Notions et contenus	Capacités exigibles ***Activités expérimentales support de la formation***
Modèle optique d'une lunette astronomique avec objectif et oculaire convergents. Grossissement.	Représenter le schéma d'une lunette afocale modélisée par deux lentilles minces convergentes ; identifier l'objectif et l'oculaire. Représenter le faisceau émergent issu d'un point objet situé « à l'infini » et traversant une lunette afocale. Établir l'expression du grossissement d'une lunette afocale. Exploiter les données caractéristiques d'une lunette commerciale. *Réaliser une maquette de lunette astronomique ou utiliser une lunette commerciale pour en déterminer le grossissement.* *Vérifier la position de l'image intermédiaire en la visualisant sur un écran.*

Exercices : p.427 n° 21, 23, p.428 n° 25, 27, p.429 n° 29.

21 Saturne à la loupe

Déterminer et utiliser un diamètre apparent

Un astronome amateur souhaite observer Saturne à l'aide d'une lunette ayant un objectif de 500mm de distance focale.

Données : Distance moyenne Terre-Saturne : 1,425 milliards de kilomètres.
Diamètre de Saturne : 58232 km

1. Calculer le diamètre apparent de cette planète.

2. L'astronome amateur dispose de trois oculaires de 2 cm, 2,5 cm et de 3 cm de distance focale respectivement.
Lequel doit-il utiliser pour obtenir le meilleur grossissement ?

3. Calculer alors le diamètre apparent de Saturne dans cet oculaire.

4. La division de Cassini est l'espace qui sépare les deux anneaux principaux de Saturne mesure à peu près 5 000 km de large.
Justifier si elle sera visible dans cet instrument, sachant qu'elle doit apparaître sous un diamètre apparent d'au moins 0,017° pour être visible.

21 Saturne à la loupe

1. $\alpha = \dfrac{58\,232}{1{,}425 \times 10^{9}} = 4{,}086 \times 10^{-5}$ rad

2. Pour obtenir le meilleur grossissement il faut choisir un oculaire avec une distance focale la plus courte possible : ici 2 cm.

3. $G = \dfrac{f'_1}{f'_2} = \dfrac{500}{20} = 25$ puis $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$

donc $\alpha' = G \times \alpha = 1{,}022 \times 10^{-3}$ rad.

4. $\alpha_{\text{Cassini}} = \dfrac{5\,000}{1{,}425 \times 10^{9}} = 3{,}509 \times 10^{-6}$ rad

Donc avec la lunette : $\alpha'_{\text{Cassini}} = 25 \times \alpha_{\text{Cassini}} = 8{,}772 \times 10^{-5}$ rad

360°	2π rad
$5{,}026 \times 10^{-3}$	$8{,}773 \times 10^{-5}$ rad

La division de Cassini ne sera donc pas observable car :
$5{,}026 \times 10^{-3} < 0{,}017$.

23 Un montage à connaître

Réaliser un tracé – Utiliser la formule de conjugaison

Un système afocal est composé de deux lentilles convergentes de distance focale $f' = 5$ cm.

Formule de conjugaison pour une lentille convergente

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

Distance entre le centre optique et l'image → $\overline{OA'}$

Distance entre l'objet et le centre optique → $\overline{OA}$

Distance focale de la lentille → f'

1. Déterminer la distance séparant les deux lentilles.

2. Déterminer à l'aide d'une construction graphique soignée la position et la taille de l'image d'un objet mesurant 2 cm placé 5 cm avant la première lentille.

3. Retrouver ces caractéristiques à l'aide de la formule de conjugaison.

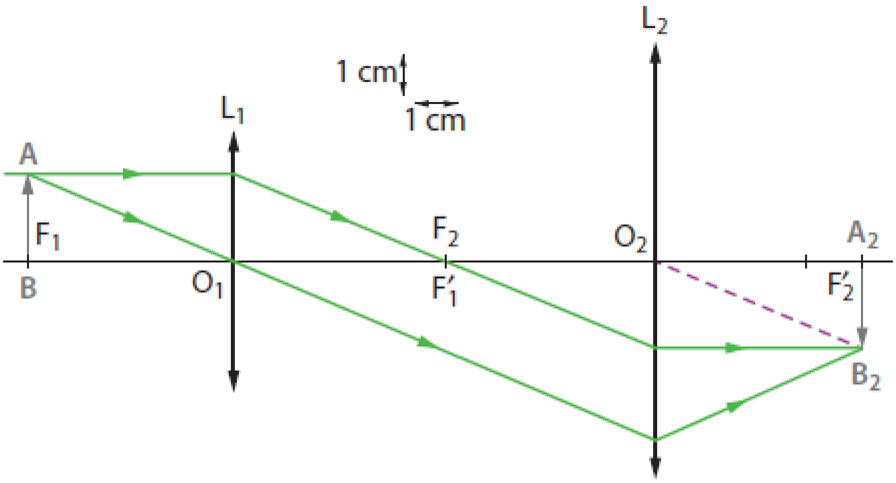
4. Justifier le nom de montage $4f$ donné à ce système.

23 Un montage à connaître

1. Pour que le système soit afocal, il faut entre les deux lentilles une distance :

$$d = f'_1 + f'_2 = 10 \text{ cm}$$

2.



3. Appliquons la relation de conjugaison à la lentille L_1 (objectif) :

$$\frac{1}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{f'}$$

et puisque l'objet AB est placé au foyer objet de L_1 :

$$\overline{O_1A} = -f' \text{ donc } \frac{1}{\overline{O_1A_1}} = 0$$

donc $\overline{O_1A_1} \mapsto \infty$ ce qui signifie que l'image intermédiaire se trouve à l'infini.

Appliquons de nouveau la relation de conjugaison mais à la lentille L_2 (oculaire) :

$$\frac{1}{\overline{O_2A_2}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{f'}$$

et pour la lentille L_2, l'objet intermédiaire est placé à l'infini (puisque les rayons sont parallèles entre eux) ainsi :

$$\overline{O_2A_1} \mapsto \infty \text{ et } \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = 0.$$

Finalement, la relation de conjugaison devient :

$$\frac{1}{\overline{O_2A_2}} = \frac{1}{f'} \text{ donc } \overline{O_2A_2} = f'.$$

4. Le montage se nomme $4f$ car la distance entre l'objet et l'image est de $4f$.

25 Bien connaître sa seconde lunette

Exploiter les données caractéristiques d'une lunette commerciale

Lunette powerseeker 70az

Principe optique :
Lunette
Ouverture : 70 mm
Grossissement :
de 20× à 80×
Livrée avec :
3 oculaires 2,0 cm,
de 1,0 cm et de 0,5 cm

1. Déterminer la distance focale associée à l'objectif.

2. Déterminer le grossissement de la lunette lorsque l'oculaire intermédiaire est utilisé.

25 Bien connaître sa seconde lunette

1. Le plus petit grossissement de cette lunette vaut 20 et il correspond à l'utilisation de l'oculaire avec la distance focale la plus grande : 2,0 cm

Ainsi :

$$G = 20 = \frac{f'_1}{2,0}$$

donc $f'_1 = 20 \times 2,0 = 40$ cm.

2. $G = \dfrac{f'_1}{f'_2} = \dfrac{40}{1,0} = 40$

27 À l'observatoire de Paris

Exploiter les données caractéristiques d'une lumière

La lunette de Meudon en France est constituée de deux lentilles minces convergentes : un objectif de distance focale $f'_1 = 16$ m et un oculaire de distance focale $f'_2 = 4$ cm. L'angle de champ C de la lunette est proportionnel à celui de l'oculaire C_0 et inversement proportionnel au grossissement : $C = \frac{C_0}{G}$

Données : Rayon de Jupiter : 70 000 km
Distance moyenne Terre-Jupiter : 775 millions de km

1. Déterminer le grossissement de la lunette de Meudon.

2. Déterminer le diamètre apparent de Jupiter lorsqu'elle est observée dans la lunette.

3. En supposant que l'angle de champ de l'oculaire est de 50°, calculez l'angle de champ de la lunette. Indiquer si Jupiter est entièrement visible.

27 À l'observatoire de Paris

1. $G = \frac{f'_1}{f'_2} = \frac{16}{0{,}04} = 400$

2. Diamètre apparent de Jupiter sans lunette :

$$\alpha = \frac{\text{diamètre Jupiter}}{\text{distance Terre-Jupiter}} = \frac{2 \times 70\,000}{775 \times 10^6} = 1{,}81 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

Puis $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ donc : $\alpha' = G \times \alpha = 400 \times 1{,}81 \times 10^{-4}$
$= 7{,}23 \times 10^{-2}$ rad

3. $C = \frac{C_0}{G} = \frac{50}{400} = 0{,}125$

360°	2π rad
0,125	$C = 2{,}18 \times 10^{-3}$ rad

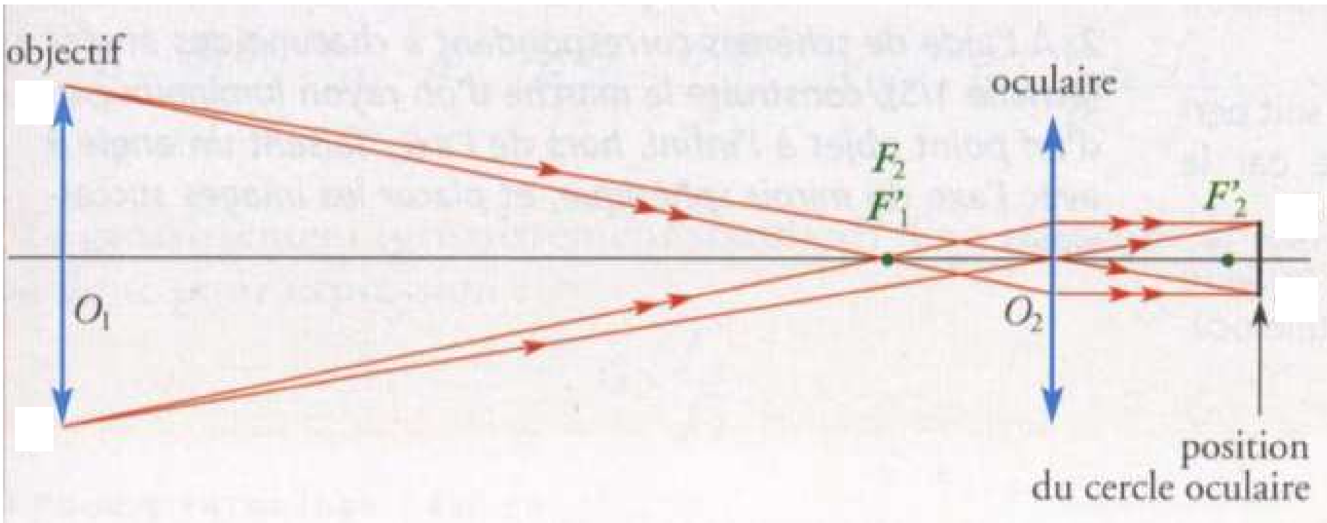
$\alpha = 1{,}81 \times 10^{-4}$ rad $< C = 2{,}18 \times 10^{-3}$ rad. Jupiter peut donc être observée en entier dans la lunette.

29 Un maximum de lumière dans l'œil

Animation en ligne

Pour la lunette astronomique, la face d'entrée de l'objectif constitue le diaphragme d'ouverture de l'instrument et la pupille de sortie ou cercle oculaire est l'image de la monture de l'objectif à travers l'oculaire.

Il faudra donc placer la pupille de l'œil dans le plan du cercle oculaire de manière à ce que l'œil reçoive le flux lumineux maximum ; un œilleton à la sortie de l'oculaire permet d'y placer l'œil à cet effet.



► Pour une lunette dont l'objectif est une lentille de 70 mm de diamètre et 700 mm de focale sur laquelle est adapté un oculaire de 10 mm, déterminer le grossissement de la lunette afin de calculer la taille du cercle oculaire.

29 Un maximum de lumière dans l'œil

$G = \frac{f'_1}{f'_2} = \frac{700}{10} = 70$

Appliquons la relation de conjugaison pour trouver la position du cercle oculaire (notée C) , donc en considérant L_1 comme objet de l'oculaire :

$$\frac{1}{\overline{O_2C}} - \frac{1}{\overline{O_2O_1}} = \frac{1}{f'_2}$$

ce qui permet d'obtenir l'expression :

$$\overline{O_2C} = \frac{\overline{O_2O_1} \times f'_2}{f'_2 + \overline{O_2O_1}} = \frac{-710 \times 10}{10 + (-710)} = \frac{71}{7} \approx 10{,}1 \text{ mm}$$

Notons D le diamètre de la lentille et c le diamètre du cercle oculaire. À l'aide du grandissement, nous trouvons la taille du cercle oculaire :

$$\gamma = \frac{\overline{O_2C}}{\overline{O_2O_1}} = -\frac{\frac{c}{2}}{\frac{D}{2}}$$

(le signe – provient du fait que l'image est renversée), ce qui donne :

$$c = -\frac{D \times \overline{O_2C}}{\overline{O_2O_1}} = -\frac{70 \times \frac{71}{7}}{-710} = 1{,}0 \text{ mm}$$

Autre possibilité : il faut utiliser le théorème de Thalès :

$$\frac{F_2O_2}{F_2O_1} = -\frac{\frac{c}{2}}{\frac{D}{2}}$$

soit : $c = -\frac{D \times F_2O_2}{F_2O_1} = \frac{70 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}}{700 \text{ mm}} = 1{,}0 \text{ mm}$