Chapitre 2 : Œil et défauts ophtalmologiques

Exercice 1.1 *Puissance optique d'un œil.*

L'œil peut être assimilé à un système optique constitué d'un dioptre sphérique (la cornée) et d'une lentille mince (le cristallin). Il est donc constitué de trois dioptres, comme le schématise la figure 1.1. L'humeur aqueuse a un indice $n = 1,33$, tout comme l'humeur vitrée. La cornée a un rayon de courbure de 8 mm ; le cristallin est situé à 3,6 mm. Ce dernier a une épaisseur maximale de 4 mm et a une forme d'une lentille biconvexe dont les dioptres ont des rayons de courbure égaux à 10 mm et 6 mm, respectivement. L'indice de réfringence du cristallin vaut approximativement 1,42. Enfin, la rétine se trouve à une distance de 17 mm derrière le cristallin . Calculer la dioptrie de la cornée, du cristallin et de l'œil.

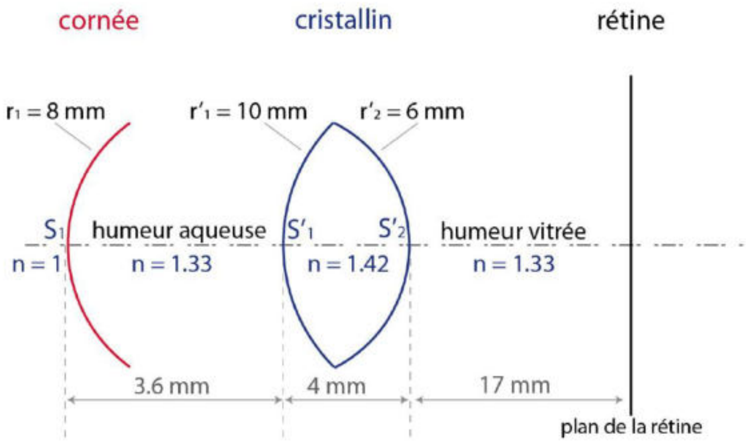


FIGURE 1.1 – Description schématique d'un œil regardant dans l'air (exercice 1.1).

Solution

1) Puissance de la cornée (dioptre sphérique) :

$$\Pi_{Co} = \frac{n_2 - n_1}{R} = \frac{1.33-1}{0.008} = 41.25\ \delta$$

2) Puissance du cristallin (lentille) :

$$\Pi_{Cr} = \frac{n_2 - n_1}{n_1}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) = \frac{1.42-1.33}{1.33}\left(\frac{1}{0.01} - \frac{1}{-0.006}\right) = 18.05\ \delta$$

R_2 est négatif car surface concave.

3) Puissance de l'œil
   a. Première méthode :

$$\Pi_{Oeil} = \Pi_{Co} + \Pi_{Cr} = 41.25 + 18.05 = 59.03\ \delta$$

   b. Deuxième méthode :
   Pour un œil sain, un objet à l'infini forme une image sur la rétine.

$$\Pi_{Oeil} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{0.017} = 58.82\ \delta$$

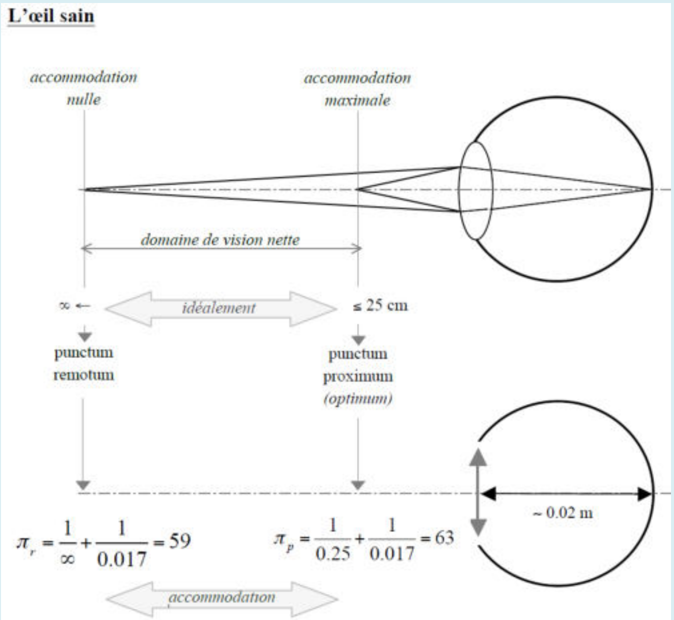
Exercice 1.2 *Pourquoi les objets observés sous l'eau sont-ils flous ?*

Lorsque nous sommes sous l'eau, les rayons lumineux pénétrant dans l'œil par la cornée arrivent d'un milieu d'indice $n = 1.33$ (eau) vers un milieu constitué d'humeur aqueuse, d'indice identique (voir figure 1.1, en modifiant la valeur de l'indice extérieur). Expliquer ce que devient le système optique, et pourquoi les objets apparaissent flous.

Solution

Si l'œil est sous eau, alors la cornée ne sert à rien. La puissance de l'œil sera celle du cristallin, soit 18.5 δ, et l'image se formera derrière la rétine car l'œil ne sera plus assez convergent.

RAPPELS



Note : les valeurs indiquées supposent que le *PP* est confondu avec le *PO*.
D'autres valeurs moyennes sont parfois utilisées :
PP = 58.8 (= 1/0.017), *PO* = 62.8 (= 58.8 + 4) et *PP* = 65.5 dioptries.

- l'œil au repos voit idéalement un objet situé à l'infini (*punctum remotum*)
- le cristallin peut se courber sous l'effet des muscles ciliaires pour augmenter la focale de l'œil : c'est l'accommodation, qui détermine la zone de vision nette.
- la distance minimale qu'un œil sain est capable de voir (accommodation maximale) est située à 25 cm de l'œil
- l'œil au repos (sans accommodation) a une puissance d'environ 59 dioptries
- l'œil au plus fort de l'accommodation a une puissance d'environ 63 dioptries
- le pouvoir d'accommodation A est défini par $A = \pi_p - \pi_r$ et vaut donc 4 dioptries pour un œil normal.

Exercice 1.3 Une personne atteinte de myopie a son punctum remotum à 0,2 m. Son pouvoir d'accommodation est de 4 dioptries (en réalité, il s'agit de l'accommodation intervenant pour un objet situé au punctum optimum).

1. Quelle puissance de verres correcteurs doit-on lui prescrire ?
2. Où se trouve le punctum optimum en l'absence de verres correcteurs ?
3. Où se trouve le punctum optimum s'il porte des verres ?

Solution

1) $PR = 0.2$ m au lieu de l'infini : $\dfrac{1}{d} + 58.8 = 53.8 \Rightarrow d = 0.25$ m

2) Correction : $\Pi_{\text{verre}} = 58.8 - 63.8 = -5$ D

3) $\Pi_{PP} = \Pi_{PR} + 4 = 67.8 \text{ D} \Rightarrow \dfrac{1}{d_{PP}} + 58.8 = 67.8 \Rightarrow d = 0.11$ m

4) $\Pi_{PP\text{ corrigé}} = 67.8 - 5 = 62.8 \text{ D} \Rightarrow \dfrac{1}{d_{PP\text{ corrigé}}} + 58.8 = 62.8 \Rightarrow d_{PP\text{ corrigé}} = 0.25$ m

Exercice 1.4 Un myope ne peut voir nettement au-delà de 40 cm. À quelle distance doit-il s'approcher d'un miroir pour se raser ?

Solution

Dans un miroir plan, l'objet et son image forme une symétrie orthogonale par rapport au miroir. La distance entre l'objet et le miroir doit donc être de 40/2 = 20 cm

Exercice 1.5 Un étudiant qui jusqu'à présent avait porté des verres de lunettes d'une puissance de – 2,7 dioptries apprend de son oculiste que son punctum remotum s'est rapproché de 20% de sa valeur initiale. Quelle est la puissance nécessaire des nouveaux verres correcteurs ?

Solution

PR initial sans lunettes : $\dfrac{1}{d_i} + 58.8 = 58.8 + 2.7 \Rightarrow d_i = 0.37$ m

Nouveau *PR* sans lunettes : $d_n = 0.8 d_i = 0.8 \times 0.37 = 0.296$ m

Nouvelle correction nécessaire : $\dfrac{1}{0.296} + 58.8 = 62.175 \Rightarrow \Pi_{\text{verre}} = 58.8 - 62.175 = -3.4$ D

Exercice 1.6 Le punctum remotum d'un personne myope est à 2 m. (a) Quelle correction doit être apportée par les verres de lunettes (b) Avec ces verres correcteurs, le punctum proximum se trouve à 25 cm. Où se trouve-t-il en l'absence de verres correcteurs ?

Solution

$$a)\ \Pi = \frac{1}{2} + 59 = 59.5\ \text{D} \Rightarrow \Pi_{verre} = 59 - 59.5 = -0.5\ \text{D}$$

$$b)\ \frac{1}{d} + 59 = 59.5 + 4 \Rightarrow d = 0.22\ \text{m}$$

Exercice 1.7 Quelle correction faut-il apporter à une personne âgée ayant son punctum proximum à 80 cm ?

Solution

$$\Pi = \frac{1}{0.8} + 58.8 = 60.05 \text{ au lieu de } 62.8 \Rightarrow \Pi_{verre} = 62.8 - 60.05 = +2.75\ \text{D}$$

Exercice 1.8 Une personne presbyte portant des lunettes correctrices de +1.5 peut-elle lire, sans ses lunettes, un journal qu'elle tient à 35 cm de ses yeux ?

Solution

$$PP \text{ sans lunettes : } \frac{1}{d} + 58.8 = 62.8 - 1.5 \Rightarrow d = 0.4\ \text{m} = 40\ \text{cm} \Rightarrow \text{Non}$$

Exercice 1.9 Une personne hypermétrope a son punctum proximum à 125 cm. Quelle correction doit-on lui prescrire ?

Solution

$$\Pi = \frac{1}{1.25} + 58.8 = 59.6 \Rightarrow \Pi_{verre} = 62.8 - 59.6 = +3.2\ \text{D}$$

Exercice 1.10 On considère un œil myope de 2,5 dioptries, ayant une amplitude d'accommodation de 7,5 dioptries.

1. Calculer la position du punctum remotum.
2. Préciser le parcours d'accommodation de l'œil.
3. Le sujet peut-il lire sans lunettes sur une feuille située à 25 cm de ses yeux ?
4. Le sujet est corrigé pour sa myopie à l'aide de lunettes. Quel type de lentilles faut-il utiliser ? Calculer la puissance du verre correcteur sachant qu'il est placé à 2 cm de l'œil.

Solution

$$1)\quad PR: \quad \frac{1}{x} + \cancel{\frac{1}{0.017}} = \cancel{58.8} + 2.5 \Rightarrow x = 0.40\ \text{m}$$

2) Le parcours accommodatif de l'œil est la distance entre le PR et le PP.

$$PP: \frac{1}{x} + \frac{1}{0.017} = (58.8 + 2.5) + 7.5 \Rightarrow x = 0.10 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

Le parcours est donc de : $0.4 - 0.1 = 0.3$ m

3) 25 cm étant situé entre le PP et le PR, le sujet peut lire à 25 cm de ses yeux.

4) Il n'est pas précisé dans la question si le myope a été corrigé pour sa vue de loin ou de près. Après contact avec M. Dontaine, c'est de la vue de loin dont l'on parle. A titre informatif nous considérerons les deux possibilités.

Vue de loin

Il faut utiliser une lentille divergente.

Si le verre correcteur est placé 2 cm devant l'œil, alors le PR est à $40 - 2 = 38$ cm.

On a alors immédiatement :

$$-\frac{1}{0.38} = -2.63\,\delta$$

Vue de près

Il faut utiliser une lentille divergente.

Calculons le PP corrigé (le sujet porte ses lunettes et PR est alors à l'infini)

$$PP_{corrigé} = \frac{1}{x} + \frac{1}{0.017} = 59 + 7.5 \Rightarrow x = 0.1303 \text{ cm}$$

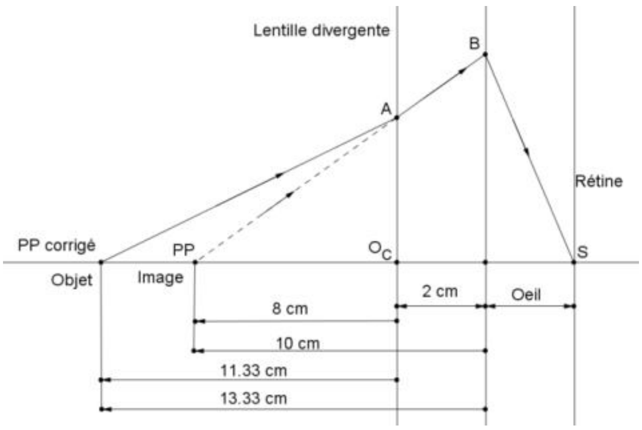
Soient donc sur le schéma les points $PP_{corrigé}$ et PP (non corrigé). On place devant l'œil, une lentille divergente. Sans cette lentille, un rayon issu de PP arrive sur la rétine en S. Avec la lentille, le rayon « semble » venir toujours de PP mais vient en réalité de $PP_{corrigé}$. En d'autres termes, $PP_{corrigé}$ joue le rôle d'objet et PP joue le rôle d'image. La puissance est alors donnée par la formule des lentilles :

$$D = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{0.1133} + \frac{1}{-0.08} = -3.67 \text{ dioptries}$$

Note 1 : On prend –0.08 puisque PP est placé du même côté que $PP_{corrigé}$.

Note 2 : On vérifie que l'on a aussi :

$$\frac{1}{0.1333} + \frac{1}{-0.1} = -2.5 \text{ dioptries}$$



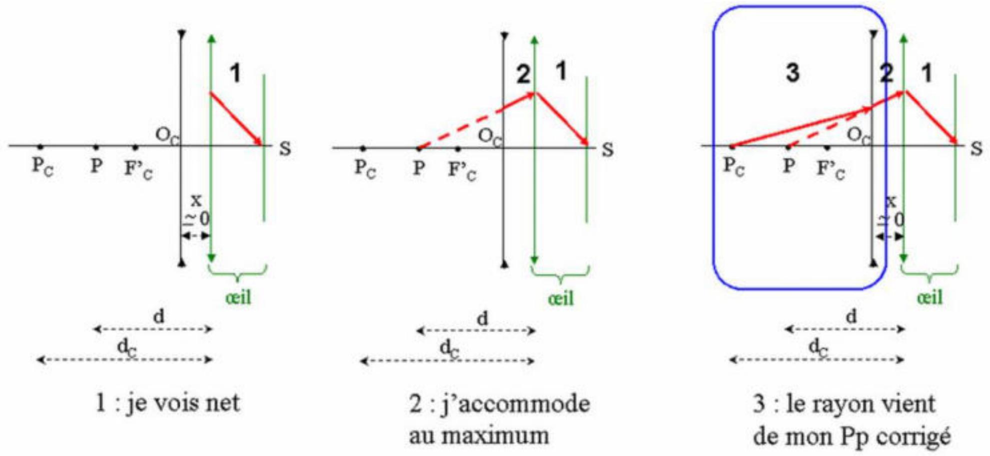
Explication supplémentaire

Voici comment j'explique la correction de la vision rapprochée pour un myope. Vois sur le schéma ci-dessous les notations employées : j'appelle P le punctum proximum de l'œil myope, P_C le punctum proximum après correction, O_C et F'_C le centre optique et le foyer image de la lentille correctrice (divergente bien sûr). L'œil est ramené à la lentille équivalente (cornée + cristallin) et a la rétine qui coupe l'axe optique en S (parce que je garde la lettre R pour le punctum remotum...). Les distances arithmétiques sont indiquées en-dessous : d, distance entre le PP non corrige et le centre optique de l'œil, d_C celle entre le PP corrige et l'œil ; la distance séparant le verre correcteur de l'œil est notée x. Même quand elle est supposée nulle, il faut la faire figurer sur le schéma en écartant légèrement la lentille de l'œil. La distance séparant la rétine du centre optique de l'œil n'est pas baptisée, car on n'en a jamais besoin.

Maintenant, l'astuce consiste à tracer la marche du rayon lumineux **en partant de la fin**, c'est à dire depuis son arrivée sur la rétine, pour **remonter progressivement vers la source** (ici le P_C). Cette construction se fait en trois étapes :
Etape 1 : l'œil voit nettement un point situe quelque part sur son axe optique : donc les rayons issus de ce point viennent focaliser en S.
Etape 2 : l'œil accommode au maximum (puisqu'il cherche à ajuster sa vision rapprochée). Donc le rayon qui arrive en S semble provenir du punctum proximum P de l'œil. On trace donc le rayon incident sur l'œil en l'alignant avec P. Ce rayon est aussi celui qui est sorti de la lentille correctrice.
Etape 3 : L'émergent de l'étape 2 correspond à un rayon incident qui est venu de P_C. La construction montre bien que P_C est nécessairement éloigné de l'œil, puisque le verre correcteur est divergent.

Maintenant, on regarde dans la bulle bleue du 3ieme schéma, qui englobe ce qui s'est passé au niveau de la lentille correctrice : l'objet qui l'éclaire est P_C, et elle en donne une image placée en P. Il ne reste donc plus qu'à écrire l'équation de conjugaison : $-\frac{1}{\overline{O_CP_C}}+\frac{1}{\overline{O_CP}}=\frac{1}{\overline{O_CF_C'}}$

dans laquelle la distance <u>arithmétique</u> O_CP_C vaut $d_C - x$, c'est ce que l'on cherche, la distance <u>arithmétique</u> O_CP vaut $d-x$, connue, et ou $\overline{O_CF_C'}$ vaut f'_C, distance focale du verre correcteur, négative, connue aussi puisqu'on l'a choisie pour corriger la vision éloignée. Bien entendu, si le verre correcteur est une lentille de contact, x est nul et ce sont les distances d et d_C qui interviennent dans l'équation de conjugaison. Il faut juste faire attention aux signes, puisque $\overline{O_CP}, \overline{O_CP_C}$ et f'_C sont négatives.
Et je n'ai pas besoin de savoir si la rétine est à 15, 16 ou 20 mm du cristallin : cette grandeur, qui figure dans ta formule "toute faite", n'intervient en réalité pas dans le calcul.



Exercice 1.11 Un dermatologue souhaite observer un bouton à l'aide d'une loupe. Il veut voir celui-ci cinq fois plus grand qu'il n'est en réalité. Quelle est la puissance de la loupe qu'il doit utiliser ?

Solution

Le grossissement d'une loupe est donné par : $G = 0.25\Pi \Rightarrow \Pi = \dfrac{G}{0.25} = \dfrac{5}{0.25} = 20 \text{ D}$

Exercice 1.12 Un microscope n'est rien d'autre que l'association de deux lentilles convergentes que l'on nomme alors « objectif » et « oculaire ». Quel sera le grossissement total d'un microscope constitué d'un oculaire « x10 » et d'un objectif « x50 » dont les centres optiques sont séparés de 17 cm. Déterminez également la distance focale et la puissance de ces lentilles.

Rappels

Désignons par l'indice 1 l'objectif, et par l'indice 2 l'oculaire.
Le **grossissement *G*** d'un microscope est égal au produit du grandissement linéaire $\mathscr{G}_1$ de son objectif par le grossissement G_2 de son oculaire.

$$\boxed{G = \mathscr{G}_1 . G_2} \qquad (1)$$

Le **grandissement linéaire** $\mathscr{G}$ est le rapport des dimensions de l'image i et de l'objet o.

$$\mathscr{G} = \frac{i}{o}$$

(Le terme grandissement est normalement réservé à la comparaison entre deux longueurs.)

Dans le cas du microscope, on montre que $\mathscr{G}$ est égal au rapport de ***L*** **(distance séparant les foyers intérieurs de l'objectif et de l'oculaire)** et de la distance focale f_1 de l'objectif.

$$\mathscr{G} = \frac{i}{o_1} = \frac{L}{f_1}$$

Le gain est le rapport des tangentes des angles selon lesquels on voit l'image et l'objet.

$$g = \frac{\tan\alpha'}{\tan\alpha}$$

Le grossissement (où grandissement angulaire) est le rapport des angles selon lesquels on voit l'image et l'objet.

$$G_2 = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

Dans la plupart des cas, les angles sont très petits. Dès lors gain et grossissement désignent la même chose.

$$g = \frac{\tan\alpha'}{\tan\alpha} = \frac{\alpha'}{\alpha} = G_2 \quad \text{car } \alpha \text{ et } \alpha' \text{ sont en général très petits}$$

On montre que dans le cas de l'oculaire (l'oculaire est une loupe) que le grossissement (ou le gain) est égal au rapport de la distance minimale de vision d_m. (le punctum proximum est en général pris égal à 25 cm) et la distance focale f_2 (dans l'hypothèse où l'œil est collée à l'oculaire).

$$\boxed{g = G_2 = \frac{d_m}{f_2}}$$

La relation (1) devient alors :

$$G = \frac{L}{f_1} \cdot \frac{d_m}{f_2}$$

La **puissance Π** d'un microscope est définie par :

$$\boxed{\Pi = \frac{G}{d_m} = \frac{L}{f_1 f_2}}$$

Et si d_m = 25 cm, alors : $\boxed{\Pi = 4.G}$

Solution

a) Grossissement : $G = 10 \times 50 = 500$

b) Distance focale de l'oculaire : $G_2 = \dfrac{d_m}{f_2} \Rightarrow f_2 = \dfrac{d_m}{G} = \dfrac{0.25}{10} = 0.025 \text{ m}$

La puissance de l'oculaire est alors : $\Pi_{oc} = \dfrac{1}{f_2} = \dfrac{1}{0.025} = 40\ \delta$

c) 17 cm est la distance entre les centres optiques. La distance L entre les foyers est : $L = 0.17 - f_1 - f_2$. On peut alors calculer la distance focale de l'objectif :

$$G = \frac{L.d_m}{f_1 f_2} \Rightarrow 500 = \frac{(0.17 - 0.025 - f_1) \times 0.25}{f_1 \times 0.025} \Rightarrow f_1 = 2.843 \times 10^{-3} \text{ m}$$

La puissance de l'oculaire est donc : $\Pi_{obj} = \dfrac{1}{f_1} = \dfrac{1}{2.843 \times 10^{-3}} = 351.7\ \delta$

Bien que cela ne soit pas demander dans l'énoncé calculons la position que doit avoir l'objet, lorsque l'image finale est focalisée sur la rétine de l'œil au repos.

Pour que l'image soit focalisée sur la rétine de l'oeil, il faut que l'image donnée par l'objectif soit approximativement à la même position que le foyer objet de l'oculaire.

Pour l'objectif, on a alors : $q = 0.17 - 0.025 = 0.145$, et donc :

$$\frac{1}{f_{obj}} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} \Rightarrow \frac{1}{0.02843} = \frac{1}{p} + \frac{1}{0.145} \Rightarrow p = 2.89 \times 10^{-3} \text{ m} = 2.89 \text{ mm}$$

Exercice 1.13 Une personne possédant une acuité visuelle de 10/10 observe un tableau situé à 5,0 m de distance. Sur ce tableau, deux points sont dessinés côte à côte. Quelle doit-être la distance minimale séparant les deux points afin que la personne puisse les distinguer ?

Rappels

L'acuité visuelle est égale à l'inverse du diamètre apparent minimum et s'exprime en dixièmes :

$$\boxed{AV = \frac{1}{a}}$$

Où a est le diamètre apparent en minium d'arc.

$$\boxed{a = \frac{180 \times 60}{\pi} \arctan\left(\frac{d'}{D}\right) \simeq 3.44\,\frac{d}{D}}$$

- d : distance minimum des points discernables, exprimée en mm
- d' : distance minimum des points discernables, exprimées en m
- D : distance d'observation, exprimée en mètres.
- La fonction arctan s'exprime ici en radian, on utilise l'approximation des petits angles.

Solution

$$a = \frac{1}{AV} = \frac{1}{\frac{10}{10}} = 1 \Rightarrow d = \frac{aD}{3.44} = \frac{1 \times 5}{3.44} = 1.45 \text{ mm}$$

Exercice 1.14 Afin de déterminer l'acuité visuelle des patients, on leur fait lire des lettres de différentes tailles sur un tableau. Chacune des lettres sous-tend un angle de 5 minutes d'arc et ceci afin que chaque partie de lettre sous-tende un angle d'une minute d'arc comme illustré à la figure 1.2.

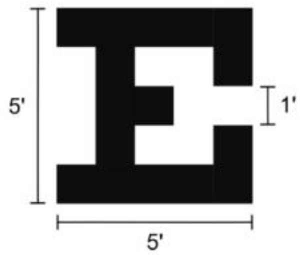


FIGURE *1.2* – Dimensions des lettres utilisées pour le test d'acuité visuelle de Monoyer.

Quelle doit-être la taille de cette lettre sur la ligne 10/10 d'un tableau situé à 5,0 m du patient ?

Solution

A partir de l'exercice précédent, la réponse est immédiate : $h = 5d = 5 \times 1.45 = 7.27$ mm

Exercice 1.15 Des mesures effectuées chez l'aigle ont montré une acuité visuelle d'environ 2,5. A quelle hauteur un aigle peut-il discerner un insecte de 2 mm ?

Solution

$$\frac{1}{2.5} = 3.44 \times \frac{2}{D} \Rightarrow D = 17.2 \text{ m}$$

Pour une souris de 15 cm, D = 1.3 km (!!??)

Exercice 1.16 Au niveau de la fovéa, la distance séparant deux cônes voisins est de 1,5 µm. Afin de pouvoir distinguer deux points distincts, il faut que leurs images se produisent sur deux cônes différents. Quelle est la taille minimale d'un objet que l'on peut voir si on estime qu'il faut, pour le voir correctement, un cône non utilisé entre deux cônes stimulés ? Quel est dans ce cas l'acuité visuelle de cette personne ? (la distance cristallin-fond de l'œil est estimée à 17 mm).

Solution

a) Puisque qu'il y a un cône non-utilisé entre deux cônes stimulés, on peut calculer la hauteur minimale d'un objet qui se trouverait au PP (25 cm). Par application, des triangles semblables, on a

$$x = 2 \times 1.5 \times 10^{-6} \times \frac{25}{1.7} = 44.177 \times 10^{-6} \text{ m} = 44.117 \text{ µm}$$

b) On applique la définition de l'AV :

$$a = 3.44 \times \frac{44.177 \times 10^{-3}}{0.25} = 0.6078$$

Donc : $AV = \dfrac{1}{a} = \dfrac{1}{0.6078} = 1.64 = \dfrac{16.4}{10}$

Exercice 1.17 Calculer l'espacement entre les franges brillantes produites sur l'écran par deux sources de lumière cohérente jaune de 600 nm de longueur d'onde. La distance entre les fentes est de 0,8 mm et l'écran est situé à 2 m. Que devient cet espacement si la source utilisée tend vers le bleu ?

Rappels

Les conditions d'interférence constructive et destructive des ondes issues de deux sources cohérentes peuvent s'exprimer en fonction de la différence de phase δ.

$$\left.\begin{array}{ll} \text{Constructive} & \delta = m\lambda \\ \text{Destructive} & \delta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \end{array}\right\} \quad m = 0; \pm1, \pm2, \pm3...$$

Expérience de Young :

$$\tan\theta = \frac{y}{L} \qquad \delta = \sin\theta$$

d	Distance entre les fentes (m)
L	Distance entre les fentes et l'écran (m)
y	Distance entre le centre de l'écran et un point (m)
δ	Différence de marche (° ou rad)
θ	Angle que sous tend la distance y vue des fentes.

Solution

Puisque la distance L, à l'écran est grande par rapport à d, on peut écrire : $\sin\theta = \tan\theta$,

d'où on tire : $\frac{\theta}{d} = \frac{y}{L}$. Or les franges brillantes correspondent à $d = m\lambda$. Ainsi $\frac{m\lambda}{d} = \frac{y}{L}$.

La position de la frange brillante d'ordre m est donc donnée par : $y_m = \frac{m\lambda L}{d}$

On en déduit que l'espacement entre deux franges est :

$$\Delta y = y_{m+1} - y_m = \frac{(m+1)\lambda L}{d} - \frac{m\lambda L}{d} = \frac{\lambda L}{d} = \frac{6\times 10^{-7}\times 2}{8\times 10^{-4}} = 1.5\times 10^{-3} \text{ m}$$

Exercice 1.18 On éclaire un réseau comprenant 400 traits par mm à l'aide d'une source de lumière de 550 nm de longueur d'onde. Sous quel angle est observé le maximum d'ordre 2 ? Quel est le nombre total de maxima observés ?

Rappels

La diffraction le changement de l'orientation de la propagation des fronts d'ondes sur les bords d'une ouverture ou d'un obstacle.
Positions des **minima** d'un figure de diffraction produite par une *fente simple* :

$$\boxed{a\sin\theta = M\lambda \qquad M = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots}$$

où a est la largeur de la fente et θ l'angle qui sous tend la position du minima par rapport au centre de l'écran.
Les positions des **maxima** principaux d'un réseau sont données par

$$\boxed{\left.\begin{array}{c}\delta = m\lambda \\ \delta = d\sin\theta\end{array}\right\} \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots}$$

où d est le pas du réseau.

Solution

(a) Le pas d du réseau correspond à l'intervalle entre les traits : $d = \frac{1}{400} = 2.5\times 10^{-6}$ m

Pour le deuxième ordre, $m = 2$ et on a : $\delta = m\lambda = 2\lambda$.

Puisque $\delta = d\sin\theta_2$, on trouve : $\sin\theta_2 = \frac{\delta}{d} = \frac{2\times 550\times 10^{-9}}{2.5\times 10^{-6}} = 0.44 \Rightarrow \theta_2 = 26.1°$.

De même on trouve : $\theta_3 = 41.3°$ et $\theta_4 = 61.6°$.

(b) Si on reprend le calcul précédent pour le $5^{ème}$ordre, on trouve $\sin\theta > 1$, et donc les maxima d'ordre 5 n'existe pas. On observe donc 9 maxia : le maxima central flanqué de 4 maxim de chaque côté.

Exercice 1.19 Afin de réaliser une analyse, on doit éclairer un échantillon au moyen d'une lumière jaune dont la longueur d'onde est de 580 nm. Disposant d'une source de lumière blanche polychromatique, on souhaite acheter un réseau afin d'isoler la lumière jaune par diffraction (voir schéma ci-dessous). Quel doit être le nombre de traits par millimètre du réseau afin que le maximum du second ordre éclaire l'échantillon ?

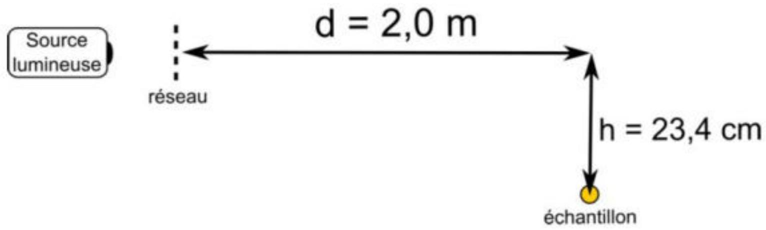


FIGURE *1.3* – Schéma de principe de l'analyse de l'échantillon à réaliser (exercice 1.19)

Solution

On a : $\tan\theta = \frac{23.4}{200} \Rightarrow \theta = 6.673°$.

La différence de marche pour les maxima principaux d'un réseau sont donnés par :

$$\delta = m\lambda.$$

Pour le deuxième ordre, $m = 2 \Rightarrow \delta = 2\lambda$.

Or $\delta = d\sin\theta \Rightarrow d = \frac{\delta}{\sin\theta} = \frac{2\lambda}{\sin\theta} = \frac{2\times 580\times 10^{-9}}{\sin 6.673°} = 9.9821\times 10^{-6}$ m

Nombre de fentes par mm : $N = \frac{1}{9.9821\times 10^{-3}} = 100$