OPTIQUE I
Section de Physique
Cours: Dr. Benjamin Dwir
Exercices: Stefano Marinoni

Série 3
07 Octobre 2024
Propagation, Réflexion interne totale, Optique Geometrique

Exercice 1 – Diffusion (Scattering) de Rayleigh

Il a été vu dans le cours que la diffusion de Rayleigh découlait du caractère dipolaire des émetteurs (des centres de diffusion), qui implique que la fraction de lumière diffusée est proportionnelle à λ^{-4} où λ est la longueur d'onde de la lumière. Ici, nous allons explorer un argument d'analyse dimensionnelle qui amène au même résultat de manière moins rigoureuse, mais intuitive. Si une onde plane, dont le champ électrique est d'amplitude E_{0i}, de dépendance spatiale constante, traverse un volume V d'air contenant une faible quantité de centres de diffusion (scattering centers). On considère qu'une onde diffusée sera sphérique.

a) Quelle sera la dépendance spatiale de l'amplitude diffusée E_s ?
b) Supposer que l'amplitude diffusée est proportionnelle à l'amplitude initiale : $E_s \propto E_{0i}$. Supposer également qu'elle est proportionnelle au volume V traversé par l'onde. Ce sont des suppositions raisonnables dans certaines limites. Écrire sous ces hypothèses la relation de proportionnalité, et déterminer les dimensions de la constante.
c) Si on considère à présent que la constante de proportionnalité doit prendre en compte les caractéristique de la lumière, quelle sera son lien avec λ ? Qu'en est-il pour l'intensité diffusée ?
d) Comparer à présent l'intensité diffusée d'une lumière violette, $\lambda_v = 400$ nm, et jaune $\lambda_j = 580$ [nm]. En quoi cela explique-t-il la couleur du ciel ?

Exercice 2 – Réflexion Interne Totale (TIR)

a) Montrer que les coefficients de réflexion à l'interface entre deux milieux diélectriques dont les indices de réfraction sont n_i et n_t prennent la forme :

$$r_\perp = \frac{E_{r\perp}}{E_{i\perp}} = \frac{\cos\theta_i - \left(n_{ti}^2 - \sin^2\theta_i\right)^{1/2}}{\cos\theta_i + \left(n_{ti}^2 - \sin^2\theta_i\right)^{1/2}}, r_\parallel = \frac{E_{r\parallel}}{E_{i\parallel}} = \frac{n_{ti}^2\cos\theta_i - \left(n_{ti}^2 - \sin^2\theta_i\right)^{1/2}}{n_{ti}^2\cos\theta_i + \left(n_{ti}^2 - \sin^2\theta_i\right)^{1/2}}$$

Pour des ondes transverses électriques ou magnétiques, respectivement. Ici, on a noté $n_{ti} = n_t/n_i$.

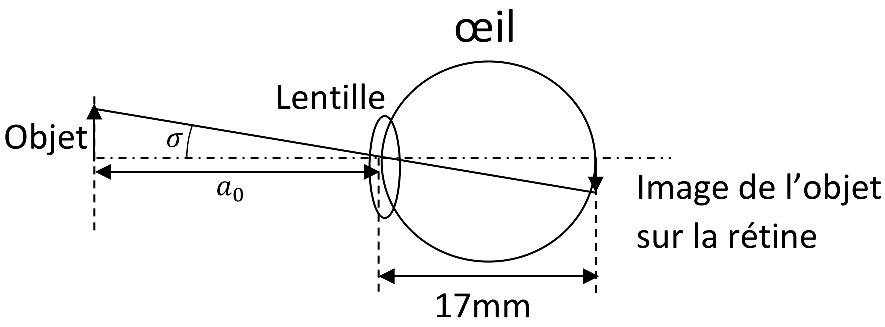
b) **Question bonus :** Dans le cas de la réflexion interne totale, i.e. lorsque $\theta_i > \theta_c = \sin^{-1} n_{ti}$, montrer que $r_\perp, r_\parallel$ deviennent des nombres complexes. Trouver les magnitudes $|r_\perp|, |r_\parallel|$ et les déphasages $\delta_\perp, \delta_\parallel$ lors de la réflexion.
Indication : Cette question est spécialement difficile, mais intéressante à résoudre. Il apparaît clair qu'avec $r_\perp, r_\parallel$ complexes, le vecteur d'onde deviendra lui aussi complexe (se rappeler de la continuité des champs). Aussi, le choix du signe de la racine $\pm i$ ... devient crucial pour ne pas créer une propagation aberrante derrière l'interface.

Exercice 3 – Optique géométrique : lentilles minces

Un système de deux lentilles minces placées dans l'air est constitué comme suit : $f_1 = +40\ cm$, $f_2 = +60\ cm$, $d = 20\ cm$, où d est la distance entre les lentilles. On souhaite que l'image d'un objet se forme à une distance de 45 cm de la seconde lentille. A quelle distance l'objet doit-il être placé par rapport à la première lentille ?

Exercice 4 – Optique géométrique : microscope

La figure ci-dessous montre un modèle simple de l'œil: une lentille convergente projette l'image sur un écran situé à 17 mm du centre optique de la lentille.

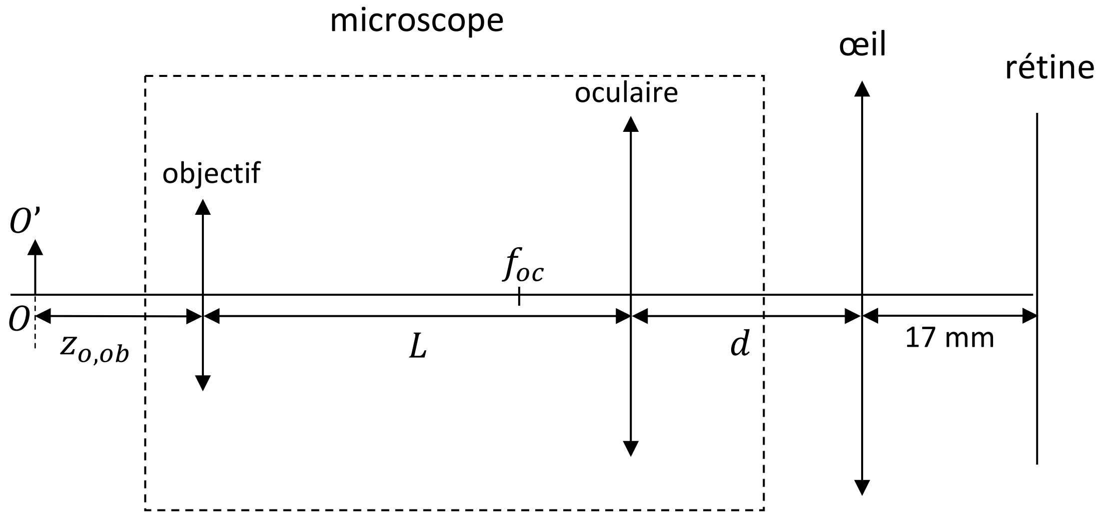


L'ouverture angulaire σ sous laquelle un objet placé à la distance minimale de vision $a_0 = 25\ \mathrm{cm}$ apparaît à l'œil, constitue l'angle de vision. Cet angle determine la taille de l'image sur la rétine. Soit σ' l'ouverture angulaire sous laquelle ce même objet est perçu en présence d'un instrument optique (loupe ou microscope), on appelle grossissement Γ le rapport $\Gamma = \tan\sigma'/\tan\sigma$. Par definition: $\tan\sigma = (\text{taille de l'objet})/a_0$.

Pour obtenir des grossissements importants, on utilise des systèmes optiques formés de plusieurs lentilles. Ainsi un microscope composé est formé au minimum de deux lentilles jouant respectivement les rôles d'objectif et d'oculaire.

a) Esquisser l'image sur la rétine d'un objet *OO'* formée par un microscope composé. L'objet est placé à une distance $z_{o,ob}$ de l'objectif. L'oculaire se trouve à la distance d de l'œil. En particulier, placer la focale de l'objectif f_{ob}, l'image II'_{ob} de l'objet par l'objectif, et l'image II'_{oc} par l'oculaire sur le schéma. Remarque: le dessin n'est pas à l'échelle.

Série 3
07 Octobre 2024
Propagation, Réflexion interne totale, Optique Geometrique



b) Etant donné : $z_{o,ob} = 5.2$ mm, $f_{ob} = 5$ mm, $f_{oc} = 22$ mm, la distance entre les lentilles $L = 150$ mm $d = 6$ cm:

i) Calculer la distance $z_{i,ob}$ de l'image créée par l'objectif

ii) Calculer la distance $z_{i,oc}$ de l'image créée par l'oculaire

On définit le grandissement β comme étant le rapport de la taille de l'image à celle de l'objet.

iii) Calculer le grandissement de l'objectif β_{ob}.

iv) Calculer le grandissement de l'oculaire β_{oc}

v) Calculer le grossissement Γ du microscope.

Indication : Utiliser $OO'/Z_o = II'/Z_i$