

CONTROLE TERMINAL Phys41 Optique

Durée 2h00 - Sans document, calculatrice autorisée, téléphones portables éteints.
Les exercices sont indépendants et peuvent être traités dans un ordre indifférent.

Exercice I : Modélisation du cristallin Temps maximal conseillé : ≈ 40 min

On s'intéresse dans cet exercice au cristallin assimilable à une lentille épaisse convergente formée par deux dioptries \mathcal{D}_1 et \mathcal{D}_2 , de sommets respectifs S_1 et S_2 séparés d'une distance $e = 2,4$ mm (cf. Fig. 1).

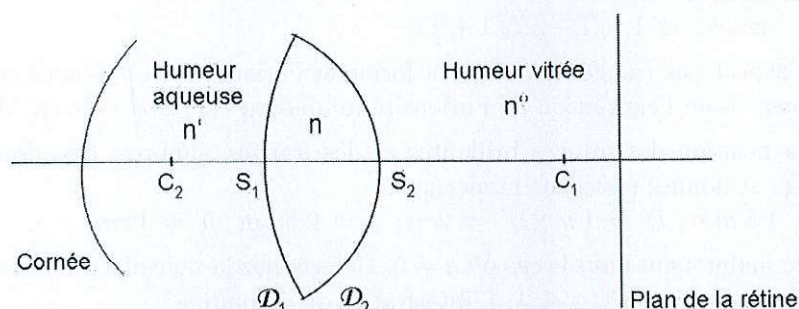


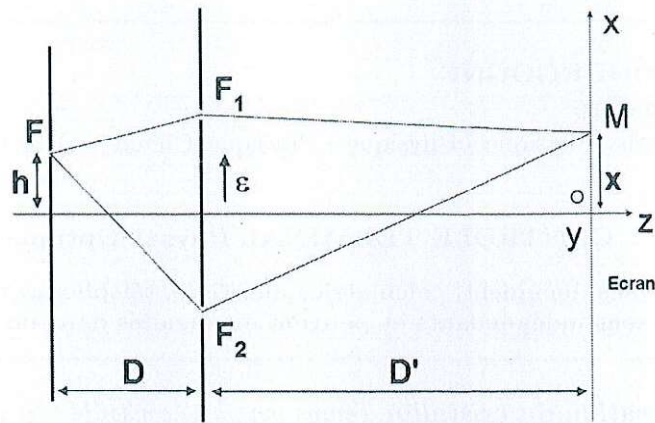
Fig. 1 : Schéma simplifié de l'œil

Le cristallin est caractérisé par un indice optique $n = 1,41$. Il est situé entre un milieu incident (vis-à-vis de \mathcal{D}_1) qui est l'humeur aqueuse, caractérisée par un indice $n' = 1,337$ et un milieu émergent (vis-à-vis de \mathcal{D}_2) qui est l'humeur vitrée caractérisée par un indice $n'' = 1,336$. A la suite de l'humeur vitrée se situe la rétine sur laquelle se formera l'image. Le dioptre \mathcal{D}_1 est caractérisé par un rayon de courbure de $\overline{S_1C_1} = 9,4$ mm et le dioptre \mathcal{D}_2 par un rayon de courbure de $\overline{S_2C_2} = -5,8$ mm.

- Rappelez la définition générale de la vergence pour un dioptre sphérique pour lequel le milieu incident est caractérisé par un indice n_1 et par un milieu émergent dont l'indice sera noté n_2 .
- Ecrivez la matrice $T(\overline{S_1S_2})$ du cristallin.
- Déduisez-en la vergence totale V du cristallin et calculez les distance focales objet f_o et image f_i .
- (a) Rappelez, sans démonstration, la matrice de conjugaison $T(\overline{AA'})$ entre deux points conjugués A et A' .
(b) Donnez la définition des points principaux objet et image H_o et H_i . Donnez alors une première expression de $T(\overline{H_oH_i})$.
(c) Exprimez $T(\overline{H_oH_i})$ d'une autre façon en faisant apparaître $T(\overline{S_1S_2})$.
- Déterminez alors les distances $\overline{S_1H_o}$ et $\overline{S_2H_i}$. Faites l'application numérique.
- Déduisez-en les positions des foyers objet et image du cristallin.
- Questions de cours** : Rappelez les définitions du Ponctum Proximum et du Ponctum Remotum. Donnez leurs valeurs pour un œil emmétrope. Un œil myope est-il trop ou pas assez convergent ? Avec quel type de lentille, convergente ou divergente, compense-t-on ce défaut ?

Exercice II : Dispositif des trous d'Young Temps maximal conseillé : $\approx 1h20$

On considère un système de trous d'Young constitué par un diaphragme percé de deux trous F_1 et F_2 , symétriques par rapport au plan (Oyz) , et séparés d'une distance d . Cet ensemble est éclairé par une source ponctuelle F située à la distance h du plan (Oyz) et à la distance D du plan des trous F_1 et F_2 (cf. schéma). Cette source émet une lumière monochromatique de longueur d'onde λ . On étudie les phénomènes d'interférences observés sur un écran E situé à la distance D' du plan des trous F_1 et F_2 . Les distances D et D' seront supposées très grandes par rapport à d .



- On se place tout d'abord dans le cas où $h = 0$. Soient deux rayons issus de la source F et arrivant sur l'écran en un point M situé à une distance x du point O après être passés respectivement par F_1 et F_2 . Déterminez la différence de marche $\delta(x)$ et le déphasage $\varphi(x)$ entre ces deux rayons, en fonction de x , D' et d .
On donne : pour $x \ll 1$, $\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{1}{2}x$.
- Décrivez l'aspect des franges (justifiez la forme et l'orientation) obtenues sur l'écran et donnez sans démonstration l'expression de l'intensité lumineuse $I(x)$ observée en M .
- Calculez la position des franges brillantes et des franges sombres. Déduisez-en l'expression de l'interfrange et donnez sa valeur numérique.
AN : $d = 1.5 \text{ mm}$; $D = 1 \text{ m}$; $D' = 2 \text{ m}$; $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$; $h = 1 \text{ cm}$.
- On se place maintenant dans le cas où $h \neq 0$. Déterminez la nouvelle différence de marche $\delta(x, h)$ en fonction de D , D' , d , h , x et λ . L'interfrange est-il modifié?
Indication : pour calculer la nouvelle différence de marche, on remarquera que la partie du calcul avant le plan des trous est similaire au calcul après ce plan. On pourra donc s'inspirer du résultat de la question 1.
- Donnez la position de la frange centrale (différence de marche nulle).
- Comment se déplace cette frange centrale si les deux trous F_1 et F_2 au lieu de rester symétriques sur l'axe (Oz) du système, sont déplacés perpendiculairement à la direction des franges, d'une quantité $\epsilon > 0$ (cf. schéma)?
- La source F est maintenant remplacée par deux sources F' et F'' incohérentes placées dans le même plan que F symétriquement par rapport au plan (Oyz). La distance entre les deux sources F' et F'' est égale à $2h$.
Donnez l'expression de l'intensité lumineuse :
 - $I_2(x, h)$ observée au point M si seule la deuxième source F'' était présente.
 - $I(x, h)$ observée au point M due aux deux sources ensemble. Justifiez.
- Montrez que cette intensité se met sous la forme

$$I(x, h) = 4I_0 \left(1 + \cos \left[\frac{2\pi h d}{\lambda D} \right] \cos \left[\frac{2\pi x d}{\lambda D'} \right] \right)$$

Dessinez l'allure de cette fonction et décrivez le phénomène observé sur l'écran.

$$\text{On donne } \cos p + \cos q = 2 \cos \left(\frac{p+q}{2} \right) \cos \left(\frac{p-q}{2} \right)$$