

Thème : Former des images  
Cours 22 : La lunette astronomique  
(version professeur)

---

B.O. Modèle optique d'une lunette astronomique avec objectif et oculaire convergents. Grossissement.

**I. Histoire de la lunette astronomique. (A préparer à la maison)**

1. Science et Philosophie.

Vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=HXfR99nTEEs> Tour du Monde – Tour du Ciel 5/10 Michel serres – Pierre Léna.  
De 7 min 20 s à 15 min 00 s (durée : 7 min 40 s)

- Répondez à la question posée par le commentateur : Pourquoi l'invention de la lunette arrive-t-elle si tard dans l'histoire de l'astronomie ?
- En quoi consistait l'astronomie avant Galilée ? Quel est le schéma important de l'astronomie ?
- Qu'est-ce que Galilée a pu observer qui n'était pas visible à l'œil nu ?

Réponses :

*Le passage du savoir empirique, par exemple la goutte d'eau qui fait loupe, à la construction d'un objet optique comme la lunette de Galilée ou le microscope qui a une fonction dont on comprend pourquoi ça marche, est difficile.*

*L'astronomie consistait à observer l'ombre sur un support comme par exemple un cadran solaire.  
L'important dans l'astronomie est la construction du schéma œil- instrument - objet*

*Galilée a pu observer par exemple les satellites de Jupiter grâce à sa lunette qui collectait beaucoup plus de lumière que son œil.*

2. De la lunette de Galilée à la lunette astronomique de Képler (au programme de cette année)

Lire les pages web suivantes et indiquer quelle est la différence entre la lunette de Galilée et la lunette de Képler.

Lunette de Galilée : <http://serge.bertorello.free.fr/optique/instrum/galilee.html>

Lunette de Képler : <http://serge.bertorello.free.fr/optique/instrum/kepler.html>

Réponse :

Lunette de Galilée :

- objectif : lentille convergente
- oculaire : lentille divergente

La lentille divergente est placée avant le foyer optique de la lentille convergente. Elle donne ainsi une image virtuelle (c'est-à-dire qui ne peut pas être projetée sur un écran).

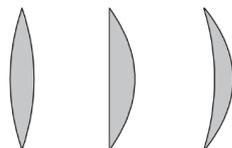
Lunette de Képler :

- objectif : lentille convergente
- oculaire : lentille convergente de distance focale plus petite que celle de l'objectif.

La lentille convergente de l'oculaire est placée tel que son foyer objet coïncide avec le foyer image de la lentille de l'objectif. L'image obtenue est une image réelle observable sur un écran.

**II. Notions nécessaires pour élaborer une lunette astronomique afocale.**

- Une lunette afocale a comme propriété de laisser ressortir de façon parallèle après la lunette astronomique, des rayons qui sont parallèles entre eux avant la lunette astronomique.
- Une lentille mince convergente est un élément transparent (généralement en verre) ayant l'un des profils suivants :

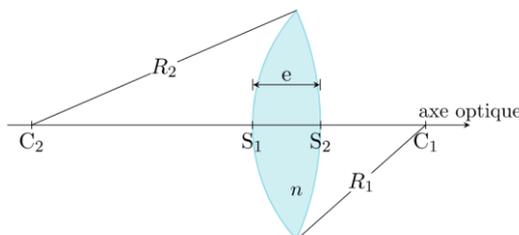


Le centre d'une lentille convergente est plus épais que ses bords.

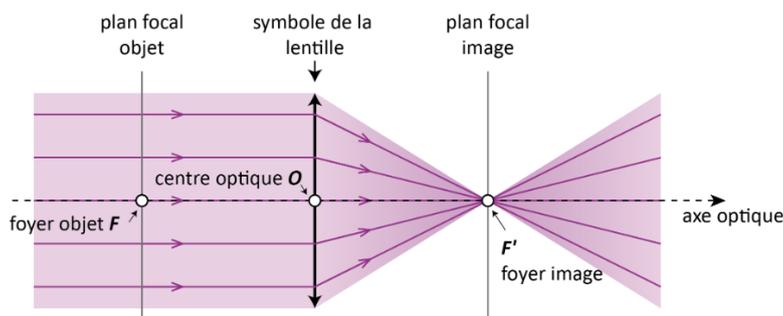
Le principe de déviation des faisceaux lumineux par une lentille repose sur la différence d'indice de réfraction du verre utilisé pour la lentille et son milieu environnant (l'air).

Une lentille mince est une lentille dont l'épaisseur  $e$  reste faible devant les rayons de courbure  $R_1$  et  $R_2$  de ses faces.

Si on a :  $e \ll R_1 ; e \ll R_2$  et  $e \ll C_1C_2$ , la lentille est dite mince.



Les points, plans et distances caractéristiques d'une lentille convergente sont définis par son action sur un faisceau incident de lumière parallèle :



Les grandeurs utilisées sont des grandeurs algébriques. Les distances orientées dans le même sens que l'axe optique seront comptées positivement et celles dans le sens opposé seront comptées négativement.

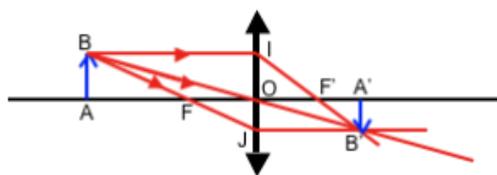
- la distance focale image notée  $\overline{OF'}$  ou  $f'$  est positive.
- la distance focale objet notée  $\overline{OF}$  ou  $f$  est négative.
- $\overline{OF} = -\overline{OF'}$  ou  $f = -f'$
- Rappels sur les relations de conjugaisons.

Relations de Descartes :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

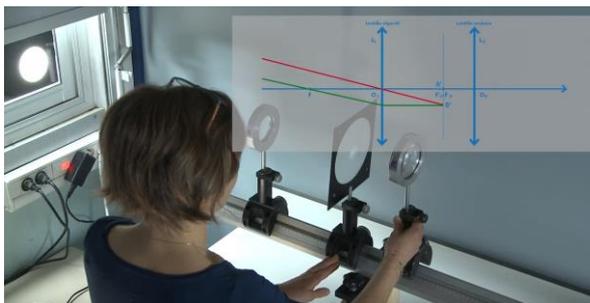
Relations de Newton :

$$\overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = \overline{OF} \cdot \overline{OF'} = -f'^2$$



### III. Construction d'une lentille astronomique afocale (dite de Képler)

Vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=LJKJc-Xoc-E> (2 min 10 s)



Rédiger un protocole de TP, récapitulant les différentes étapes de réalisation d'une lunette afocale.

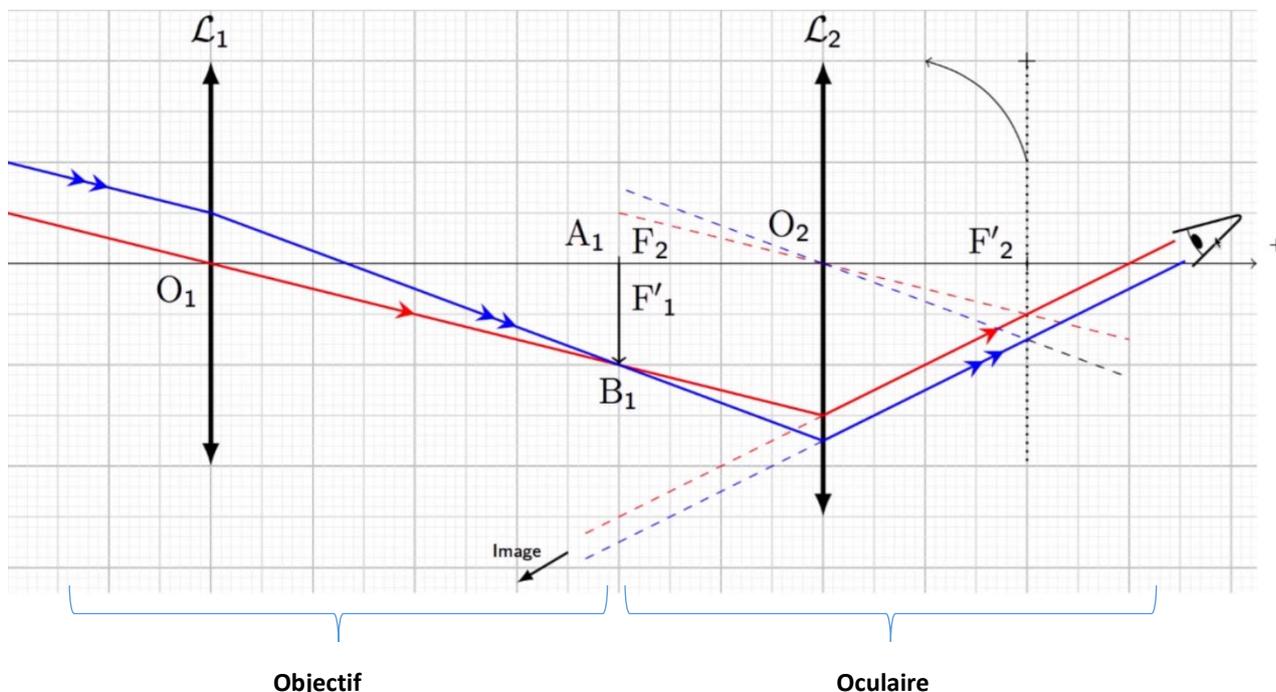
Réponse :

La lunette de Képler est constituée de deux lentilles convergentes  
 On place la lentille  $L_1$  (objectif) sur le banc optique.  
 Pour repérer la position du foyer image  $F'_1$ , on place un écran et on cherche à obtenir une image nette sur l'écran.  
 Lorsque la position de l'image intermédiaire a été repérée, on place la lentille convergente de l'oculaire derrière l'écran à une distance correspondant à sa distance focale.  
 La lunette ainsi réalisée est dite « afocale »  
 On retire l'écran et on observe l'image finale de l'objet formée à l'infini.

### IV. Construction optique de la lunette astronomique afocale.

Vidéo sur la construction optique d'une lunette astronomique afocale (4 min 19 s)

<https://www.youtube.com/watch?v=2B-Qtax4fiE>



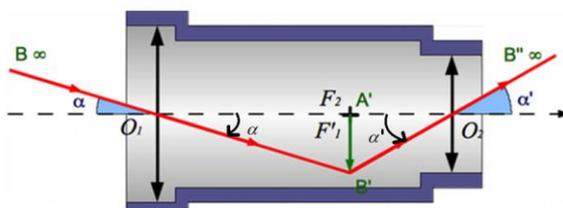
Afocale signifie que la lunette donne une image à l'infini d'un objet lui-même situé à l'infini



V. Établissement de l'expression du grossissement d'une lunette afocale.

Par définition, le grossissement a pour expression  $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$

Par exemple, si on observe la Lune avec une lunette astronomique,  $\alpha$  et  $\alpha'$  correspondent respectivement au diamètre apparent de la Lune et celui de son image définitive.



Nous allons considérer que les angles  $\alpha$  et  $\alpha'$  sont petits.

Par conséquent, nous pouvons considérer que la valeur de  $\tan \alpha = \alpha$   $\alpha$  étant exprimé en radian.

De même pour l'angle  $\tan \alpha' = \alpha'$

Dans le triangle  $O_1A'B'$  triangle en  $A'$ , on a  $\tan \alpha = \alpha = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{O_1A'}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{O_1F_1'}} = \frac{\overline{A'B'}}{f_1'}$   $\overline{A'B'} < 0$  et  $f_1' > 0$

Dans le triangle  $O_2A'B'$  triangle en  $A'$ , on a  $\tan \alpha' = \alpha' = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{O_2A'}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{O_2F_2}} = \frac{\overline{A'B'}}{f_2}$   $\overline{A'B'} < 0$  et  $f_2 < 0$

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{\frac{\overline{A'B'}}{f_2}}{\frac{\overline{A'B'}}{f_1'}} = \frac{f_1'}{f_2}$$

$$\Leftrightarrow G = \frac{f_1'}{f_2}$$

Le grossissement est négatif, ce qui traduit que l'image est inversée par rapport l'objet.

Remarque : la définition du grossissement  $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$  donne également un résultat négatif si les angles sont opposés en sens, ce qui est le cas avec la lunette astronomique afocale.

On utilise également l'expression de  $G$  utilisant  $f_1'$  et  $f_2'$  en prenant  $f_2 = -f_2'$

Alors  $G = -\frac{f_1'}{f_2'}$

$G$  est supérieur à 1 en valeur absolue, car  $f_1' > f_2'$  donc l'image obtenue est plus grande que l'objet.  
 $G$  est négatif, donc l'image est renversée.

En utilisant les termes de distance focale de l'objectif et distance focale de l'oculaire, le grossissement a pour expression

$$G = \frac{f_{\text{objectif}}}{f_{\text{oculaire}}}$$

VI. Exploitation des données caractéristiques d'une lunette commerciale. DM.

Un astronome amateur dispose d'une lunette dont les caractéristiques sont données dans le document 1. Il place à la sortie de la lunette, un oculaire dont les caractéristiques sont données dans le document 2.

Document 1

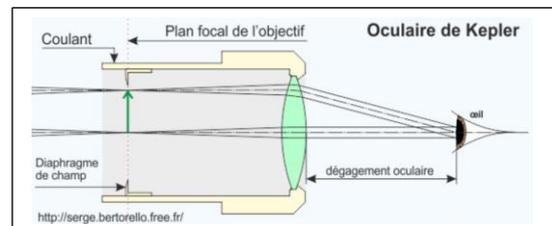
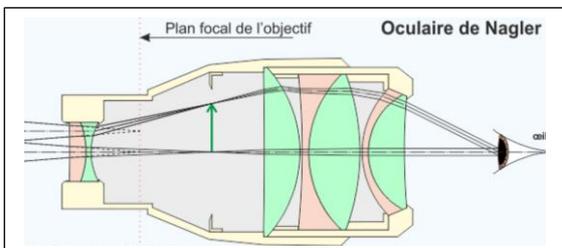
Données relatives à l'optique		
Caractéristique	TOA-130S	TOA-130F
Objectif	Triplet Ortho Apochromatique	
Assemblage	Air spaced	
Matériaux	SD/ED	
Traitements	Multicouche dur	
Diamètre utile	130mm	
Pouvoir séparateur	0,92"	
Magnitude limite en visuel	12,67	
Clarté	469x	
<b>Montage standard</b>		
Focale	1000mm	
Ouverture relative	F/D 7,7	
<b>Avec correcteur TOA-FL35</b>		

Document 2

**Nagler**  
82° Apparent Field Eyepieces  
**13-mm**

Model #	EN6-13.0
Focal Length (mm)	13
Barrel Size (in.)	1 1/4"
Apparent Field of View (deg.)	82
Eye Relief (mm)	12
Weight (lb / oz)	0.40 / 6.4
Field Stop (mm)	17.6

Compare to similar focal lengths



Questions : Recherche dans les documents et sur internet.

1. Quel est la valeur du diamètre  $D$  de la lunette ?
2. Quelle est la valeur de sa distance focale  $F$  ?
3. Retrouver par un calcul, la valeur de l'ouverture relative de cette lunette.
4. De combien de lentille est constitué l'objectif de cette lunette astronomique ?
5. Que signifie apochromatique ?
6. De combien de lentilles est constitué l'oculaire Nagler ?
7. Donner la définition du pouvoir séparateur (ou de résolution)
8. Quelle est la valeur du pouvoir séparateur le l'œil humain ?
9. Donner la définition de la magnitude visuelle.
10. Quelle est la valeur de la magnitude visuelle limite de l'œil nu ?
11. Il adapte sur sa lunette, l'oculaire indiqué dans le document 2. En déduire la valeur du grossissement obtenu.
12. L'astronome amateur tente d'observer l'étoile double Castor dans la constellation à l'œil nu. Pourrait-il en théorie observer et distinguer ces deux étoiles ? En réalité, il n'arrive pas à les distinguer l'une de l'autre. Proposer des raisons à cet échec.
13. L'astronome amateur observe maintenant l'étoile double Castor à l'aide sa lunette astronomique et de son oculaire. Justifier le fait qu'il réussit à les observer.

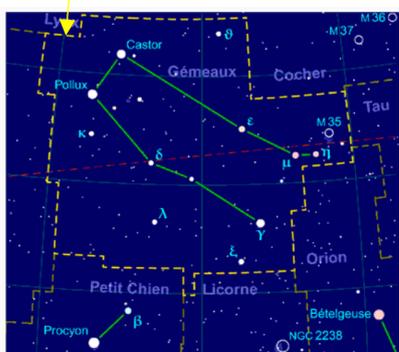
Document 3

**Etoile double Castor** Gémeaux (mois d'Avril)  
 Temps de pose :  $20 \times 2$  s (par couleur Rouge-Vert-Bleu)  
 Distance : 49,8 a.l  
 Ecart entre **Castor** et **SAO 60199** (binaire visuelle) :  $72''$  d'arc  
 (Ces étoiles ont des doubles spectroscopiques)  
 Magnitude 1,96 pour l'étoile bleue et 2,91 pour l'étoile jaune



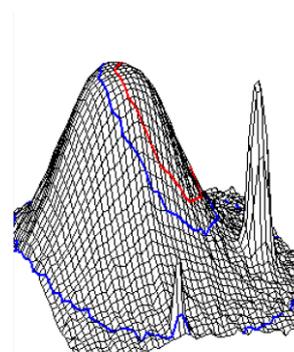
Température capteur :  $-10^{\circ}\text{C}$  ; Ciel assez clair ; un peu de vent ; turbulence moyenne

Constellation des Gémeaux



Constellation des Gémeaux

Logiciel Limovie : Analyse de l'intensité lumineuse



Réponses :

Correction du DM

1. La valeur du diamètre  $D$  de la lunette est 130 mm
2. La valeur de sa distance focale  $F$  est 1 000 mm
3. La valeur de l'ouverture relative de cette lunette est  $\frac{F}{D} = \frac{1000}{130} = 7,7$
4. L'objectif de cette lunette astronomique est constitué de 3 lentilles (triplet apochromatique).
5. Apochromatique signifie qui est exempt d'aberrations chromatique (couleurs) et sphériques (géométriques).
6. L'oculaire Nagler est constitué de 7 lentilles.
7. Le pouvoir séparateur (ou de résolution) exprime la capacité d'un instrument à distinguer des objets.
8. La valeur du pouvoir séparateur le l'œil humain est de 1 min d'arc soit  $0,017^\circ$ .
9. La magnitude apparente visuelle est une mesure de l'irradiance (la luminosité) d'un objet céleste observé depuis la Terre
10. La valeur de la magnitude visuelle limite de l'œil nu est 7,5
11. Il adapte sur sa lunette, l'oculaire indiqué dans le document 2. La valeur du grossissement obtenu est  $G = \frac{1000}{13} = 77$  fois
12. L'astronome amateur tente d'observer l'étoile double Castor dans la constellation à l'œil nu. A l'œil nu son pouvoir séparateur est égal à 1 min d'arc, c'est-à-dire qu'il peut distinguer des écarts en deux étoiles supérieur à 1 min d'arc. Les deux étoiles sont séparées par un angle de 72 secondes d'arc soit 1 min et 12 seconde d'arc.  
L'observateur pourra distinguer ces deux étoiles en théorie.  
En réalité, il n'arrive pas à les distinguer l'une de l'autre car il est indiqué qu'il y avait du vent et des turbulences qui diminue le pouvoir séparateur théorique de l'œil.
13. L'astronome amateur observe maintenant l'étoile double Castor à l'aide sa lunette astronomique et de son oculaire. Le pouvoir séparateur de la lunette est égal à 0,92 secondes d'arc, soit 60 fois plus précis que l'œil humain. Il pourra ainsi facilement observer les deux étoiles.

1
1
2
1
1
1
1
2
1
1
2
1
1
2
3
3

Correction du DM

14. La valeur du diamètre  $D$  de la lunette est 130 mm
15. La valeur de sa distance focale  $F$  est 1 000 mm
16. La valeur de l'ouverture relative de cette lunette est  $\frac{F}{D} = \frac{1000}{130} = 7,7$
17. L'objectif de cette lunette astronomique est constitué de 3 lentilles (triplet apochromatique).
18. Apochromatique signifie qui est exempt d'aberrations chromatique (couleurs) et sphériques (géométriques).
19. L'oculaire Nagler est constitué de 7 lentilles.
20. Le pouvoir séparateur (ou de résolution) exprime la capacité d'un instrument à distinguer des objets.
21. La valeur du pouvoir séparateur le l'œil humain est de 1 min d'arc soit  $0,017^\circ$ .
22. La magnitude apparente visuelle est une mesure de l'irradiance (la luminosité) d'un objet céleste observé depuis la Terre
23. La valeur de la magnitude visuelle limite de l'œil nu est 7,5
24. Il adapte sur sa lunette, l'oculaire indiqué dans le document 2. La valeur du grossissement obtenu est  $G = \frac{1000}{13} = 77$  fois
25. L'astronome amateur tente d'observer l'étoile double Castor dans la constellation à l'œil nu. A l'œil nu son pouvoir séparateur est égal à 1 min d'arc, c'est-à-dire qu'il peut distinguer des écarts en deux étoiles supérieur à 1 min d'arc. Les deux étoiles sont séparées par un angle de 72 secondes d'arc soit 1 min et 12 seconde d'arc.  
L'observateur pourra distinguer ces deux étoiles en théorie.  
En réalité, il n'arrive pas à les distinguer l'une de l'autre car il est indiqué qu'il y avait du vent et des turbulences qui diminue le pouvoir séparateur théorique de l'œil.
26. L'astronome amateur observe maintenant l'étoile double Castor à l'aide sa lunette astronomique et de son oculaire. Le pouvoir séparateur de la lunette est égal à 0,92 secondes d'arc, soit 60 fois plus précis que l'œil humain. Il pourra ainsi facilement observer les deux étoiles.

1
1
2
1
1
1
1
2
1
1
2
1
1
2
3
3