

Licence de Physique-Chimie 2^{ème} année (sections physique et chimie)
Contrôle Partiel (durée 2h)

Il est recommandé de soigner la présentation, particulièrement les tracés de rayons.

1 Questions de cours

- 1.1 Donner la définition de l'indice optique d'un milieu transparent. Quelle est la valeur de l'indice du vide ?
- 1.2 Énoncer le principe de Fermat. Montrer que la lumière se propage en ligne droite dans un milieu homogène.
- 1.3 Énoncer les lois de la réflexion et de la réfraction.
- 1.4 À quelle condition peut-on observer une réflexion totale sur un dioptré ? Calculer en degrés l'angle limite correspondant à ce phénomène dans le cas d'une interface verre-eau. On donne $n_{\text{verre}} = 1,45$ et $n_{\text{eau}} = 1,33$.
- 1.5 Définir ce qu'est un système optique stigmatique pour un couple de points.
- 1.6 Qu'est-ce que l'approximation de Gauss ?

2 Doublet de lentilles.

On considère le système représenté sur la figure 1 ci-dessous constitué de deux lentilles minces L_1 et L_2 placées dans l'air et distantes de 5 cm. Elles sont convergentes et leurs distances focales images sont respectivement $f'_1 = 10$ cm et $f'_2 = 5$ cm.

- 2.1 Trouver par construction géométrique l'image $\overline{A'B'}$ d'un objet réel $\overline{AB} = 1$ cm placé à 5 cm de L_1 . L'image est-elle réelle ou virtuelle ?
- 2.2 Calculer en dioptrie les vergences V_1 et V_2 des lentilles L_1 et L_2 .
- 2.3 Calculer la position de l'image $\overline{A'B'}$ à partir des relations de conjugaison.
- 2.4 Calculer le grandissement et en déduire la taille de l'image $\overline{A'B'}$. Comparer au résultat de la construction géométrique.

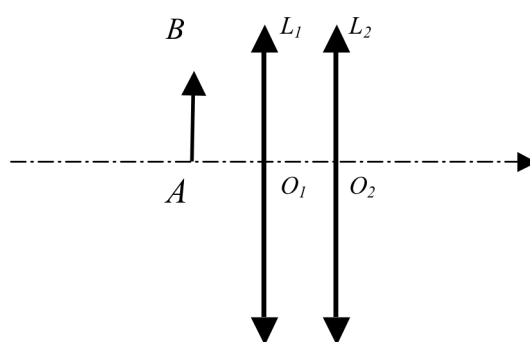


Figure 1

3 Étude de l'œil

L'œil se présente comme un globe de 25 mm de diamètre environ. Il est constitué par la cornée (dioptré d'entrée), le cristallin (lentille biconvexe de vergence V_c), et la rétine située au fond de l'œil (figure 2). L'ensemble baigne dans un liquide gélatineux (l'humeur vitreuse) d'indice optique $n = 1,34$.

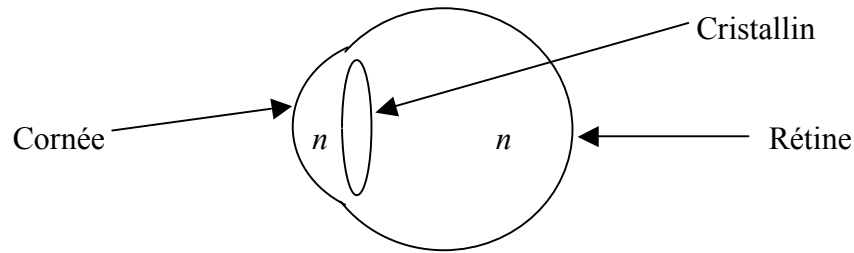


Figure 2

On étudie un modèle de l'œil constitué d'un dioptré d'entrée (de vergence V_1 et de rayon $R_1 = 10$ mm) et d'une lentille mince convergente L_c de vergence V_c . La distance entre ces deux éléments est $d = 5$ mm. L'indice optique de part et d'autre de la lentille mince L_c est $n = 1,34$ (figure 3). Le milieu formant l'espace objet (avant la cornée) est l'air, dont l'indice vaut $n_0 = 1$.

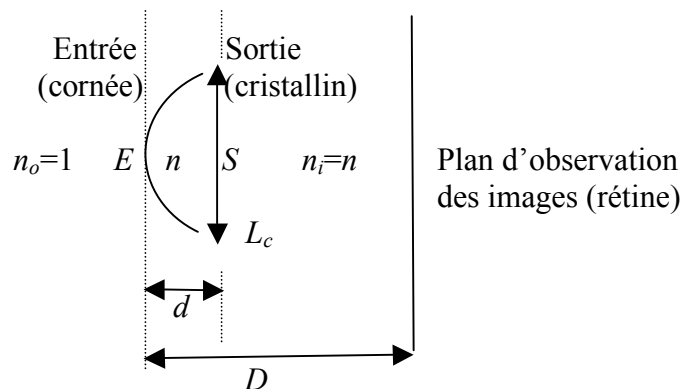


Figure 3

- 3.1 Donner l'expression de la vergence V_1 . Calculer sa valeur numérique (préciser l'unité).
- 3.2 On considère le système optique formé du dioptré d'entrée (cornée), de l'épaisseur d de l'humeur vitreuse et de la lentille mince L_c (cristallin). Exprimer les éléments de la matrice de transfert $T(\overline{ES})$ de ce système en fonction de V_1 , V_c , d et n .
- 3.3 En déduire la vergence V du système cornée - cristallin en fonction de V_1 , V_c , d et n . Donner les expressions analytiques des distances focales f_o et f_i , la position des plans principaux H_o et H_i , et la position des foyers du système optique.
- 3.4 Un œil normal au repos correspond au cas où l'image d'un objet réel infiniment éloigné se forme sur la rétine, c'est-à-dire à la distance $D = 25$ mm de la cornée.
 - 3.4.1 Donner la relation donnant la position de l'image d'un objet à l'infini. En déduire que V peut s'écrire sous la forme $V = (n - dV_1)/(D - d)$. Calculer sa valeur numérique.
 - 3.4.2 Calculer analytiquement et numériquement la vergence V_c de la lentille mince L_c .
 - 3.4.3 Faire une figure décrivant l'œil normal. Positionner H_o , H_i et F_i . Effectuer le tracé des rayons pour un objet situé à l'infini.
- 3.5 On considère maintenant un œil myope, dont la cornée et le cristallin ne sont pas modifiés par rapport au cas précédent, mais dont la rétine se situe à une distance D' supérieure à D . L'œil myope est donc "trop long" par rapport à l'œil normal.
 - Représenter l'œil myope sur un schéma analogue à celui de la question 3.4.1. Expliquer brièvement pourquoi l'image est floue.
- 3.6 Pour corriger la myopie, et permettre que l'image d'un objet infiniment éloigné se forme sur la rétine lorsque l'œil est au repos, il faut placer devant l'œil un verre correcteur. Ce verre correcteur a pour effet de modifier la vergence du dioptré d'entrée qui prend une valeur V'_1

différente de V_l . On cherche à calculer la correction de vergence $\Delta V_l = V'_l - V_l$ apportée par le verre correcteur pour former l'image sur la rétine.

3.6.1 Donner sans calcul la matrice de transfert $T(\overline{ES})$ de l'œil myope *corrigé* (par analogie avec 3.2). En déduire la vergence V' de l'œil myope corrigé.

3.6.2 Ecrire, pour l'œil myope *corrigé*, la relation de conjugaison pour un objet situé à l'infini. En déduire l'expression de V'_l en fonction de n , D' , d et V_c .

3.6.3 Calculer numériquement V'_l puis ΔV_l pour $D'/D=1,05$. On trouve une valeur négative, ce résultat paraît-il logique ? Commenter.

3.7 Le verre correcteur est assimilé à une lentille très mince posée contre l'œil et constitué d'un matériau d'indice optique $n_{corr}=1,54$. Le dioptré d'entrée de cette lentille (dioptré séparant l'air du verre) est convergent et son rayon est R' . Le dioptré de sortie du verre correcteur (dioptré placé contre la cornée) est divergent et son rayon de courbure est le même que celui de la cornée ($R_l = 10$ mm).

3.7.1 Donner l'expression analytique de la matrice de transfert de la lentille correctrice (on notera e son épaisseur, V_{Le} et V_{Ls} les vergences de ses dioptrés d'entrée et de sortie).

3.7.2 En déduire l'expression de la vergence V_L dans l'approximation de la lentille très mince (e est négligeable) et l'écrire en fonction de R' , R_l , n , et n_{corr} .

3.7.3 En déduire la valeur de R' permettant au verre correcteur de réaliser la correction de vergence ΔV_l .

Formulaire pour l'exercice 3

I – Matrices élémentaires

Matrice de translation	Matrice de réfraction
$T(\overline{A_1A_2}) = \begin{bmatrix} 1 & \overline{A_1A_2}/n \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -V & 1 \end{bmatrix}$ avec $V = \frac{n_i - n_o}{SC}$

II – Eléments cardinaux

	Distances focales	Points principaux	Foyers
Objet	$f_o = -n_o/V$	$\overline{EH_o} = f_o(T_{22} - 1)$	$\overline{H_oF_o} = f_o$
Image	$f_i = n_i/V$	$\overline{SH_i} = f_i(T_{11} - 1)$	$\overline{H_iF_i} = f_i$

III – Relation de conjugaison (Origines aux points principaux)

$$\frac{n_i}{\overline{H_iA_i}} - \frac{n_o}{\overline{H_oA_o}} = V \quad \text{ou} \quad \frac{f_o}{\overline{H_oA_o}} + \frac{f_i}{\overline{H_iA_i}} = 1$$