L'oeil et la vision — Exercices Physique 10e HarmoS

Exercice 1

Modèle de l'œil réduit : Pour étudier la formation des images dans l'œil humain, on modélise l'œil par un système simple composé de trois éléments optiques principaux.

1. Associer chacun des éléments réels de l'œil — **iris/pupille**, **cristallin (+ cornée)**, **rétine** — à son équivalent sur un banc d'optique (**diaphragme**, **lentille convergente**, **écran**).
2. Sur la rétine, l'image d'un arbre observé au loin est-elle **droite ou renversée** ? Comment expliquer que nous percevions pourtant le monde à l'endroit ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 2

Le phénomène d'accommodation : Contrairement à un appareil photo qui déplace sa lentille pour faire la mise au point, la distance entre le cristallin et la rétine d'un œil humain adulte reste **fixe**, égale environ à $d = 17$ mm (0,017 m).

1. Comment l'œil parvient-il néanmoins à voir nettement aussi bien une montagne lointaine qu'un livre tenu à 25 cm ? Quel paramètre optique varie ?
2. Calculer la vergence (en dioptries) et la distance focale du modèle de l'œil réduit ($p' = 17$ mm) :
   - lorsque l'œil regarde à l'infini (œil au repos, **punctum remotum** PR) ;
   - lorsque l'œil accommode au maximum pour lire à $p = 25$ cm (**punctum proximum** PP).

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 3

La myopie et sa correction : Un élève **myope** voit parfaitement net de près, mais voit flou les objets éloignés (au-delà d'une certaine distance).

1. Où se forme l'image d'un objet situé à l'infini dans un œil myope au repos (avant ou derrière la rétine) ? L'œil myope est-il **trop convergent** ou **pas assez convergent** ?
2. Quel type de lentille correctrice (convergente ou divergente) doit-on prescrire dans ses lunettes ?
3. Le **punctum remotum** (point le plus éloigné vu net sans lunettes) de cet élève est à 50 cm devant son œil. Pour qu'il voie net à l'infini avec des lunettes (collées à l'œil en première approximation), ses verres doivent former d'un objet à l'infini une image virtuelle à $p' = -50$ cm. Calculer la **vergence** C et la distance focale de ses lunettes.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 4

L'hypermétropie et sa correction : Une personne **hypermétrope** a un œil **pas assez convergent** (ou trop court) au repos.

1. Où aurait tendance à se former l'image d'un objet situé à l'infini dans un œil hypermétrope au repos ? Pourquoi une personne jeune légèrement hypermétrope parvient-elle malgré tout à voir net de loin, mais souffre souvent de fatigue oculaire et de maux de tête en lisant ?
2. Quel type de lentille correctrice faut-il lui prescrire ?
3. Son ophtalmologue lui prescrit des verres de vergence $C = +2{,}5\ \delta$. Quelle est la distance focale de ces verres, et quel type de lentille est-ce ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 5

La presbytie et les verres de lecture : Avec l'âge (dès 40–45 ans), le cristallin perd de sa souplesse et les muscles ciliaires peinent à le bomber : c'est la **presbytie**.

Une personne a une vision parfaite de loin (elle voit net à l'infini sans lunettes), mais son **punctum proximum** (distance minimale de vision nette) a reculé jusqu'à $d_{\mathbf{PP}} = 1{,}00$ **m**.

1. Quel type de lunettes (loupes) doit-elle utiliser uniquement pour lire son journal à une distance confortable de $p = 25$ cm (0,25 m) ?
2. Les lunettes doivent former d'un texte situé à $p = 0{,}25$ m une image virtuelle située exactement à son punctum proximum ($p' = -1{,}00$ m). Calculer la **vergence** C et la distance focale de ses lunettes de lecture.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 6

Calcul de la correction d'un œil hypermétrope par le PP : Un patient hypermétrope (trop peu convergent) voit parfaitement au loin en forçant, mais sans lunettes son **punctum proximum** est à 80 cm (0,80 m).

1. Calculer la vergence C des lunettes convergentes lui permettant de lire confortablement à $p = 25$ cm (en formant une image virtuelle à $p' = -80$ cm).
2. Pourquoi ce patient garde-t-il ses lunettes **tout le temps** (contrairement au presbyte pur) s'il veut voir net aussi de loin sans fatiguer son cristallin ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 7

Plage de vision nette d'un myope corrigé et non corrigé : Un patient myope a, sans lunettes, un punctum remotum à PR = 40 cm et une amplitude d'accommodation normale de $\Delta C = +4{,}0\ \delta$.

1. Quel est son **punctum proximum (PP)** sans lunettes ? *(Indication : sans lunettes, l'écart en dioptries vaut* $\frac{1}{PP} - \frac{1}{PR} = 4{,}0\ \delta$*.)*
2. On lui prescrit des verres de vergence $C = -2{,}5\ \delta$ pour corriger sa vision à l'infini. Où se situe alors son nouveau punctum proximum **avec ses lunettes** ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 8

Pourquoi voit-on flou sous l'eau sans masque de plongée ? Dans l'air ($n_{\text{air}} = 1{,}00$), la face bombée de la **cornée** (indice $n_{\text{cornée}} \approx 1{,}38$) assure environ les deux tiers de la convergence totale de l'œil ($\approx +43\ \delta$ sur $+60\ \delta$).

1. Lorsqu'un nageur ouvre les yeux directement dans l'eau ($n_{\text{eau}} = 1{,}33$), pourquoi la cornée perd-elle presque tout son pouvoir convergent ?
2. L'œil sous l'eau se comporte alors comme un œil fortement **hypermétrope** ou fortement **myope** ?
3. Pourquoi un **masque de plongée** à vitre plate restaure-t-il une vision nette sous l'eau ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 9

Diamètre apparent et pouvoir séparateur de l'œil : L'œil humain moyen distingue deux points séparés s'ils sont vus sous un **diamètre apparent** (angle α) d'au moins 1 minute d'arc ($\alpha_{\text{min}} \approx 0{,}0003$ rad), ce qui correspond à un écart minimal d'environ 0,075 mm (75 μm) à la distance $D = 25$ cm.

1. Sur la rétine (située à $d = 17$ mm derrière le centre optique), à quel espacement minimal entre deux cônes/bâtonnets correspond cet angle $\alpha_{\text{min}} = 0{,}0003$ rad ? *(Utiliser* $\Delta y = d \times \alpha_{\text{min}}$*.)*
2. Une tour haute de $H = 60$ m est observée à une distance $L = 300$ m. Quelle est la **hauteur de son image sur la rétine** (en mm) ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 10

Problème de synthèse (taille de l'image sur la rétine à travers des lunettes) :

Lors d'un examen ophtalmologique, le médecin lit sur les lunettes d'un patient qu'elles ont une vergence $C = -5{,}0\ \delta$ (verre épais au bord, mince au centre).

1. Quel trouble de la vision corrige ce verre ? Quel est l'état du cristallin au repos sans lunettes ?
2. Calculer le **punctum remotum** sans lunettes de ce patient.
3. Pourquoi une personne portant des lunettes fortement négatives (myopie forte) paraît-elle avoir des **yeux plus petits** lorsqu'on la regarde de face à travers ses verres ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 11

On modélise l'œil par une lentille convergente (cristallin) et un écran (rétine) situé à 17 mm derrière elle.

1. Quelle doit être la vergence de l'œil pour voir net un objet très éloigné ?
2. Quelle doit être sa vergence pour voir net un objet à 25 cm ?
3. De combien de dioptries l'œil a-t-il dû augmenter sa vergence ? Comment s'appelle ce phénomène ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 12

Un arbre de 10 m de haut est situé à 50 m d'un observateur. On modélise l'œil par une lentille et la rétine à 17 mm.

1. Calculer la taille de l'image de l'arbre sur la rétine.
2. L'image est-elle droite ou renversée ? Pourquoi voyons-nous pourtant l'arbre à l'endroit ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 13

Un élève myope voit net jusqu'à 2 m au maximum (punctum remotum PR = 2 m).

1. Quel type de lentille doit-il porter ?
2. Calculer la vergence des verres (la lentille doit donner d'un objet à l'infini une image virtuelle au PR).

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 14

Une personne hypermétrope ne voit net de près qu'à partir de 1 m (punctum proximum PP = 1 m). Elle veut lire un livre tenu à 25 cm.

1. La lentille correctrice doit donner du livre une image virtuelle située au PP. Calculer sa vergence.
2. Est-elle convergente ou divergente ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 15

Avec l'âge, le cristallin perd sa souplesse : c'est la **presbytie**. Pour un œil sans autre défaut, le punctum proximum vaut $\mathrm{PP} = \frac{1}{A}$, où A est l'amplitude d'accommodation (en dioptries).

1. À 20 ans, $A \approx 10\,\delta$; à 50 ans, $A \approx 2\,\delta$. Calculer le PP dans chaque cas.
2. Quelle vergence de « lunettes de lecture » faut-il à 50 ans pour lire à 25 cm ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 16

L'œil humain distingue deux points s'ils sont vus sous un angle d'au moins 3×10^{-4} rad (environ 1 minute d'angle). Pour de petits angles, angle $\approx \frac{\text{écart}}{\text{distance}}$.

1. Quel est l'écart minimal entre deux points visibles séparément à 10 m ?
2. Les phares d'une voiture sont écartés de 1,5 m. Jusqu'à quelle distance voit-on deux phares distincts ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 17

La pupille se contracte en pleine lumière (diamètre 2 mm) et se dilate dans l'obscurité (diamètre 8 mm).

1. Par combien la surface de la pupille est-elle multipliée entre ces deux situations ?
2. Quel est le rôle de cette adaptation ?
3. À quel élément d'un appareil photo la pupille correspond-elle ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 18

La Lune est vue sous un angle d'environ 0,5°, soit 0,0087 rad.

1. Calculer le diamètre de l'image de la Lune sur la rétine (distance cristallin–rétine 17 mm).
2. Pourquoi la Lune paraît-elle plus grande à l'horizon qu'au zénith, alors que son image sur la rétine a la même taille ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 19

Associer chaque description à un défaut de la vision (myopie, hypermétropie, presbytie, astigmatisme) et au type de correction :

1. L'œil est trop long : l'image d'un objet lointain se forme avant la rétine.
2. Le cristallin a perdu sa souplesse avec l'âge : la lecture de près devient difficile.
3. La cornée n'est pas parfaitement sphérique : les lignes verticales et horizontales ne sont pas nettes en même temps.
4. L'œil est trop court : l'image se forme derrière la rétine et il faut accommoder même pour voir loin.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 20

La persistance rétinienne fait qu'une image reste « imprimée » sur la rétine environ $\frac{1}{20}$ à $\frac{1}{25}$ de seconde.

1. Pourquoi un film composé de 24 images fixes par seconde paraît-il animé ?
2. Combien d'images contient un film de 1 h 30 à 24 images par seconde ?
3. Pourquoi voit-on un trait lumineux quand on agite rapidement une lampe dans le noir ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 21

Dans le modèle de l'œil, quelle structure joue le rôle de l'écran où se forme l'image ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 22

Quelle structure règle la taille de la pupille ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 23

Quand l'œil regarde un texte proche après un paysage éloigné, sa vergence augmente-t-elle ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 24

Dans un œil myope non corrigé et au repos, où se forme l'image d'un objet très éloigné ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 25

Quel type de lentille peut corriger la myopie ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 26

Dans le modèle d'un œil hypermétrope au repos, où se situerait le foyer image d'un faisceau lointain par rapport à la rétine ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 27

Dans l'œil réduit, l'image formée sur la rétine d'un objet réel est-elle droite ou renversée ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 28

Pourquoi une pupille plus petite laisse-t-elle entrer moins de lumière ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 29

Dans un œil réduit regardant un objet à l'infini, la rétine se trouve 2 cm derrière la lentille. Quelle focale est nécessaire ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 30

Comment adapter un modèle d'œil fait d'une lentille et d'un écran fixe pour rendre net un objet rapproché ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site