

**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. Que vaut l'indice du vide ?
- 1.2. Donner la définition du chemin optique dans un milieu homogène et isotrope. Comment se propage la lumière dans ces conditions ? Justifier d'après le principe de Fermat.
- 1.3. Énoncer la loi de la réfraction de Snell-Descartes.
- 1.4. Sous quelle condition peut-on observer le phénomène de réflexion totale sur un dioptre ? Définir l'angle limite et calculer cet angle dans le cas d'une interface plane entre l'eau ($n=4/3$) et l'air ($n=1$).
- 1.5. Qu'est-ce que l'approximation de Gauss ?

2. Dioptre sphérique

- 2.1. On considère un bocal sphérique rempli d'eau servant d'aquarium à un hippocampe de taille $\overline{A_o B_o} = 10 \text{ cm}$. La paroi du bocal a une épaisseur négligeable et est représentée par un dioptre sphérique. (cf. Figure 1). Calculer la vergence du dioptre et la position des foyers objet (F_o) et image (F_i) sachant que le rayon du bocal vaut 15 cm. Quelle est la nature, convergente ou divergente, du dioptre ?
- 2.2. Calculer la position et la taille apparente de l'image de l'hippocampe vue depuis l'extérieur quand il est au centre du bocal.
- 2.3. Effectuer le même calcul quand l'hippocampe est contre la paroi opposée au dioptre S . Retrouver ce résultat par une construction géométrique et un tracé soigné des rayons (échelle 1/10).

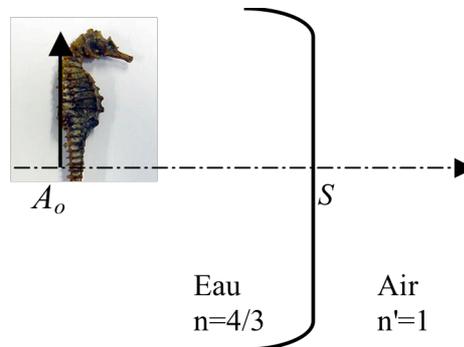


Figure 1

3. Elargisseur de faisceau

Soit un doublet de lentilles minces convergentes L_1 et L_2 de distance focale image $f'_1 = 5 \text{ cm}$ et $f'_2 = 20 \text{ cm}$, respectivement. On éclaire la première lentille par un faisceau de rayons parallèles à l'axe optique. On souhaite retrouver un faisceau parallèle en sortie de la seconde lentille.

- 3.1. Comment faut-il disposer les lentilles L_1 et L_2 ? Faire un schéma représentant ce cas de figure (échelle 1/5 selon l'axe). En déduire que le faisceau émergent a un diamètre quatre fois plus grand que le diamètre du faisceau incident.
- 3.2. Montrer par le calcul que le diamètre du faisceau émergent est fonction du diamètre du faisceau incident et des focales des lentilles.

4. Achromat

4.1. Soit une lentille plan convexe d'épaisseur $e_1 = S_1I$ taillée dans un verre *Crown* d'indice n_1 (cf. Figure 2). Le rayon de courbure R_1 du dioptre sphérique vaut 25 cm. Calculer la matrice de transfert de cette lentille et en déduire sa vergence V en fonction de n_1 et R_1 . On rappelle que la matrice de réfraction du dioptre plan est la matrice identité.

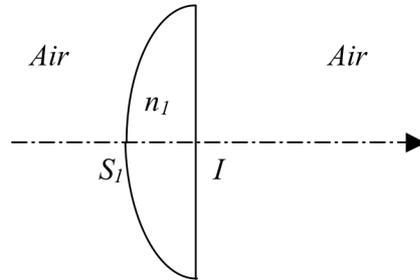


Figure 2

4.2. En réalité, l'indice n_1 du *Crown* n'est pas constant et varie selon la loi $n_1 = 1,506 + 0,00316/\lambda^2$ où la longueur d'onde λ est exprimée en μm . Calculer la distance focale image de la lentille dans le rouge ($\lambda = 0,8 \mu\text{m}$) et dans le violet ($\lambda = 0,4 \mu\text{m}$). Pour les valeurs numériques, arrondir à trois chiffres significatifs.

4.3. En déduire la distance séparant les deux foyers image (violet et rouge) de la lentille. Que conclure sur l'image d'une source de lumière blanche (*i.e.* émettant toutes les longueurs d'onde du domaine visible) ?

4.4. Pour obtenir un système achromatique, c'est-à-dire sans aberration chromatique, on utilise un doublet de lentilles accolées, comprenant une lentille convergente plan convexe et une lentille divergente plan concave, (cf. Figure 3). Elles sont taillées dans des verres différents, un *Crown* d'indice n_1 pour la première et un *Flint* d'indice n_2 pour la seconde. Calculer analytiquement la matrice de transfert de ce doublet. On note $e_1 = S_1I$, $e_2 = S_2I$, et R_2 le rayon de courbure de la seconde lentille.

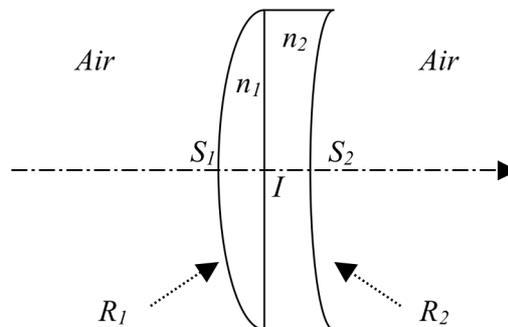


Figure 3

4.5. On considère que les deux lentilles sont des lentilles minces (faibles épaisseurs e_1 et e_2 sur l'axe). En déduire l'expression de la vergence du système en fonction de n_1 , n_2 , R_1 , et R_2 .

4.6. Montrer alors qu'une variation de longueur d'onde se traduit par une variation de la vergence $\Delta V = \frac{\Delta n_1}{R_1} - \frac{\Delta n_2}{R_2}$.

4.7. A quelle condition le doublet est-il achromatique ? Calculer R_2 pour que cette condition soit vérifiée. On donne les indices du *Flint* $n_{2r}=1,703$ et $n_{2v}=1,738$, correspondant respectivement au rouge ($\lambda = 0,8 \mu\text{m}$) et au violet ($\lambda = 0,4 \mu\text{m}$).

4.8. En déduire la distance focale du système achromatique. Vérifier qu'elle est bien indépendante de la longueur d'onde.