Exercice pour s'entraîner

L'œil et la vision de près

*L'œil humain a sensiblement la forme d'une sphère limitée par une membrane (la sclérotique) qui est transparente à l'avant de l'œil et forme la cornée (**figure 1**). L'intérieur du globe oculaire est divisé en deux parties séparées par le cristallin.*

L'œil normal (emmétrope) permet de voir des objets situés devant lui depuis la distance d_{min} jusqu'à la distance d_{max} . La distance rétine-cristallin, est anatomiquement invariable. Quelque-soit l'accommodation, elle vaut en moyenne SR = 16,7 mm .

L'œil peut distinguer deux points proches suffisamment contrastés si leur distance angulaire est supérieure à $\varepsilon = 4.10^{-4}$ rad. La partie antérieure entre la cornée et le cristallin est remplie d'un liquide appelé humeur aqueuse. L'iris définit la pupille. La partie postérieure du cristallin est formée du corps vitré. La rétine qui sert de détecteur est tapissée de cellules de deux types différents, les cônes et les bâtonnets qui transforment l'excitation lumineuse en influx nerveux. La fovéa, partie de la rétine située sur l'axe optique de l'œil, est la partie la plus sensible de la rétine. La figure 1 représente une coupe de l'œil.

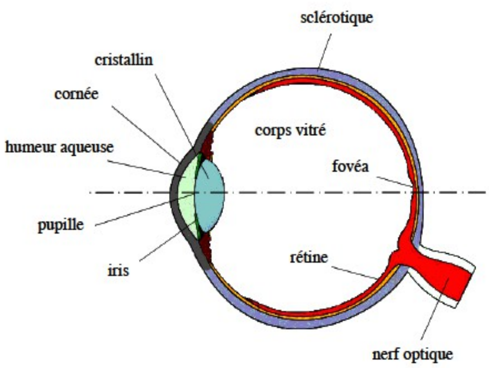


Figure 1 : coupe de l'œil humain

1. L'œil emmétrope

1.1) Faire un schéma simplifié de l'œil en précisant le rôle de l'iris, du cristallin, de la rétine.

1.2) Expliquer ce qu'on entend par « accommodation ». Indiquer les ordres de grandeur de la plage d'accommodation.

1.3) Exprimer puis calculer la valeur V_{min} de la vergence V de l'œil quand l'œil emmétrope regarde un objet situé à l'infini.

1.4) Exprimer puis calculer la valeur V_{max} de la vergence V de l'œil quand l'œil emmétrope regarde un objet situé à la distance d_{min} .

1.5) La variation de la vergence de l'œil $A= V_{max}$ - $V_{\min}$ est appelée l'amplitude d'accommodation. Exprimer puis calculer A dans le cas de l'œil emmétrope.

2. L'œil presbyte

2.1) *Avec l'âge, l'amplitude d'accommodation se réduit. Cette diminution physiologique porte le nom de presbytie. En pratique, un individu devient presbyte quand il doit éloigner son journal de plus de 35 cm de son œil pour lire. Dans ce cas, la distance d_{min} augmente et vaut d'_{min} = 35cm* et $d'_{max} = d_{max}$ reste inchangée.

2.1.a) Exprimer puis calculer A' l'amplitude d'accommodation de l'œil emmétrope d'un individu devenu presbyte.

2.1.b) Exprimer la taille $A_0B_{0\ \min}$ des caractères du journal placé à $d'_{\min}$ = 35 cm que peut lire cet individu devenu presbyte, en fonction de la résolution angulaire α et $d'_{\min}$. Puis la calculer en mm en prenant $\alpha = 4.10^{-4}$ rad. Conclure.

2.1.c) Exprimer la taille $A_0B_{0\min}$ des caractères si la presbytie de l'individu augmentait de telle façon qu'il doive placer le journal à d=1m de son œil ? La calculer et conclure.

2.2) *Une personne voit nettement un point à l'infini sans accommoder mais ne peut voir un point situé à moins de 1 m en accommodant au maximum. Pour pouvoir lire confortablement un journal placé à d_{min}=25 cm devant lui, il porte des lunettes dont chaque verre (assimilé à une lentille mince convergente (L_L) de vergence V_L et de centre optique O_L) est placé à e =2 cm devant le centre optique de l'œil (**figure 3**). Dans ces conditions, il n'accommode pas.*

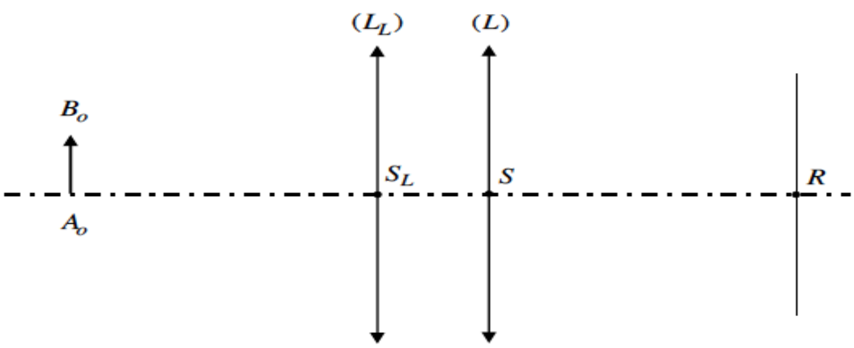


Figure 3 : lentille correctrice placée devant l'œil pour la vision de près.

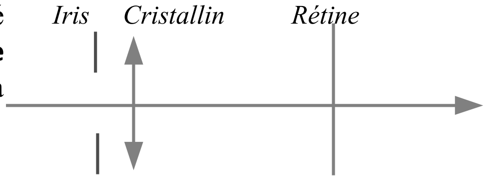
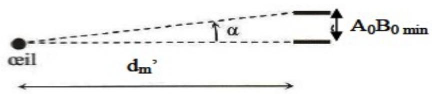
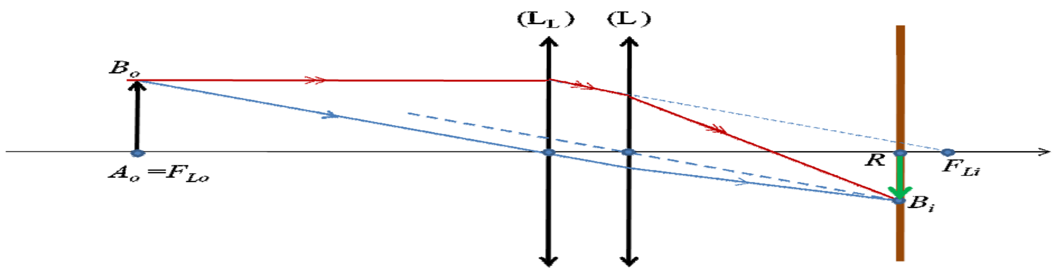
2.2.a) Exprimer la vergence V_L de chacun des verres des lunettes en fonction de $d_{\min}$, puis la calculer.

2.2.b) En reprenant le schéma de la figure 3, représenter deux rayons issus de B_0 qui atteignent la rétine. Les échelles peuvent ne pas être respectées mais vous justifierez votre construction géométrique.

2.2.c) En conservant ses lunettes, l'individu presbyte peut-il voir des objets situés à moins de 25 cm de ses yeux ? Si oui, jusqu'à quelle distance de ses yeux ?

2.2.d) L'individu presbyte peut-il regarder de loin avec ses lunettes ? En conclusion, quel type de lunettes doit-il porter pour pouvoir facilement passer de la vision de près à la vision de loin ?

Solution:*(d'après CCP MP 2013)*

	1. L'œil emmétrope
11	L'iris pupille joue le rôle de **diaphragme** en limitant l'intensité lumineuse pénétrant dans l'œil . Le cristallin joue le rôle de **lentille convergente**. Celui-ci donne d'un objet une image renversée sur la rétine qui joue le rôle d'**écran**. 
01/02/14	Le cristallin est une lentille de **vergence variable**. Quand l'œil regarde un objet à l'infini, le cristallin est au repos. Au fur et à mesure que l'objet regardé se rapproche , le cristallin se bombe la vergence de l'œil augmente l'œil **accommode** jusqu"à V_{max}. d_{min} est la distance minimale de vision distincte. d_{max} est la distance maximale de vision distincte. La plage d'accommodation est comprise entre d_{min}=25cm et d_{max} =∞.
1.3 **1.4** **1.5**	$V_{min} = \frac{1}{SR} + \frac{1}{d_{max \to \infty}} = \frac{1}{SR}$. AN : $\underline{V_{min} \# 60\delta}$. $V_{max} = \frac{1}{SR} + \frac{1}{d_{min}}$. AN : $\underline{V_{max} \# 64\delta}$. $A = V_{max} - V_{min} = \frac{1}{d_{min}} = 4\delta$.
	2. L'oeil presbyte
2.1a	$\boxed{A' = \frac{1}{d'_{min}} = \frac{1}{35.10^{-2}} = 2{,}86\,\delta}$
2.1b	 A la limite de résolution $\tan\alpha = \alpha = \frac{A_0B_{0min}}{d'_{min}}$. d'où $\boxed{A_0B_{0min} = \alpha\, d'_{min} = 4.10^{-4} \times 350 = 0{,}14\,mm}$ distance inférieure à l'espacement entre caractères. L'individu peut encore distinguer à l'œil nu les caractères et la ponctuation du texte.
2.1c	$\boxed{A_0B'_{0min} = \alpha\, d''_{min} = 4.10^{-4} \times 10^3 = 0{,}4\,mm}$ Cette distance est de l'ordre de la taille des caractères d'un texte de journal. L'individu presbyte pourrait encore distinguer les caractères à cette distance, mais les caractères seraient peut-être légèrement flous.
2.2.a	$A_0 \xleftrightarrow{(L_L)} A_1 \xleftrightarrow{(L)} R$; $\frac{1}{\overline{SR}} - \frac{1}{\overline{SA_1}} = V_{min} = \frac{1}{\overline{SR}} \Rightarrow \overline{SA_1} \to -\infty$ D'où : $V_L = \frac{1}{\overline{S_LA_1}} + \frac{1}{d_{min}} = \frac{1}{(\overline{S_LS} + \overline{SA_1})_{\to -\infty}} + \frac{1}{d_{min}} = \frac{1}{d_{min}}$. AN : $\underline{V_L \# 4\delta}$.
2.2.b	 L'objet A_0B_0 est dans le plan focal objet de la lentille L_L. On sait que l'image définitive est placée sur la rétine, puisque le sujet voit net. On peut se satisfaire d'un seul tracé, mais on nous en demande 2. Le rayon en trait plein passe par le centre S_L : Il n'est pas dévié par la 1ère lentille. Le rayon en pointillé est parallèle au précédent entre les 2 lentilles et passe par le centre S : Il n'est pas dévié à la traversée de la 2ème lentille.

F'

	Ces 2 rayons convergent où est l'image donc dans le plan de la rétine. Au foyer image de L. Le rayon rouge // à l'axe optique ressort en passant par F'_{LL} : Il émerge en croisant les 3 autres rayons.
2.2.c	Au maximum d'accommodation $V'_{max}=\frac{1}{\overline{SR}}-\frac{1}{\overline{SA}}$ avec A l'objet situé à $d'_{min}=-\overline{SA}=1\text{m}$ et l'image sur la rétine R.On en déduit : $V'_{max}=\frac{1}{\overline{SR}}+\frac{1}{d'_{min}}$. Avec les lunettes : $A_{0min}\xrightarrow{(L_L)}A_1\xrightarrow{(L)}R$ **<u>A travers la lunette :</u>** $V_L=\frac{1}{\overline{S_L A_1}}-\frac{1}{\overline{S_L A_{0min}}}$ or $\overline{S_L A_{0min}}=\overline{S_L S}+\overline{S A_{0min}}=e-d''_{min}$ donc $\frac{1}{\overline{S_L A_{0min}}}=\frac{1}{e-d''_{min}}=\frac{1}{\overline{S_L A_1}}-V_L$, de plus $V_L=\frac{1}{d_{min}}$ donc $\boldsymbol{\frac{1}{e-d''_{min}}=\frac{1}{\overline{S_L A_1}}-\frac{1}{d_{min}}}$ (1) **<u>A travers l'oeil :</u>** $V'_{max}=\frac{1}{\overline{SR}}-\frac{1}{\overline{SA_1}}=\frac{1}{\overline{SR}}+\frac{1}{d'_{min}}$ d'où $\overline{SA_1}=-d'_{min}$ d'où $\overline{S_L A_1}=\overline{S_L S}+\overline{S A_1}=e-d'_{min}$ $\frac{1}{e-d''_{min}}=\frac{1}{e-d'_{min}}-\frac{1}{d_{min}}=\frac{d_{min}-e+d'_{min}}{d_{min}(e-d'_{min})}$ d'où $\boxed{d''_{min}=e-\frac{d_{min}(e-d'_{min})}{d_{min}-e+d'_{min}}=2-\frac{25(2-100)}{25-2+100}=21{,}9\,cm}$. L'oeil peut voir des objets jusqu'à 21,9cm de ses yeux. On pouvait répondre à cette question sans faire de calcul : en accommodant l'oeil augmente sa vergence ce qui lui permet de voir de plus près.
2.2.d	L'image que donne l'un des verres des lunettes d'un objet lointain est dans son plan focal image situé à 25 cm derrière LL, soit aussi derrière la rétine loin de la zone de vision distincte de l'oeil nu. Conclusion : Ces lunettes ne permettent pas la vision de loin. Pour passer facilement de la vision de près à la vision de loin, le presbyte doit porter un verre progressif.