

TD S1.3 - Modèles de quelques dispositifs optiques

Table des matières

1	Questions de cours	1
2	L'œil emmétrope et ses caractéristiques	2
3	Correction des défauts de l'œil	2
4	Punctum Proximum et presbytie	3
5	Choix des lunettes de vue	3
6	Correction d'un œil hypermétrope	3
7	Estimation rapide de la vergence d'une lentille	4
8	Analyse d'une association achromatique	4

1 Questions de cours

La lumière pénètre dans l'œil par la pupille. La quantité de lumière entrante est régulée par l'ouverture ou par la fermeture de l'.....

qui joue ainsi le rôle de

La lumière est ensuite déviée et condensée par le

, lequel se comporte comme une lentille

L'image se forme au fond de l'œil sur la, qui transforme le signal lumineux reçu en signal

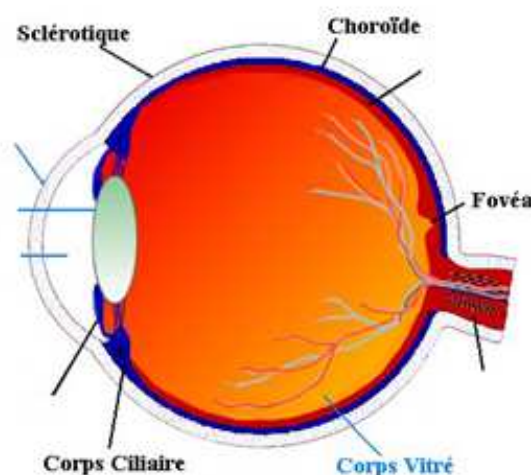
L'information est ensuite transmise au cerveau par l'intermédiaire du

L'ordre de grandeur de la limite de résolution angulaire de l'œil est :

L'ordre de grandeur de la plage d'accommodation de l'œil est :

L'association de deux lentilles minces accolées de vergences V_1 et V_2 est équivalente à
de vergence $V =$

2 L'œil emmétrope et ses caractéristiques



2.1 Légender le schéma de l'œil ci-dessus.

2.2 Représenter le schéma de l'œil réduit.

2.3 Définir la notion d'accommodation.

Une personne regarde un objet considéré à l'infini.

2.4 Comment nomme-t-on la position de cet objet par rapport à l'œil de l'observateur ? Où se forme son image ?

2.5 La personne accommode-t-elle ?

3 Correction des défauts de l'œil

On modélise un œil par une lentille convergente, de vergence variable et de centre O , placée à 15 mm de la rétine.

On rappelle qu'un œil normal accommode de 25 cm, distance de l'œil au Punctum Proximum (noté PP), à l'infini, distance de l'œil au Punctum Remotum (noté PR). On notera $\overline{OR}$ la position du PR et $\overline{OP}$ la position du PP.

3.1 Calculer la vergence du cristallin lorsque le sujet observe un objet placé au PR, notée V_{PR} puis la vergence du cristallin lorsque le sujet observe un objet placé au PP, notée V_{PP} .

3.2 Quelle est la variation de vergence possible $\Delta V = V_{PP} - V_{PR}$?

Un œil de myope a la même plage de vergence que l'œil emmétrope, mais la distance lentille-rétine est de 15,2 mm.

3.3 Déterminer le PR et le PP de cet œil.

3.4 Quelle est la vergence de la lentille de contact à utiliser pour corriger cet œil ?

Un œil d'hypermétrope a la même plage de vergence que l'œil emmétrope, mais la distance lentille-rétine est de 14,8 mm.

3.5 Déterminer le PR et le PP de cet œil.

3.6 Quelle est la vergence de la lentille de contact à utiliser pour corriger cet œil ?

4 Punctum Proximum et presbytie

On modélise un œil par une lentille convergente, de vergence variable et de centre O , placée à 15 mm de la rétine.

On rappelle qu'un œil normal accommode de 25 cm, distance de l'œil au Punctum Proximum (noté PP), à l'infini, distance de l'œil au Punctum Remotum (noté PR). On notera $\overline{OR}$ la position du PR et $\overline{OP}$ la position du PP.

4.1 Rappeler la valeur la vergence du cristallin lorsque le sujet observe un objet placé au PR, notée V_{PR} puis la vergence du cristallin lorsque le sujet observe un objet placé au PP, notée V_{PP} .

Redonner la valeur de la variation de vergence possible $\Delta V = V_{PP} - V_{PR}$?

L'œil vieillissant perd son pouvoir d'accommodation. Le PR n'est pas modifié, mais la vergence du cristallin ne peut varier que de :

◇ $\Delta V = 4,50 \delta$ à 33 ans

◇ $\Delta V = 1,00 \delta$ à 45 ans

◇ $\Delta V = 0,25 \delta$ à 70 ans

4.2 Exprimer la distance de l'œil au PP, notée d_m en fonction de ΔV . Puis la calculer pour chaque âge.

5 Choix des lunettes de vue

Un individu est très myope et son PR est situé à 11 cm devant l'œil. Un opticien lui propose une paire de lunettes telle que la distance œil-lunettes est de 1 cm.

5.1 Quelle est la vergence de ces lunettes?

Après s'être regardé dans une glace, il opte pour des verres de contact.

5.2 Pourquoi? Comment voit-il ses yeux (position, grandissement)?

5.3 Comment verrait-il son œil s'il était hypermétrope?

6 Correction d'un œil hypermétrope

L'œil hypermétrope est un œil de profondeur trop faible par rapport à l'œil normal. On le modélise de la façon suivante pour une vision à distance finie :

- sur un banc d'optique, on place une lentille convergente de vergence $V = +8 \delta$
- à 20 cm derrière la lentille, on place un écran

On cherche à former l'image d'un objet lumineux de dimension 2 cm perpendiculairement à l'axe optique de la lentille. L'objet est d'abord placé à 20 cm devant la lentille.

6.1 Réaliser un schéma avec l'échelle 2 cm=1 carreau comportant l'objet lumineux AB, la lentille, son centre optique O et son foyer image F', ainsi que l'écran.

6.2 En traçant deux rayons lumineux appropriés, déterminer la position de l'image A'B' de l'objet AB.

6.3 Comment sera l'image observée sur l'écran?

6.4 L'objet étant toujours à la même distance, on accole une lentille convergente de vergence $V_c = +2 \delta$ à la précédente. Calculer la valeur de la distance focale f'_{eq} de la lentille équivalente.

6.5 Refaire un schéma à l'échelle avec la nouvelle lentille ainsi constituée et déterminer la position de l'image A'B'.

6.6 Qu'a-t-on fait en rajoutant une lentille convergente à l'œil hypermétrope modélisé ?

7 Estimation rapide de la vergence d'une lentille

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un étudiant souhaite déterminer approximativement la vergence d'une lentille mince L_x à bords épais. Ayant déjà perdu beaucoup de temps, il ne dispose que d'une dizaine de secondes. Une lampe située à une dizaine de mètres peut lui servir de source quasi-ponctuelle. Il a également à sa disposition des lentilles convergentes, de distances focales inscrites sur les montures : 10 cm ; 30 cm et 1 m.

7.1 Quel indice lui laisse supposer le caractère divergent de la lentille L_x ?

7.2 Quelle lentille choisit-il d'accoler à L_x ?

7.3 L'image donnée par l'association du point lumineux lointain est quasi-ponctuelle, situé à 20 cm environ derrière les lentilles. Qu'en déduit l'étudiant ?

7.4 A-t-il fait le bon choix de lentille ?

8 Analyse d'une association achromatique

Le système étudié est une lentille convergente L obtenue par l'association d'une lentille convergente L_C , accolée à une lentille divergente L_D . On raisonne en ne considérant que deux longueurs d'onde λ_B et λ_R , respectivement bleue et rouge. On dispose par ailleurs de deux verres notés 1 et 2, de compositions chimiques différentes, dont les indices optiques moyens sur le spectre visible sont $n_1(\lambda)$ et $n_2(\lambda)$, avec une variation $\Delta n_1 = n_1(\lambda_R) - n_1(\lambda_B)$ et $\Delta n_2 = n_2(\lambda_R) - n_2(\lambda_B)$ entre λ_b et λ_R . Pour évaluer Δn_1 et Δn_2 , les variations relatives sont suffisamment petites pour qu'on puisse assimiler la dérivée de l'indice en fonction de λ à son taux d'accroissement :

$$\frac{dn}{d\lambda} \approx \frac{n(\lambda_R) - n(\lambda_B)}{\lambda_R - \lambda_B} = \frac{\Delta n}{\Delta \lambda}$$

La lentille divergente est réalisée dans le matériau 1, la convergente dans le matériau 2.

Données numériques pour les valeurs moyennes des vergences et des indices correspondant à la longueur d'onde moyenne λ_{moy} :

$V_C(\lambda_{moy}) = V_{Cmoy} = 5\delta$; $V_{Dmoy} = -3\delta$; $n_{1moy} = 1,55$ avec $\Delta n_1 = -0,016$; $n_{2moy} = 1,60$ avec $\Delta n_2 = -0,010$.

8.1 Quelle est la vergence moyenne de l'association V_{eqmoy} ?

On admet que chacune des vergences est telle que :

$$V(\lambda) = K(n(\lambda) - 1)$$

où K ne dépend que de la géométrie de la lentille.

8.2 Montrer que

$$\frac{dV}{d\lambda} = \frac{V(\lambda)}{n(\lambda) - 1} \times \frac{dn}{d\lambda}$$

8.3 En déduire la variation relative $\frac{\Delta V}{V_{moy}}$ en fonction de Δn et n_{moy} , sachant qu'on peut considérer dans la formule précédente que :

$$K = \frac{V(\lambda)}{n(\lambda) - 1} = \frac{V_{moy}}{n_{moy} - 1} \quad \text{et} \quad \frac{dV}{d\lambda} \approx \frac{V(\lambda_R) - V(\lambda_B)}{\lambda_R - \lambda_B} = \frac{\Delta V}{\Delta \lambda}$$

8.4 Calculer la variation de vergence ΔV_C pour la lentille L_C et ΔV_D pour la lentille L_D .

8.5 Montrer que

$$\frac{df'}{d\lambda} = -\frac{1}{(V(\lambda))^2} \times \frac{dV}{d\lambda}$$

8.6 Calculer $\Delta f' = f'(\lambda_R) - f'(\lambda_B)$ pour chacune des deux lentilles et décrire la position relative des foyers rouge et bleu.

8.7 Déterminer la variation de vergence ΔV_{eq} de l'association. Commenter.

8.8 Quelle distance sépare les foyers bleu et rouge de la lentille équivalente ? Conclure.