l'infini, l'image  $A_1B_1$  se forme dans le plan focal du miroir primaire. **(0,5 pt).**

5) Le point image  $A_1$  est donc confondu avec le foyer  $F_1$  du miroir, donc :  $A_1S = SF_1 = 900 \text{ mm}$  **(0,5 pt).**

6) Voir figure en annexe.  $A_1B_1$  et  $A_2B_2$  sont **symétriques** par rapport au miroir plan M. **(0,5 pt)**.

7) Pour que l'image définitive  $A'B'$  soit rejetée à l'infini, il faut que  $A_2B_2$  soit située dans le plan focal objet de l'oculaire. Donc  $A_2$  et  $F_2$  sont confondus. Enfin  $F_2$  et  $F'_2$  sont **symétriques par rapport au centre optique  $O_2$** . **(0,5 pt)**.

8.a)  $B_2$  étant rejetée à l'infini les rayons émergents sont **parallèles** entre eux.

On trace le rayon issu de  $B_2$ , passant par  $O_2$  sans être dévié.

Et on trace un rayon issu de  $B_2$  parallèle à l'axe optique de l'oculaire, il émerge en passant par  $F'_2$ .

Voir figure en annexe. **(0,5 pt)**.

8.b) Les rayons issus de B viennent frapper le miroir sphérique, ils sont réfléchis et vont converger vers  $B_1$ . Ils sont réfléchis par le miroir plan M, et se dirigent vers  $B_2$ . Ils émergent de l'oculaire parallèlement aux deux autres rayons tracés à la question précédente.

**(1 pt)**.

### Grossissement

9) Dans le triangle  $O_2F_2B_2$ , rectangle en  $F_2$  :  $\theta' = \tan \theta' = \frac{A_2B_2}{O_2F_2}$  soit  $\theta' = \frac{A_2B_2}{f'_2}$

Dans le triangle  $A_1B_1K$ , rectangle en  $B_1$  :  $\theta = \tan \theta = \frac{A_1B_1}{KB_1} = \frac{A_1B_1}{A_1S}$  et  $A_1S = f'_1$  soit  $\theta = \frac{A_1B_1}{f'_1}$

or  $A_1B_1 = A_2B_2$  donc  $\theta' = \frac{A_1B_1}{f'_2}$

$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{A_1B_1}{f'_2} \cdot \frac{f'_1}{A_1B_1}$  donc  $G = \frac{f'_1}{f'_2}$  **(0,5 pt)**

10)  $f'_2 = \frac{f'_1}{G}$  ;  $f'_2 = \frac{900}{150} = 6,00 \text{ mm}$  donc on choisit l'oculaire de focale 6 mm. **(0,5 pt)**.

Télescope de Newton  
Feuille Annexe

Annexe

faisceau lumineux issu  
de B placé à l'infini

