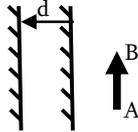


## OG2 – Miroirs et Lentilles

### Exercice 26 : Translation d'un miroir plan

Un miroir plan est traduit d'une distance  $d$  suivant le dessin ci-contre. De quelle distance l'image d'un objet se déplace-t-elle alors ?

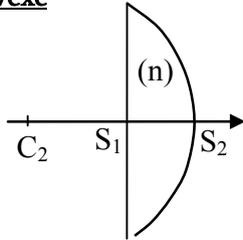


### Exercice 27 : Construction des images par une lentille

- Placer une lentille convergente ou divergente
- Placer un objet réel ou virtuel (on le choisira successivement à l'infini, avant le foyer, dessus, après ou virtuel... tous les cas vus dans l'interrogation technique...)
- Construire l'image à l'aide des trois rayons fondamentaux
- Redémontrer les relations de conjugaison au sommet (relation de Descartes) et aux foyers (relation de Newton)

### Exercice 28 : Lentille plan-convexe

Trouver l'expression de la vergence d'une lentille plan-convexe en fonction de l'indice  $n$  de la lentille et du rayon géométrique  $R$  de la surface de sortie.



### Exercice 29 : Diamètre apparent d'un astre

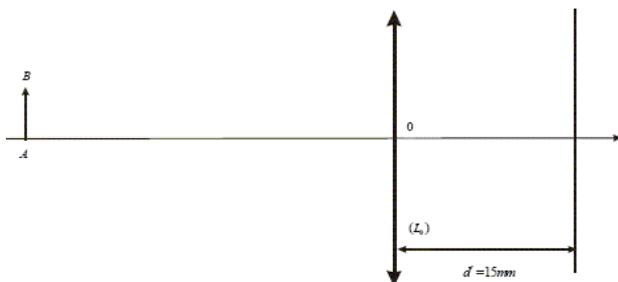
Une étoile est vue d'une lentille convergente de vergence  $V = 1 \delta$  sous un diamètre apparent de 1 minute d'angle. Déterminer la taille de son image.

### Exercice 30 : Distance Objet réel / Image réelle

Rechercher la distance minimale objet réel - image réelle à l'aide d'une lentille mince convergente.

### Exercice 31 : A la recherche des foyers

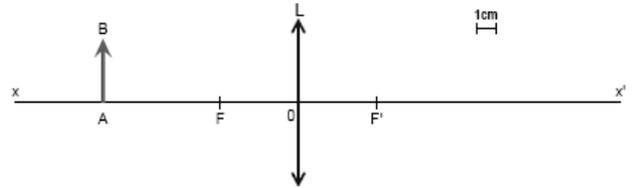
On suppose que l'image de l'objet AB se forme sur l'écran. Déterminer graphiquement, dans le cadre de l'approximation de Gauss, les positions des foyers image,  $F'$  et objet de la lentille sur la figure ci-dessous :



- Retrouver le résultat par le calcul (en mesurant la distance  $OA$ , en déduire les distances focales de cette lentille...)

### Exercice 32 : Loupe

Le système optique à étudier est une lentille mince convergente  $L$  de distance focale  $f' = \overline{OF'} = 4 \text{ cm}$ . Dans un premier temps l'objet est situé à  $\overline{OA} = -10 \text{ cm}$  de la lentille.



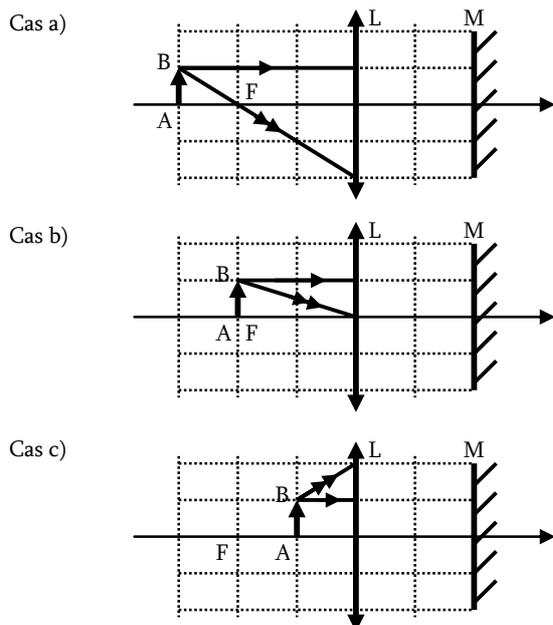
1. Redessiner le schéma à l'échelle et construire l'image A'B'.
  2. Utiliser la relation de conjugaison pour retrouver la valeur de  $\overline{OA'}$ , distance entre l'image A'B' et la lentille.
- La lentille va être utilisée pour réaliser une loupe et pour cela, l'objet va être placé à  $\overline{OA} = -3 \text{ cm}$  de la lentille.
3. Redessiner le schéma à l'échelle et construire l'image A'B'. L'image A'B' est-elle réelle ou virtuelle ? La lentille joue-t-elle le rôle de « loupe » ?
  4. Utiliser la relation de conjugaison pour retrouver la valeur de  $\overline{OA'}$ , distance entre l'image A'B' et la lentille.

### Exercice 33 : Quelques petits problèmes de Lentilles

1. Est-il possible d'obtenir une image virtuelle en utilisant une lentille convergente ? Représenter la situation.
2. Une chandelle de 10 cm de hauteur, incluant la flamme, est située à 37,5 cm d'une lentille convergente dont la longueur focale est de 26,5 cm. À quelle distance de la lentille se formera l'image ?
3. Un objet de 2 m de hauteur est situé à 2,2 m d'une lentille divergente dont la longueur focale est de 4 m. Quelle sera la hauteur, en centimètres, de l'image formée ?
4. Un objet de 9 cm de hauteur est situé à 22 cm d'une lentille convergente dont la longueur focale est de 5 cm. À quelle distance du foyer principal image, en centimètres, se situera l'image ?
5. Un objet (bougie) situé à 63 cm d'une lentille divergente possède une hauteur de 30 cm. Sachant que l'image formée a une hauteur de 9,1 cm et est située à 19,1 cm de la lentille, à quelle distance, en centimètres, se trouve-t-elle du foyer principal image ?
6. À quelle distance d'une lentille convergente, dont la longueur focale est de 1,5 cm, doit-on placer un objet pour obtenir une image trois fois plus grande ?
7. On place une source lumineuse à mi-chemin entre le foyer principal et le centre d'une lentille divergente dont la longueur focale est de 5 cm. De quel foyer s'agit-il ? À quelle distance de ce foyer principal, en centimètres, se trouve l'image ?
8. La longueur focale d'une lentille convergente est de 93 cm. Sachant que la hauteur de l'image est de 7,4 cm plus grande que celle de l'objet, qui est situé à 39,5 cm de la lentille, quelle est la hauteur de l'objet en centimètres ?

**Exercice 34 : Autocollimation d'une lentille convergente**

AB est un objet, L une lentille mince convergente et M un miroir plan dont la normale est parallèle à l'axe optique de L. La distance focale de L est égale à deux unités de longueur du quadrillage. Soit B<sub>1</sub> l'image donnée par la lentille L du point B, puis B<sub>2</sub>, l'image donnée par le miroir du point B<sub>1</sub> et enfin B' l'image finale que donne L de B<sub>2</sub>.

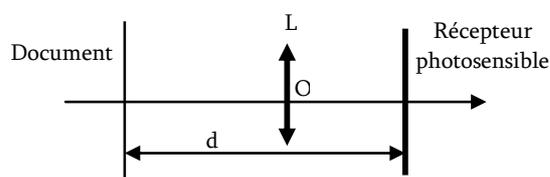


1. Pour chaque cas de la figure ci-dessus, tracer le trajet des deux rayons partant du point B, pour construire ses images successives.
2. Retrouver dans le cas de figure (a), par le calcul, les positions de ces images : on prendra le centre optique de la lentille comme origine : le point B est donc en (-3,1).
3. Donner un argument simple permettant de déterminer le grandissement transversal du système sans faire de calculs dans les trois cas de figure. On donnera la valeur algébrique de ce grandissement.
4. Dans la configuration (b), l'image et l'objet sont dans le même plan. Que se passerait-il si l'on déplaçait le miroir, en conservant son plan perpendiculaire à l'axe optique de la lentille ?
5. Toujours dans la configuration (b), que se passerait-il si l'on inclinait le miroir (c'est-à-dire si l'on écartait sa normale de l'axe optique de la lentille) ?
6. Conclusion : Pourquoi dit-on que l'ensemble des deux éléments (objet AB et lentille L dans la configuration b) constitue un collimateur ?
7. Comment procéder pratiquement pour déterminer la distance focale d'une lentille mince convergente avec cette méthode ?

**Exercice 35 : Modélisation d'un photocopieur**

Un photocopieur permet la reproduction d'un document original, avec un grandissement réglable. Le système optique, qui comprend plusieurs lentilles dont on peut modifier les positions respectives, forme une image de l'original sur un tambour photosensible. La distance entre le document et ce tambour est fixe, de valeur  $d = 384\text{mm}$ .

Le système optique est en fait équivalent à une unique lentille mince convergente L, de centre O, dont on peut ainsi régler la position et la distance focale  $f$ . On se propose de déterminer, pour un grandissement  $\gamma$  voulu, la position et la distance focale  $f$  nécessaires.



L'image d'une portion AB du document sera désignée par A'B'. Le point A est sur l'axe optique.

1. Exprimer les distances AO et  $f$  en fonction de  $d$  et de  $\gamma$
2. Effectuer l'application numérique dans les 3 cas suivants :
  - A4 reproduit en A4 (grandeur nature)
  - A4 reproduit au format A3 (surface double)
  - A4 reproduit au format A5 (surface moitié)

**Exercice 36 : Focométrie – Quelques méthodes**

La focométrie est tout simplement la mesure de distance focale

**A. Méthode de Bessel**

- A.1. On place un objet réel AB (A sur l'axe optique) devant une lentille convergente de distance focale  $f'$ , et on cherche à obtenir une image réelle A'B'. En étudiant différentes positions de cet objet, trouver la distance AA' minimale à laquelle l'image peut se trouver ? Quel est le cas limite ?
- A.2. On fixe maintenant l'objet AB par rapport à l'écran à une distance D. Montrer que si  $D > 4f'$ , il existe deux positions O<sub>1</sub> et O<sub>2</sub> de la lentille pour lesquelles on observe une image nette sur l'écran. (On utilisera la relation de conjugaison qui donne une équation du second degré)
- A.3. Montrer qu'on a alors l'expression  $f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$ , ( $d = O_1O_2$ ).
- A.4. Il s'agit en fait d'une méthode pour mesurer la distance focale d'une lentille. On mesure l'écart entre les deux positions où l'image est nette et on en déduit  $f'$ . AN :  $D = 40\text{cm}$  et  $d = 10\text{cm}$ . Calculer  $f'$ .

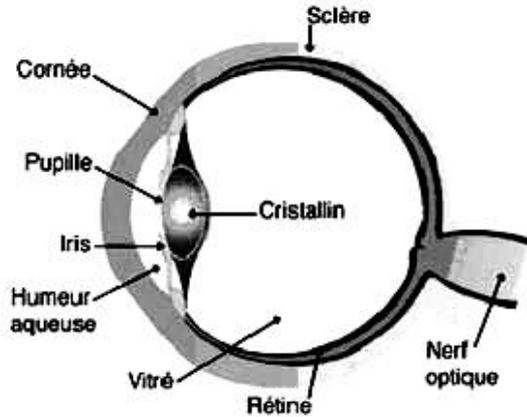
**B. Méthode de Silbermann**

En agissant simultanément sur les positions de l'écran (D n'est plus invariable) et de la lentille, on peut réaliser une image A'B' égale en grandeur, mais inversée par rapport à l'objet AB.

- B.1. Déterminer dans ce cas  $f'$  en fonction de D.
- B.2. Commenter dans les deux cas l'aspect expérimental. A la vue de la question A.1, comment peut-on être sûr que l'on est bien à la position demandée ?

## OG2 – Modèles de l'œil

### Exercice 37 : Quelques caractéristiques de l'œil



#### L'œil normal :

L'œil normal, ou emmétrope observe sans accommoder des objets situés à l'infini. En accommodant, il peut voir des objets plus proches, jusqu'à son punctum proximum (noté PP).

1. Le pouvoir séparateur angulaire d'un œil normal est de l'ordre de  $\Delta\alpha = 5.10^{-4}$  rad. En déduire un ordre de grandeur de la taille caractéristique  $h$  d'une cellule rétinienne, en assimilant le cristallin à une lentille convergente de focale  $f' = 1,5$  cm.
2. Quelle est la taille maximale d'un objet que l'œil peut distinguer à 1m (on distingue l'objet si son image couvre au moins une cellule rétinienne) ?
3. Soit un objet A situé à une distance  $d > PP$  de cet œil. Si R est le rayon de la pupille, qui joue le rôle d'un diaphragme, déterminer le rayon  $r$  de la tache image associée à l'objet A si l'œil n'accomode pas.
4. On considère que l'objet A ponctuel est vu de façon nette si  $r < h$ . Justifier ce critère.  
Si R = 1mm, calculer la distance minimale d'un objet qui est vu net en même temps qu'un autre objet à l'infini. Conclure sur la profondeur de netteté de l'œil.
5. Quelle est la distance focale du cristallin correspondant à la valeur communément admise pour le PP : 25cm ? Comparer à la valeur au repos :  $f' = 1,5$  cm.
6. On place un objet plus près que le PP. Faire la construction et justifier que l'on voit une image floue (le cristallin étant comprimé au maximum  $\rightarrow$  valeur de la question 5).

#### Myopie :

Un œil myope est un œil dont le cristallin est trop convergent. Son punctum proximum (PP) et son punctum remotum (PR) sont plus proches de l'œil que pour un œil emmétrope.

7. Que voit-il s'il observe un objet placé à l'infini ? Pourquoi n'arrive-t-il pas à accommoder ?

8. En supposant que la rétine se trouve à 1,5cm et que le cristallin myope peut être assimilé à une lentille convergente de focale  $f' = 1,48$ cm, calculer le nouveau PR.
9. Si son PP = 12cm, quelle est la distance focale correspondante ? Commenter.
10. On souhaite corriger cet œil afin que ses limites de vision distinctes soient celles d'un œil normal. A l'aide de la relation de conjugaison au sommet, démontrer que deux lentilles minces  $L_1$  et  $L_2$  accolées en O, de même axe optique principal, de distances focales respectives  $f'_1$  et  $f'_2$ , sont équivalentes à une seule lentille mince de centre optique O et de distance focale  $f'_{eq}$  telle que :

$$V_{eq} = V_1 + V_2 \Leftrightarrow \frac{1}{f'_{eq}} = \frac{1}{f'_1} + \frac{1}{f'_2}$$

11. On utilise des verres de contact (des « lentilles »). Déterminer la distance focale image des verres de contact utilisés en supposant que le système verre de contact-cristallin est accolé. Préciser la nature des verres. Commenter la valeur obtenue.

#### Presbytie :

Avec l'âge, le champ de vision d'un œil emmétrope ou myope est réduit par la presbytie, qui caractérise la diminution de la capacité du cristallin à se déformer pour permettre l'accommodation. On modélise le cristallin par une lentille de focale  $f'_0$  constante pour l'œil presbyte, et la rétine par un écran situé à la distance  $d_0 = 15$ mm du cristallin.

12. Un œil normal presbyte voit net un objet situé à l'infini. Quelle est la relation entre  $f'_0$  et  $d_0$  ?
13. Une personne presbyte lit un journal placé à 25cm de ses yeux. Le rayon  $r_0$  de la pupille de l'œil est de 1,0mm. Calculer le diamètre de la tache image, sur la rétine, d'un point du journal. Conclure.
14. Comment corriger la vision de cet œil ? Est-il possible d'avoir une correction pour tout le champ de vision ?
15. Et lorsqu'un œil myope vieillit, que pensez-vous de la tache correspondante au journal à 25cm ? Commenter.

#### Hypermétropie :

Un œil hypermétrope est un œil dont le cristallin n'est pas assez convergent, ce qui a comme conséquence de repousser son punctum proximum par rapport à un œil normal. Considérons un œil hypermétrope dont le PP est à 50cm. En accommodant, il fait varier sa vergence  $\Delta V = 4\delta$ .

16. Quelle doit être la vergence d'un verre de contact (supposé accolé au cristallin) pour que le PR de l'ensemble soit à l'infini ?
17. Où est alors situé le PP de l'œil corrigé ?
18. Comment ces résultats sont modifiés si l'on utilise un verre correcteur placé à 1,0 cm du cristallin ?

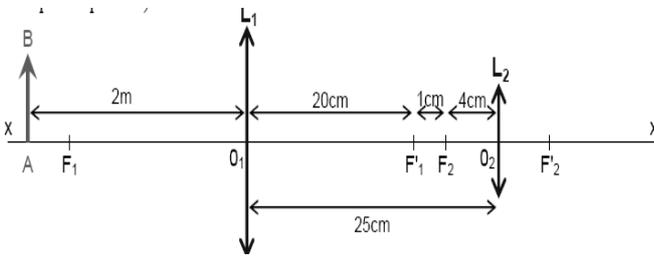
**OG2 – Systèmes Optiques**

**Exercice 38 : Lunette astronomique**

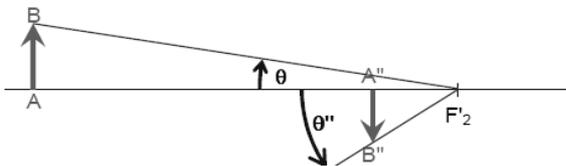
Le système optique à étudier est une lunette astronomique "bas de gamme" constituée de deux lentilles  $L_1$  et  $L_2$  convergentes. Cette lunette va être utilisée pour une observation terrestre. Les caractéristiques du système sont :

- $\overline{O_1F'_1} = 20 \text{ cm}$  (Distance focale lentille  $L_1$ )
- $\overline{O_2F'_2} = 4 \text{ cm}$  (Distance focale lentille  $L_2$ )
- $\overline{O_1O_2} = 25 \text{ cm}$  (Distance entre les deux lentilles)
- $\overline{O_1A} = -2 \text{ m}$  (Distance entre l'objet observé et la  $L_1$ )
- $\overline{AB} = 10 \text{ cm}$  (Taille de l'objet)

Les caractéristiques géométriques sont résumées sur le schéma ci-dessous (les échelles ne sont pas respectées) :



- Déterminer, par le calcul, la position  $\overline{O_1A'}$  et la taille (algébrique)  $\overline{A'B'}$  de l'image formée par la lentille  $L_1$ . L'image est-elle réelle ou virtuelle ?
- Dessiner  $A'B'$  et la lentille  $L_2$ .
- Déterminer, par le calcul, la position  $\overline{O_2A''}$  et la taille (algébrique)  $\overline{A''B''}$  de l'image formée par la lentille  $L_2$  à partir de l'objet  $A'B'$ . L'image est-elle réelle ou virtuelle ?
- Placer  $A''B''$  sur le schéma.
- L'œil de l'observateur est placé au point  $F_2'$ . Déterminer alors le grossissement  $G$  de la lunette en utilisant les indications ci-dessous :  $G = \frac{\theta''}{\theta}$

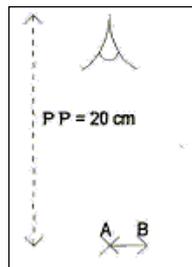


**Exercice 39 : Microscope**

**A- Observation d'un objet AB à l'œil nu :**

On place l'œil à 20 cm de l'objet ( $AB=10^{-3}\text{m}$ ) soit au punctum remotum (distance minimale permettant la vision nette). Le pouvoir séparateur de l'œil (le plus petit angle que l'on puisse visualiser) est égal à  $3 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$ .

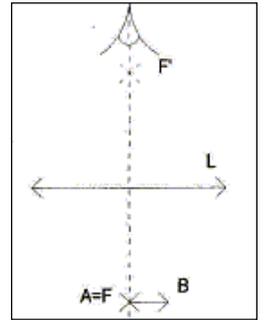
- Peut-on séparer les deux points A et B à l'œil nu ? Justifier par un calcul.



**B- Observation avec une loupe :**

Une loupe est une lentille mince convergente de distance focale  $f = 5 \text{ cm}$ . Pour une observation confortable, on place la loupe telle que son foyer objet F soit confondu avec A.

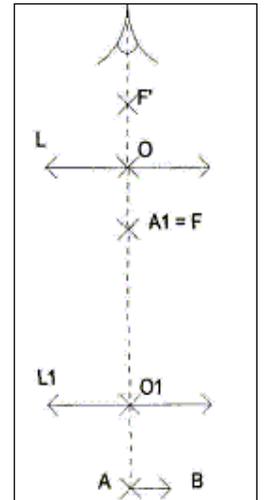
- Sous quel angle visualise-t-on AB à travers la loupe ? L'utilisation de la loupe permet-elle de séparer A et B ?



**C- Observation avec microscope :**

L'objet AB est placé devant la première lentille  $L_1$  (objectif) d'un microscope de telle sorte que l'image  $A_1$  de A à travers  $L_1$ , soit confondue avec F, foyer objet de la deuxième lentille (oculaire) du microscope. La distance focale de l'oculaire vaut  $f = 3 \text{ cm}$ .

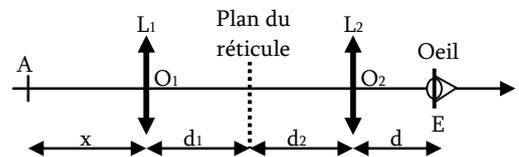
- Déterminer la grandeur algébrique  $\overline{A_1B_1}$  de l'image donnée par la lentille  $L_1$  sachant que  $\overline{AO_1} = 1,2 \text{ cm}$  et  $\overline{O_1A_1} = 14,4 \text{ cm}$ .
- Sous quel angle visualise-t-on  $A_1B_1$  à travers l'oculaire ? Faire une figure correspondante.
- L'utilisation du microscope permet-elle de séparer A et B ?



**Exercice 40 : Réglage d'un viseur**

Le viseur est un instrument intermédiaire entre le microscope, qui sert à examiner des objets très rapprochés, et la lunette, qui sert à observer des objets très éloignés. Il comporte :

- Deux lentilles convergentes  $L_1$  (objectif) et  $L_2$  (oculaire), de centres optiques  $O_1$  et  $O_2$  et de distances focales  $f_1' = 3,0\text{cm}$  et  $f_2' = 2,0\text{cm}$ .
- Un réticule (ensemble de deux fils très fins disposés en croix de centre O dans un plan perpendiculaire à l'axe optique).



Les distances  $O_1O = d_1$  et  $OO_2 = d_2$  sont réglables de manière à ce que l'œil placé en E à une distance  $d = 2,0\text{cm}$  de l'oculaire puisse voir nettes simultanément l'image du réticule et celle d'un objet repéré par la distance  $AO = x$  ( $x > 0$ ).

**1. Réglage de la distance réticule – oculaire**

Un œil normal peut voir nets des objets situés à une distance supérieure à  $d_m = 25\text{cm}$ , appelée distance minimale de vision distincte (punctum proximum).

- Quelle est la valeur de  $d_2$  permettant d'obtenir une image nette du réticule à travers l'oculaire dans le cas où l'œil observe à la distance minimale de vision distincte ?
- Quelle est la valeur de  $d_2$  dans le cas où l'œil observe à l'infini ? Quel est l'intérêt de cette situation ?

## 2. Réglage de la distance objectif – réticule

On conserve le réglage précédent où l'œil observe à l'infini. On vise ensuite un objet situé à la distance  $x = 4f_1'$  du réticule, c'est-à-dire que l'on règle  $d_1$  de manière à voir nettement à la fois l'image du réticule et celle de l'objet. Vérifier que cette condition de netteté est réalisée si  $d_1 = 2f_1'$ .

### Exercice 41 : Doublet optique de Huygens

On considère un doublet de lentilles minces définissant un doublet optique, caractérisé par la donnée de trois nombres :  $f_1'$ ,  $e = \overline{O_1O_2}$ , et  $f_2'$ . Un doublet de Huygens est du type  $f_1' = 3a$ ,  $e = 2a$ , et  $f_2' = a$ .

On prendra pour les applications numériques  $a = 2,0\text{cm}$  et on notera  $\Delta = \overline{F_1'F_2'}$

- Placer sur l'axe optique, en effectuant une construction à l'échelle, les foyers de ( $L_1$ ) et ( $L_2$ ) et déterminer par construction géométrique les foyers objet et image du doublet, notés respectivement  $F$  et  $F'$ .
- Vérifier ces résultats en déterminant algébriquement  $\overline{F_1'F}$  et  $\overline{F_2'F'}$  (Avec la relation de conjugaison au foyer).

### Exercice 42 : Grossissement standard d'un microscope

L'objectif  $L_1$  et l'oculaire  $L_2$  ont respectivement pour distances focales  $f_1'$  et  $f_2'$ . L'intervalle optique, distance entre les foyers image  $F_1'$  de  $L_1$  et objet  $F_2$  de  $L_2$ , est noté  $\Delta$ . Dans tout l'exercice, les angles seront supposés suffisamment petits pour que l'on puisse effectuer les approximations d'usage.

#### 1. Construction des images

- Quelle position l'image intermédiaire  $A_1B_1$  de l'objet  $AB$  doit-elle occuper par rapport à l'oculaire pour que l'image finale  $A'B'$  soit rejetée à l'infini ?
- Quel est l'intérêt de cette configuration pour l'œil ?
- Donner le schéma de principe d'un tel microscope en faisant apparaître la construction des images  $A_1B_1$  et  $A'B'$  (on ne demande pas de respecter une échelle précise).

#### 2. Grossissement standard du microscope

Le grossissement d'un microscope dépend des conditions d'observation. La définition du grossissement standard suppose que l'œil observe une image  $A'B'$  rejetée à l'infini.

- Exprimer le grandissement  $\gamma_1$  de l'objectif en fonction de  $\overline{A_1B_1}$  et de  $\overline{AB}$ . En déduire la relation :  $\gamma_1 = -\frac{\Delta}{f_1'}$ .

- Le grossissement standard de l'oculaire  $G_2$  est le rapport de l'angle  $\alpha'$  sous lequel est vue l'image finale  $A'B'$  à l'angle  $\alpha_1$  sous lequel serait vue l'image intermédiaire  $A_1B_1$ , à l'œil nu, à la distance minimale de vision distincte  $d_m = 25\text{cm}$ . Montrer qu'on a la relation :  $G_2 = \frac{d_m}{f_2'}$

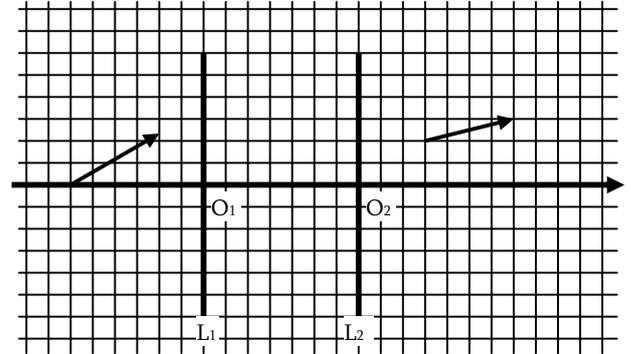
- On montre que le grossissement standard du microscope est le produit du grandissement de l'objectif par le grossissement de l'oculaire ( $G = |\gamma_1|G_2$  en valeur arithmétique).

Calculer le grossissement de l'appareil étudié.

Données :  $f_1' = 2,0\text{mm}$  ;  $f_2' = 2,5\text{cm}$  ;  $\Delta = 18\text{cm}$ .

### Exercice 43 : Tracé de Rayons

On étudie un doublet comportant deux lentilles  $L_1$  et  $L_2$ , de centres respectifs  $O_1$  et  $O_2$  représenté sur la figure ci-après. Sur la gauche un rayon incident pénètre dans le système et émerge sur la droite, comme indiqué. Un carreau correspond à 1cm.



- Ce système est-il globalement convergent ou divergent ? (Justifier rapidement)
- Compléter le trajet du rayon lumineux.
- En déduire la nature de chacune des deux lentilles (convergente ou divergente ?).
- Soient  $F_1$  et  $F_1'$  les foyers objet et image de la lentille  $L_1$ ,  $F_2$  et  $F_2'$ , les foyers objet et image de la lentille  $L_2$ . Trouver graphiquement la position de ces foyers. Evaluer les valeurs algébriques  $\overline{O_1F_1'}$  et  $\overline{O_2F_2'}$ .
- Qu'appellent-on foyer objet  $F$ , foyer image  $F'$  d'un système optique ? Trouver graphiquement la position de ces foyers. Préciser les valeurs algébriques  $\overline{O_1F}$  et  $\overline{O_1F'}$ .
- Si  $\overline{O_1F_1'} = 4\text{cm}$ ,  $\overline{O_2F_2'} = -2\text{cm}$  et  $\overline{O_1O_2} = 7\text{cm}$ , déterminer par le calcul les valeurs algébriques  $\overline{O_1F}$  et  $\overline{O_1F'}$ .