

Exercice pour s'entraîner

Étude d'un appareil photographique

1) Objectif constitué d'une lentille

On assimile l'objectif d'un appareil photographique à une lentille (L) mince convergente unique de centre O_1 et de focale $f_1' = 50$ mm. La distance d entre la lentille (L) et l'écran (E) où se trouve le capteur photosensible est variable, et cette variation constitue la mise au point.

1.1) On désire photographier des objets dont la distance à l'appareil photographique varie de x à l'infini. Dans quel domaine doit pouvoir varier d ? On notera d_{\min} et d_{\max} les deux valeurs de d correspondantes ; On donnera leurs expressions en fonction de f_1' et x , puis on les calculera en mm pour $x = 60$ cm.

1.2) On se propose de photographier une tour de hauteur $h = 50$ m et située à une distance $D = 2$ km du photographe.

- Exprimer la hauteur h_1 de l'image de la tour sur le capteur en fonction des données de l'énoncé puis faire l'application numérique.
- Quel est l'encombrement E de l'objectif, c'est-à-dire la distance de l'objectif au capteur ?

1.3) Avec le même objectif, l'objet photographié est maintenant à la distance $D' = 1$ m de l'objectif. Pour que l'image soit nette, il faut modifier la distance capteur-lentille par rapport à la photographie d'un objet très éloigné. Exprimer la distance dont il faut déplacer le capteur par rapport au réglage précédent en fonction de D' et f_1' . La calculer. La distance lentille-capteur a-t-elle augmentée ou diminuée ?

2) Objectif constitué de 2 lentilles

Un objectif de meilleur qualité est obtenu en ajoutant une lentille mince L_2 de centre O_2 et de distance focale $f_2' = -25$ mm à la distance $e = 31$ mm de O_1 .

On photographie de nouveau la tour AB de hauteur $h = 50$ m et située à la distance $D = 2$ km du photographe. Soit A_1B_1 l'image de la tour AB par L_1 et $A'B'$ l'image définitive de AB sur le capteur.

2.1) Établir l'expression de $\overline{O_2A_1}$ en fonction des données, puis faire l'application numérique. Quelle est la nature de l'image intermédiaire A_1B_1 pour la lentille L_2 . Établir l'expression de $\overline{F_2A_1}$ en fonction des données, puis faire l'application numérique.

2.2) Faire une construction à l'échelle pour l'axe des abscisses permettant d'obtenir l'image définitive à travers les deux lentilles.

2.3) Déterminer la position de l'image définitive $A'B'$ par rapport à O_2 , puis sa taille h_2 sur le capteur en fonction de h , f_1' , f_2' , D et e . Faire l'application numérique.

2.4) Déterminer littéralement puis numériquement l'encombrement E' de l'objectif constitué des 2 lentilles.

2.5) Comparer les 2 objectifs étudiés.

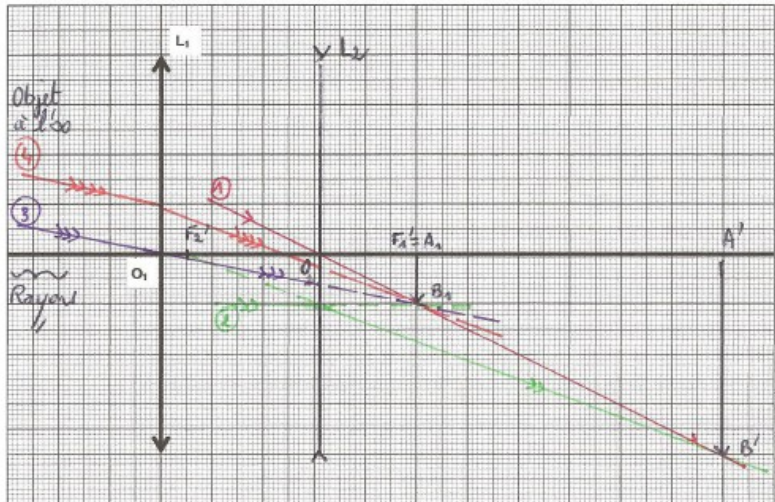
2.6) Quelle serait la distance focale f' d'une lentille unique convergente qui donnerait une image de hauteur h_2 de la tour de hauteur h toujours à la distance D ? Commenter l'encombrement correspondant.

Solution

1) Objectif constitué d'une lentille

-11	<p>Si l'objet est à l'infini, alors l'image est dans le plan focal image de la lentille. $d_{min} = f'_1 = 50\text{mm}$</p> <p>Si l'objet est à la distance x de l'objectif : $\frac{1}{d_{max}} - \frac{1}{-x} = \frac{1}{f'_1}$ d'où $d_{max} = \frac{x f'_1}{x - f'_1}$</p> <p>AN : $d_{max} = \frac{600 \times 50}{600 - 50} = 55\text{mm}$</p>
-12	<p>L'objet peut être considéré à l'infini ainsi $\overline{OA'} = f'_1$ L'image est renversée ainsi $\overline{A'B'} = -h_1$</p> <p>D'après la formule du grandissement : $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{-h_1}{h} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{f'_1}{-D}$ d'où $h_1 = \frac{h \times f'_1}{D}$.</p> <p>AN : $h_1 = \frac{50 \times 50 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^6} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1,25 \text{ mm}$. $E = f'_1 = 50\text{mm}$</p>
-13	<p>D'après la question 1.1, la nouvelle distance lentille capteur est d'où $d' = \frac{D' f'_1}{D' - f'_1}$ $\delta = d' - f'_1 = \frac{D' f'_1}{D' - f'_1} - f'_1$</p> <p>d'où $\delta = \frac{f_1'^2}{D' - f_1'}$. AN : $\delta = \frac{50^2}{10^3 - 50} = 2,63 \text{ mm}$. L'encombrement a augmenté.</p>

2) Objectif constitué de 2 lentilles

-21	<p>A_1 est confondue avec le foyer image de L_1. $\overline{O_2 A_1} = \overline{O_2 O_1} + \overline{O_1 A_1}$ d'où $\overline{O_2 A_1} = -e + f'_1$.</p> <p>AN : $\overline{O_2 A_1} = -31 + 50 = 19\text{mm} > 0$. A_1 est située après L_2, c'est un objet virtuel pour L_2.</p> <p>$\overline{F_2 A_1} = \overline{F_2 O_2} + \overline{O_2 A_1} = f'_2 - e + f'_1$ D'où $\overline{F_2 A_1} = f'_2 - e + f'_1 = -25 - 31 + 50 = -6\text{mm}$</p>
-22	<ul style="list-style-type: none"> • Positionner L_2, l'image intermédiaire $A_1 B_1$ et les deux foyers images de L_1 et L_2. • Tracer le rayon 1 passant par O_2 et B_1 : Il n'est pas dévié en sortie de L_2. • Tracer le rayon 2 parallèle à l'axe optique passant par B_1 : Il émerge en passant par F_2'. • Ces deux rayons se croisent et donnent la position de l'image définitive. • Tracer le rayon 3 passant par O_1 et B_1 : Il n'est pas dévié par L_1. • Tracer le rayon 4 initialement parallèle au rayon 3 : Après L_1, ils se croisent dans le plan focal image de L_1, soit en B_1, qui joue le rôle de foyer secondaire. • D'où la construction ci-contre. <div style="text-align: right;">  </div>

<p>-23</p>	<p>On écrit la A_{∞} pour la $\xrightarrow{L_1} F'_1=A_1 \xrightarrow{L_2} A'$ formule de conjugaison lentille L_2 :</p> <p>$\frac{1}{\overline{O_2A'}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{f'_2}$ d'où $\overline{O_2A'} = \frac{\overline{O_2A'_1} \times f'_2}{\overline{O_2A'_1} + f'_2}$ d'où $\overline{O_2A'} = \frac{(f'_1 - e) \times f'_2}{f'_1 - e + f'_2}$ AN :</p> <p>$\overline{O_2A'} = \frac{(50 - 31) \times (-25)}{50 - 31 + (-25)} = 79,2 \text{ mm}$</p> <p>$h_2 = \overline{A'B'}$ D'après la formule du grandissement pour la lentille L_2 : $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} = \frac{\overline{O_2A'}}{\overline{O_2A_1}}$ d'où</p> <p>$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} = \frac{\overline{A_1B_1} \times \overline{O_2A'}}{\overline{O_2A_1}} = \frac{-h f'_1}{D} \times \frac{(f'_1 - e) \times f'_2}{f'_1 - e + f'_2} \times \frac{1}{(f'_1 - e)} = \frac{-h f'_1}{D} \times \frac{f'_2}{f'_1 - e + f'_2} < 0$ donc</p> <p>$h_2 = \frac{h f'_1 f'_2}{D(f'_1 + f'_2 - e)}$ AN: $h_2 = \frac{50 \times 50 \cdot 10^{-3} \times (-25 \cdot 10^{-3})}{2 \cdot 10^3 (50 \cdot 10^{-3} + (-25 \cdot 10^{-3}) - 31 \cdot 10^{-3})} = 5,21 \text{ mm}$</p>
<p>24</p>	<p>L'encombrement E' est $\overline{O_1A'}$ or $\overline{O_1A'} = \overline{O_1O_2} + \overline{O_2A'} = e + \frac{(f'_1 - e) \times f'_2}{f'_1 - e + f'_2}$ d'où</p> <p>$E' = e + \frac{(f'_1 - e) \times f'_2}{f'_1 - e + f'_2}$ AN: $E' = 31 + 79 = 110 \text{ mm}$</p>
<p>25</p>	<p>Si on compare la dimension des images : $h_2 > h_1$ et l'encombrement : $E' > E$. L'objectif avec 2 lentilles permet d'avoir une image plus grande pour un objet donné à distance donnée. Par contre l'encombrement est double. <i>Il faut comparer l'encombrement pour un même grandissement.</i></p>
<p>26</p>	<p>Avec une lentille seule, le grandissement serait : $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{-h_2}{h} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{f'}{-D}$ d'où une distance focale :</p> <p>$f' = h_2 \frac{D}{h}$ AN: $f' = 5,21 \frac{10^{-3} \times 2 \cdot 10^3}{50} = 0,208 = 20,8 \text{ cm}$</p> <p>Avec une lentille simple l'encombrement est de 20,8cm alors qu'avec l'association des 2 lentilles il est de 11cm . En utilisant 2 lentilles on réduit l'encombrement de moitié pour un même grandissement.</p>