

CONTROLE TERMINAL

Optique matricielle & Photométrie Phys4C

Durée 2h - Sans document, calculatrice autorisée, téléphones portables éteints.

Les 3 exercices sont indépendants et peuvent être traités dans un ordre indifférent.

La présentation et la rédaction de la copie seront prises en compte.

Exercice I : Téléobjectif Temps maximal conseillé : $\approx 1h$

Un téléobjectif est constitué de deux lentilles minces de même axe optique, l'une L_1 convergente de centre O_1 , de distance focale image $f_i^{(1)} = 10 \text{ cm}$ et l'autre L_2 divergente de centre O_2 , de distance focale image $f_i^{(2)} = -4 \text{ cm}$, et distantes de $e = \overline{O_1O_2}$. Lorsque le téléobjectif est mis au point sur l'infini, son encombrement, c'est-à-dire la distance de la lentille L_1 au capteur CCD C est $D = 19 \text{ cm}$.

1. Faites un schéma (sans respecter l'échelle).
2. Calculez la matrice de transfert $T(\overline{O_1O_2}) = \begin{pmatrix} T_{11} & T_{12} \\ T_{21} & T_{22} \end{pmatrix}$ de ce téléobjectif. Vous donnerez les coefficients T_{ij} en fonction de e , $f_i^{(1)}$ et $f_i^{(2)}$.
3. En considérant deux points conjugués A_o et A_i , écrivez la matrice de conjugaison $T(\overline{A_oA_i})$ de deux manières différentes et déduisez-en une relation entre $x_o = \overline{O_1A_o}$ et $x_i = \overline{O_2A_i}$ (vous donnerez par exemple x_i en fonction de x_o et des T_{ij}).
4. Montrez alors que e est solution de l'équation du second degré suivante :

$$e^2 - e \left(f_i^{(1)} + D \right) + \left[\left(f_i^{(1)} + f_i^{(2)} \right) D - f_i^{(1)} f_i^{(2)} \right] = 0$$

5. Résolvez cette équation et donnez la valeur de e .
6. Quelles sont la vergence V et la distance focale image f_i du téléobjectif, en fonction de e , $f_i^{(1)}$ et $f_i^{(2)}$? Faites les applications numériques. Quel est l'avantage d'un téléobjectif par rapport à un objectif simple de même focale?
7. En utilisant les résultats obtenus à la question 3, établissez les relations donnant les positions $\overline{O_1H_o}$ et $\overline{O_2H_i}$ des points principaux H_o et H_i . Faites les applications numériques.
8. Déterminez les positions des foyers objet F_o et image F_i en calculant les distances $\overline{O_1F_o}$ et $\overline{O_2F_i}$.
9. Calculez la taille sur le capteur CCD de l'image d'une tour haute de 30 m et située à 1 km .

Exercice II : Ensemble lentille épaisse-miroir Temps maximal conseillé : $\approx 30 \text{ min}$

On considère une lentille épaisse L dont la matrice de transfert est

$$T(\overline{ES}) = \begin{pmatrix} 1 & 0,04/3 \\ -25 & 2/3 \end{pmatrix}$$

en unités SI.

On place derrière cette lentille un miroir M , à 2 cm de la face de sortie de L , de sorte que l'ensemble forme un système centré.

1. On suppose dans cette question que le miroir M est un miroir plan. Calculez la matrice du système $T(\overline{EE}) = T(\overline{ME})R_m(M)T(\overline{EM})$, $R_m(M)$ étant la matrice du miroir (vous pourrez dans un premier temps calculer séparément $T(\overline{EM})$ et déduire simplement $T(\overline{ME})$ de cette matrice). Déduisez-en la vergence du système lentille/miroir.
2. On suppose maintenant que le miroir n'est pas plan, mais sphérique, de vergence V_m . Déterminez la valeur de V_m , le rayon de courbure du miroir, ainsi que sa nature (convergent ou divergent) pour que l'ensemble lentille/miroir soit afocal.

Exercice III : Photométrie Temps maximal conseillé : ≈ 30 min

1. Un projecteur comporte une source de luminance uniforme L et de surface apparente $s = 2\text{ cm}^2$. On considère que cette source émet dans toutes les directions avec $I = \text{constante}$, et qu'il existe un système de réflecteurs qui renvoie toute la lumière dans la direction souhaitée. La source est placée à une distance D d'un système optique dont le facteur de transmission, défini comme étant le rapport du flux transmis par le système et du flux incident est $T = \frac{F_{\text{trans}}}{F_{\text{inc}}} = 0.85$. Ce projecteur éclaire un écran de surface $S_e = 16\text{ m}^2$ et l'éclairement moyen vaut $E_{\text{moy}} = 680\text{ lux}$.
 - (a) Calculez le flux lumineux au niveau de l'écran.
 - (b) Déduisez-en le flux lumineux émis par la source.
 - (c) Calculez la luminance de la source.
 - (d) Calculez la puissance de la lampe, sachant que son efficacité lumineuse vaut $\eta = 32\text{ lm.W}^{-1}$.
2. Une table de travail carrée de côté $a = 3\text{ m}$ est éclairée par une lampe S supposée ponctuelle dont la projection orthogonale sur la table coïncide avec le milieu H d'un de ses côtés. L'intensité lumineuse isotrope de la lampe est $I = 900\text{ cd}$.
 - (a) Exprimez l'éclairement E_c au centre C de la table en fonction de I , de a et de l'angle $\alpha = \widehat{CSH}$.
 - (b) Calculez cet éclairement E_c pour $\alpha = 45^\circ$.