



# Exercices de la séquence n°15

## Le télescope

### EXERCICE 1 : miroirs



Une version interactive de cet exercice est proposée sur le site des collections numériques !

1. En se plaçant devant un miroir, on voit son image avec un grandissement de 1, quelle que soit la distance à laquelle on se trouve. Ce miroir est :
  - un miroir plan
  - un miroir sphérique concave
2. L'image précédente est :
  - réelle
  - virtuelle
3. En se plaçant devant un autre miroir, on voit son image droite et agrandie. Ce miroir est :
  - un miroir plan
  - un miroir sphérique concave
4. En s'éloignant de ce miroir :
  - on verra une image droite et agrandie à toute distance ;
  - on finit par obtenir une image renversée et rétrécie.
5. On dispose d'un miroir sphérique concave, que l'on souhaite utiliser comme objectif d'un télescope. On applique le protocole suivant :
  - placer le miroir face au paysage ;
  - avec un demi-écran, chercher la position de l'image du paysage ;
  - mesurer alors la distance miroir – écran.La distance obtenue est :
  - la distance focale du miroir ;
  - le rayon de courbure du miroir.

### EXERCICE 2 : miroirs de salle de bain



Une version interactive de cet exercice est proposée sur le site des collections numériques !

Florence possède dans sa salle de bains deux miroirs, notés  $M_1$  et  $M_2$ .  $M_1$  donne une image agrandie quand on se regarde dedans, tandis que  $M_2$  donne une image sans agrandissement, quelle que soit la distance à laquelle on se place.

1. Quelle est la forme de  $M_1$  ? Quelle est celle de  $M_2$  ? Répondre sans justifier.
2. Quand elle se regarde à travers le miroir  $M_1$  en se plaçant proche de l'endroit où il se trouve, Florence se voit plus grande que dans la réalité et à l'endroit. Faire une figure qui illustre cette situation. On y représentera :
  - le miroir, son centre  $C$  et son foyer  $F$  ;
  - un objet  $AB$  modélisant le visage de Florence ;
  - l'image  $A'B'$  de son visage et deux rayons de lumière interprétant sa formation.
3. Lorsqu'elle s'éloigne de  $M_1$ , au-delà d'une certaine distance, Florence se voit au contraire à l'envers et plus petite qu'en réalité : faire une nouvelle figure illustrant cette situation, reprenant les mêmes éléments que la précédente.
4. En étudiant le miroir  $M_1$  plus finement, Florence constate qu'elle se voit agrandie et à l'endroit à condition d'être placée à moins de 35 cm de lui. Que vaut son rayon de courbure ?

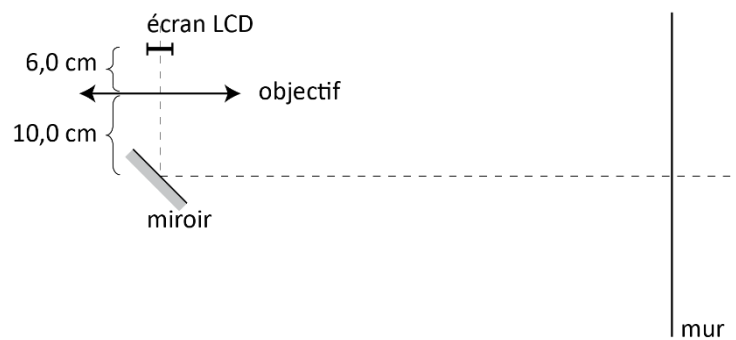
### EXERCICE 3 : le miroir sphérique

Un objet AB de 10cm de haut est placé 60cm devant un miroir sphérique convergent de rayon  $R = 40,0$  cm.

1. Que vaut la distance entre le centre et le sommet de ce miroir ?
2. Définir et calculer sa distance focale.
3. Faire un schéma à l'échelle 1/10 et placer les points S, F et C.
4. Construire l'image A'B' de l'objet AB par le miroir sphérique.

### EXERCICE 4 : le vidéoprojecteur à miroir

Les vidéoprojecteurs qui équipent les salles de classe sont souvent des appareils dit « à miroirs », permettant, lorsqu'ils sont fixés au plafond, de faire l'image sur le tableau blanc. Leur principe est illustré par la figure suivante. Un écran LCD, éclairé par une source de lumière blanche de forte puissance, est placé à 6,0 cm d'un objectif assimilable à une lentille convergente. Derrière cette lentille se trouve un miroir plan qui permet de projeter l'image sur le mur vertical.



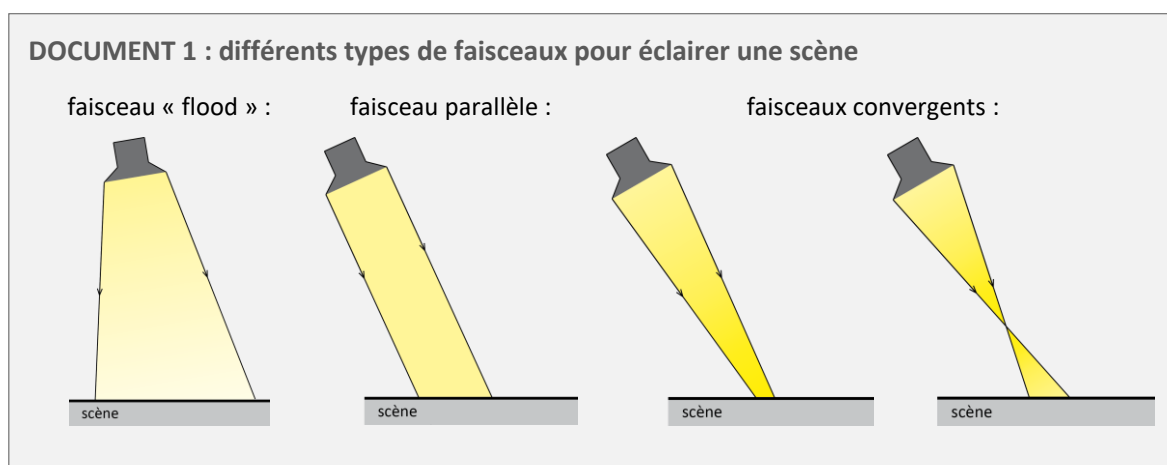
Dans une salle de classe, il faut faire la netteté sur un mur placé à 1,5m du miroir. L'objectif initial de l'appareil étant ébréché, le personnel de l'établissement envisage de le remplacer par une lentille convergente du laboratoire. Que vaut alors la distance focale de la lentille à choisir ? Pour répondre, présenter tous les calculs utiles et expliciter clairement la démarche suivie.

### EXERCICE 5 : étude d'un spot d'éclairage



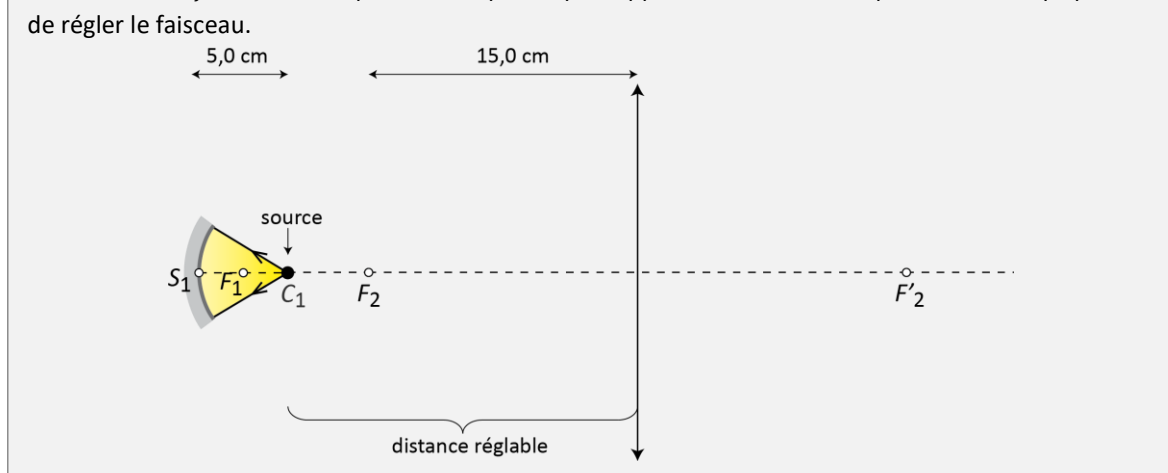
Une version interactive de cet exercice est proposée sur le site des collections numériques !

Les spots utilisés pour l'éclairage des spectacles permettent d'obtenir des faisceaux de lumière directs et de géométries différentes afin de produire les effets souhaités sur la scène.



**DOCUMENT 2 : principe simplifié d'un système d'éclairage**

Les spots qui éclairent les scènes des salles de spectacle reposent sur le principe suivant. Une source de lumière (une série de LED de forte puissance) est placée au centre  $C$  d'un miroir sphérique convergent et éclaire toute la surface de ce miroir. Un objectif de projection, assimilable à une lentille convergente de distance focale  $f' = 15,0$  cm, peut être déplacée par rapport à l'ensemble lampe + miroir, ce qui permet de régler le faisceau.



On étudie le spot dont le principe est résumé dans le document 2.

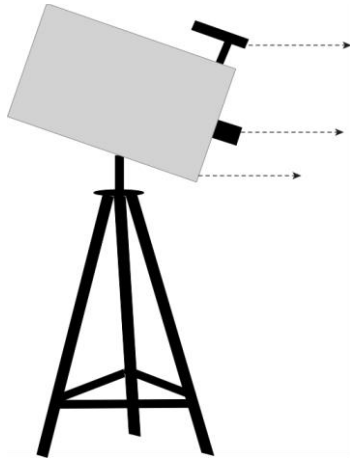
1. À quelle distance de la source faut-il placer la lentille si l'on veut obtenir un faisceau parallèle ? Justifier en reproduisant la figure du document 2, la lentille étant placée dans la bonne position, et en poursuivant le tracé des deux rayons de lumière qui délimitent le faisceau émis par la source.
2. Comment faut-il modifier la distance source – lentille pour obtenir un faisceau « flood » ?
3. On souhaite à présent que le faisceau converge sur l'artiste qui se produit sur scène. Celui-ci se trouve à 8,00 m de la lentille du spot : que doit valoir la distance source – lentille permettant ce réglage ?

## EXERCICE 6 : constitution et principe de fonctionnement de deux télescopes

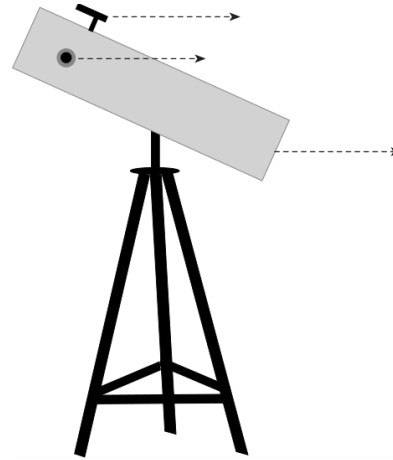


Une version interactive de cet exercice est proposée sur le site des collections numériques !

1. Légendez les 2 figures ci-dessous à l'aide des termes suivants : oculaire, objectif, viseur.



Télescope de Cassegrain

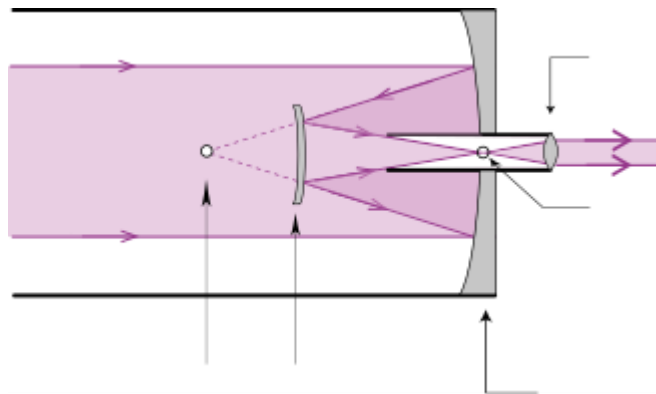


Télescope de Newton

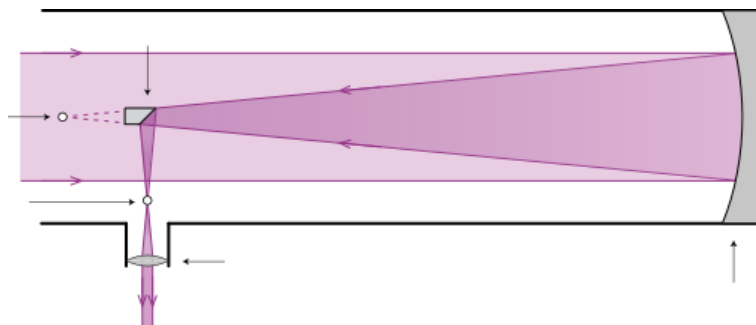
2. Légendez les 2 figures ci-dessous à l'aide des termes suivants :

- miroir primaire sphérique concave
- miroir secondaire sphérique convexe
- miroir secondaire plan
- ensemble convergent de lentilles
- foyer du miroir primaire
- foyer de l'ensemble miroir primaire+ secondaire

Télescope de Cassegrain :



Télescope de Newton :



## EXERCICE 7 : comparaison de deux télescopes, vrai ou faux ?



Une version interactive de cet exercice est proposée sur le site des collections numériques !

Un magasin d'optique propose ces deux télescopes :

**Télescope 1**

**Objectif :**

- diamètre 114 mm
- focale 900 mm

Vendu avec deux oculaires de focales 32 mm et 18 mm

**Télescope 2**

**Objectif :**

- diamètre 200 mm
- focale 1200 mm

Vendu avec deux oculaires de focales 32 mm et 24 mm

Cocher les cases correspondant à des affirmations justes :

- Les objectifs de ces instruments sont des associations convergentes de lentilles.
- Chaque télescope contient deux miroirs.
- Le télescope 2 permet un grossissement plus élevé que le télescope 1.
- C'est avec l'oculaire de 18 mm que le grossissement du télescope 1 sera le plus élevé.
- Utilisé avec le même oculaire, le télescope 2 donnera des images plus nettes que le télescope 1.
- Utilisé avec le même oculaire, le télescope 2 donnera des images plus lumineuses que le télescope 1.
- Utilisé avec le même oculaire, le télescope 2 donnera des images plus grossies que le télescope 1.

## EXERCICE 8 : observation de Vénus

### DOCUMENT 1 : le pouvoir séparateur de l'œil

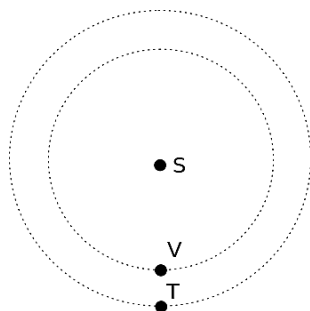
Le pouvoir séparateur de l'œil est l'angle minimal entre deux points objets pouvant être nettement distingués. Il vaut en moyenne :  $\alpha_{œil} = 3 \times 10^{-4}$  rad.

Lorsque l'on observe un astre dans le ciel :

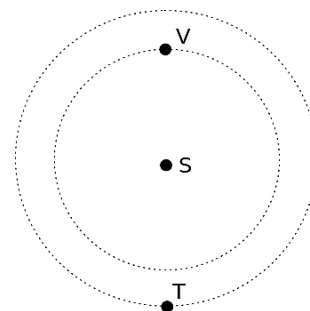
- Si son diamètre apparent (angulaire) est supérieur à  $\alpha_{œil}$ , on voit un disque. C'est le cas de la Lune et du Soleil par exemple.
- Si son diamètre apparent est inférieur à  $\alpha_{œil}$ , on ne voit qu'un point.

Lorsqu'elle est en conjonction inférieure, Vénus est au plus proche de la Terre (42 millions de km) et son diamètre apparent vaut  $\theta = 2,97 \times 10^{-4}$  rad.

Lorsqu'elle est en conjonction supérieure, Vénus est à sa distance maximale de la Terre (plus de 250 millions de km) et son diamètre apparent vaut :  $\theta_{min} = 4,9 \times 10^{-5}$  rad.



Vénus en conjonction inférieure



Vénus en conjonction supérieure



Une observation de Vénus est organisée avec un télescope équipé d'un objectif de focale  $f_1' = 1200$  mm . Trois oculaires sont disponibles de distances focales 18 mm, 24 mm et 32 mm.

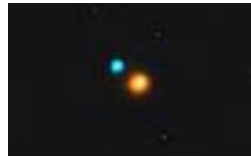
1. Donner l'expression du grossissement d'un télescope en fonction de la distance focale de l'objectif et celle de l'oculaire.
2. Quel oculaire faut-il choisir pour obtenir le grossissement le plus faible avec le télescope proposé ?
3. Calculer le grossissement minimal de ce télescope.
4. Donner l'expression du grossissement du télescope en fonction du diamètre apparent  $\theta$  de l'objet visé et de celui, noté  $\theta'$  de l'image définitive qu'il en donne.
5. Muni de l'oculaire choisi à la question 2, le télescope permet-il de distinguer le disque de Vénus lorsqu'elle est en conjonction inférieure ? lorsqu'elle est en conjonction supérieure ? Justifier en exploitant la réponse précédente.

## EXERCICE 9 : observation d'une étoile double



Une version interactive de cet exercice est proposée sur le site des collections numériques !

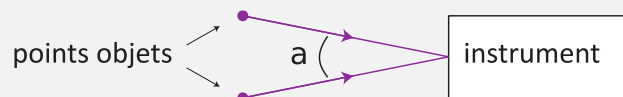
L'étoile Albiréo se situe dans la constellation du Cygne. À l'œil nu, on ne distingue qu'une seule étoile mais lorsqu'on l'observe à l'aide d'un télescope on se rend compte qu'Albiréo est en fait une étoile double. La séparation angulaire entre Albiréo  $\alpha$  (de couleur jaune) et Albiréo  $\beta$  (de couleur bleue) est de  $1,64 \times 10^{-4}$  rad.



Albiréo  $\alpha$  et Albiréo  $\beta$  (source : Wikipédia)

### DOCUMENT 1: pouvoir séparateur

Le pouvoir séparateur d'un instrument d'optique est l'angle minimal entre deux points objets pouvant être nettement distingués. Plus cet angle est faible, meilleure est la qualité de l'instrument car celui-ci permet l'observation de détails fins



### DOCUMENT 2: critère de Rayleigh

Le pouvoir séparateur théorique d'un instrument d'optique est égal à la demi-ouverture du faisceau diffracté par son objectif. Il vaut donc :

$$\theta_{théorique} = \frac{1,22 \lambda}{D}$$

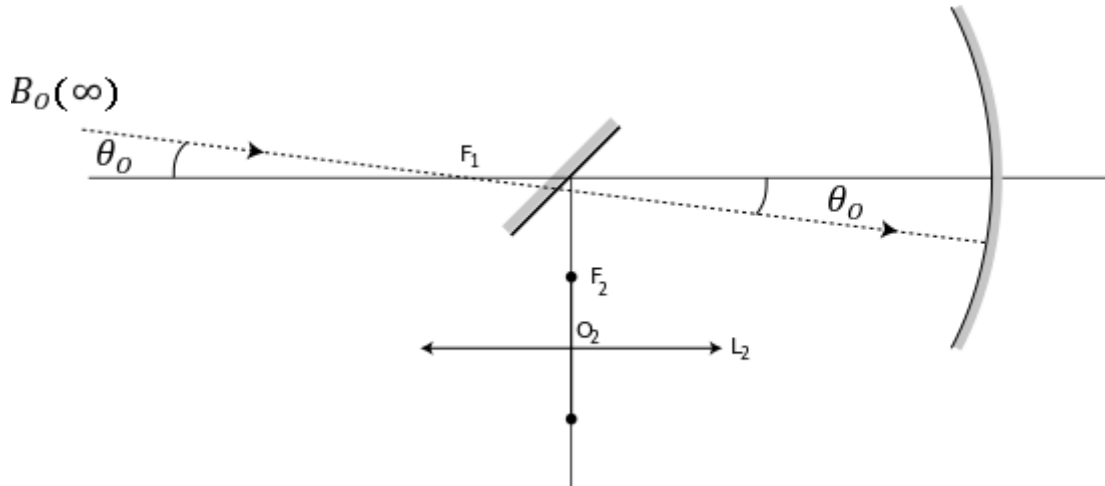
$\lambda$  étant la longueur d'onde du rayonnement et  $D$  le diamètre de l'objectif de l'instrument, aussi appelé « diamètre d'ouverture ».

1. Dans quelle condition peut-on dire que deux points objets sont résolus ?
2. Pour pouvoir observer distinctement Albiréo  $\alpha$  d'Albiréo  $\beta$ , quelle doit être la valeur du pouvoir séparateur théorique de l'instrument utilisé ?
3. En déduire le diamètre minimal de l'objectif d'un instrument permettant de résoudre cette étoile double. Hormis le télescope, proposer un exemple d'instrument usuel qui conviendrait.

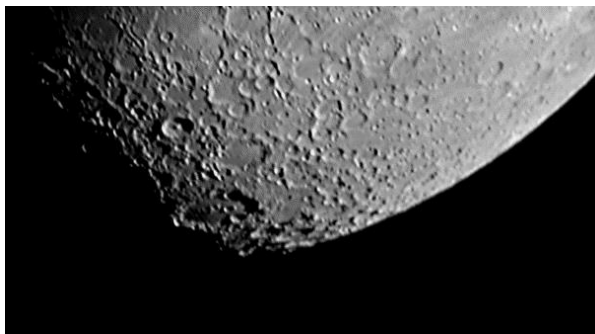
## EXERCICE 10 : observation de la Lune

Une soirée d'observation de la Lune est prévue pour des élèves de TSTL. Avant cela, l'enseignant leur pose quelques questions sur le principe de formation des images à travers le télescope de Newton.

1. Où se forme l'image de la Lune par le miroir primaire. Justifier votre réponse par une phrase.
2. Sur le schéma ci-dessous, construire l'image  $A_1B_1$  de la Lune par le miroir primaire.
3. Construire l'image  $A_2B_2$  de  $A_1B_1$  par le miroir plan.
4. L'image définitive de la Lune est rejetée à l'infini. Où doit exactement se trouver  $A_2B_2$  par rapport à l'oculaire ?
5. Construire l'image définitive de la Lune rejetée à l'infini.
6. Placer sur le schéma le diamètre apparent  $\theta_1$  de la Lune vu à travers le télescope.

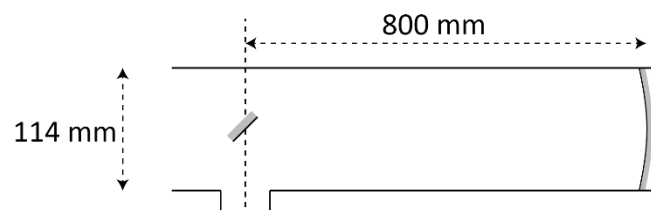


Une technique utilisée en astrophotographie consiste à démonter l'objectif d'une webcam afin de mettre à nu son capteur CCD, puis de placer celui-ci à la place de l'oculaire dans le télescope. Voici quelques photographies obtenues grâce à cette méthode :



à gauche : une photo « brute » ; à droite, une photo obtenue par recombinaison de plusieurs images

Le télescope utilisé a un objectif de diamètre 114 mm, de distance focale 900 mm et les dimensions de son tube sont les suivantes :



7. Où a-t-il fallu placer le capteur CCD pour obtenir de telles photos ? On donnera la valeur de la distance miroir secondaire – capteur après avoir justifié qualitativement la position souhaitée.