EXERCICES OPTIQUE GEOMETRIQUE .

<u>Exercice 1 :</u>fibre optique d'après Mines PC

Les rayons lumineux sont supposés issus d'une radiation monochromatique de fréquence f , de pulsation ω et de longueur d'onde λ dans le milieu constituant le cœur.
Les différents angles utiles sont représentés sur la figure 1.

1- A quelle condition sur i, angle d'incidence à l'interface cœur/gaine, le rayon reste-t-il confiné à l'intérieur du cœur ? On note i_l l'angle d'incidence limite.

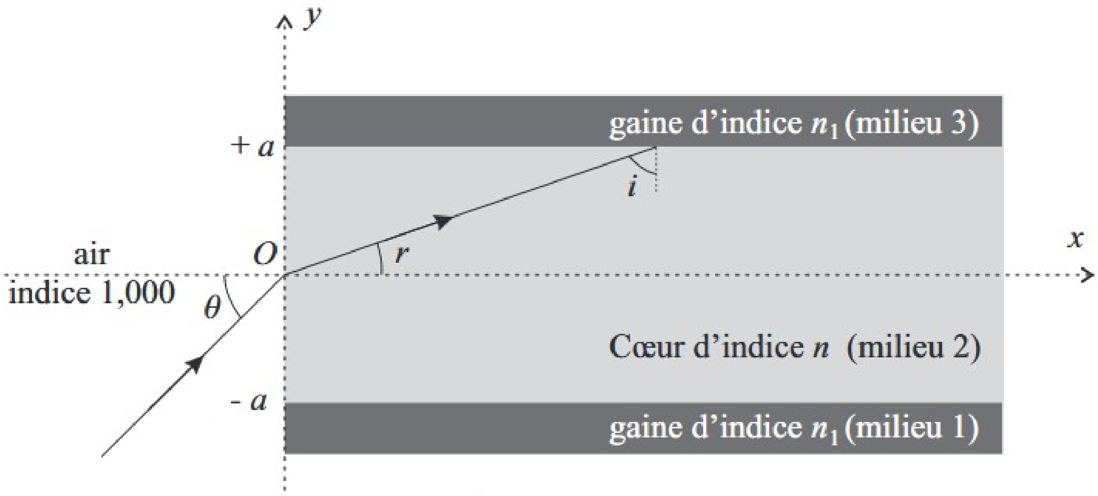


FIG. 1 – Fibre optique en coupe

2- Montrer que la condition précédente est vérifiée si l'angle d'incidence θ est inférieur à un angle limite θ_l dont on exprimera le sinus en fonction de n et i_l . En déduire l'expression de l'ouverture numérique $ON=\sin(\theta_l)$ de la fibre en fonction de n et n_1 uniquement.
3- Donner la valeur numérique de ON pour n = 1,50 et n_1 = 1,47.

On considère une fibre optique de longueur L. Le rayon entre dans la fibre avec un angle d'incidence θ variable compris entre 0 et θ_l . On note c la vitesse de la lumière dans le vide.
4- Pour quelle valeur de l'angle θ , le temps de parcours de la lumière dans la fibre est-il minimal ? maximal ? Exprimer alors l'intervalle de temps δt entre le temps de parcours minimal et maximal en fonction de L, c, n et n_1.

5- On pose $2\Delta=1-(\frac{n_1}{n})^2$ On admet que pour les fibres optiques $\Delta \ll 1$. Donner dans ce cas l'expression approchée de δt en fonction de L, c, n et Δ. On conservera cette expression de δt pour la suite du problème.

On injecte à l'entrée de la fibre une impulsion lumineuse d'une durée caractéristique $t_0 = t_2 - t_1$ formée par un faisceau de rayons ayant un angle d'incidence compris entre 0 et θ_l . La figure 2 ci-contre représente l'allure de l'amplitude A du signal lumineux en fonction du temps t.

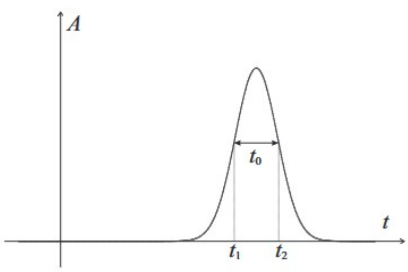


FIG. 2 – Impulsion lumineuse

6 - Reproduire la figure 2 en ajoutant à la suite l'allure du signal lumineux à la sortie de la fibre. Quelle est la durée caractéristique t'_0 de l'impulsion lumineuse en sortie de fibre ?

Le codage binaire de l'information consiste à envoyer des impulsions lumineuses (appelées « bits ») périodiquement avec une fréquence d'émission F .

7 - En supposant t_0 négligeable devant δt, quelle condition portant sur la fréquence d'émission F exprime le non-recouvrement des impulsions à la sortie de la fibre optique ?

Pour une fréquence F donnée, on définit la longueur maximale L_{max} de la fibre optique permettant d'éviter le phénomène de recouvrement des impulsions. On appelle bande passante de la fibre le produit $B = L_{max} \cdot F$.

8- Exprimer la bande passante B en fonction de c, n et Δ.

9- Calculer la valeur numérique de Δ et de la bande passante B (exprimée en MHz·km) avec les valeurs de n et n_1 données dans la question 3. Pour un débit d'information de $F = 100$ Mbits.s^{-1} = 100 MHz, quelle longueur maximale de fibre optique peut-on utiliser pour transmettre le signal ?

Commenter la valeur de L_{max} obtenue.

Exercice 2 :

Une lentille mince L de centre optique O, de distances focales objet f_o et image f_i respectivement, plongée dans l'air (indice de réfraction égal à 1) , forme d'un objet ponctuel A_o une image ponctuelle conjuguée A_i . On note F_o et F_i les foyers principaux objet et image de la lentille .

On considère que les conditions de Gauss sont satisfaites .

1- La lentille L de vergence $V=-2{,}5\,\delta$, donne d'un objet une image réelle située à 40 cm du centre optique O .

Quelles sont la position et la nature réelle ou virtuelle , de l'objet ?

Que vaut le grandissement transversal G_t ?

Retrouver les résultats ci-dessus avec une construction géométrique .

2- On remplace la lentille L par une lentille L' convergente . On souhaite former d'un objet une image réelle située à 40 cm après le foyer image de la lentille convergente, avec un grandissement transversal négatif mais identique en valeur absolue à celui trouvé pour la lentille L précédente . Quelle vergence V' faut-il choisir ?

Déterminer la nature , réelle ou virtuelle, de l'objet correspondant, ainsi que sa position .

Retrouver les résultats précédents à l'aide d'une construction géométrique .

Exercice 3 : système afocal

On dispose de deux lentilles convergentes L_1 et L_2 de distances focales f'_1 et f'_2 avec $f'_2 < f'_1$.

1- Comment les disposer pour obtenir une lunette astronomique ? Quel est alors le grossissement angulaire G ?

2- On désigne par A un point de l'axe et A ' son image par la lunette précédente . On pose $x=\overline{F_1A}$ et $x'=\overline{F'_2A'}$.

Ecrire la relation de conjugaison liant x et x ' . Déterminer le grandissement transversal γ . Quel lien existe-t-il entre G et γ .

Exercice 4 :

On étudie le système formé d'une lentille convergente L, de distance focale f ', et d'un miroir plan M placé à une distance D après L .

Quelle est l'image d'un objet placé à D avant la lentille quand D = f ' / 2 . Quel est le grandissement transversal du système ?

Exercice 5:lunette astronomique

Ce problème traite de l'observation de deux étoiles E_a et E_b à l'aide d'une lunette astronomique munie d'un détecteur. Les deux étoiles E_a et E_b sont considérées ponctuelles et à l'infini, séparées par une distance angulaire θ , l'étoile E_a étant située dans la direction de l'axe optique de la lunette.

On néglige les effets de la diffraction. On considère une lunette astronomique d'axe optique z'z (Figure 1) constituée d'un objectif assimilé à une lentille mince convergente L_1 de diamètre $D_1 = 50$ cm et de distance focale image $f'_1 = 7{,}5$m associé à une lentille divergente L_2 de distance focale image $f'_2 = -0{,}025$ m . On désigne respectivement par O_1 et O_2, par F_1 et F'_1 , F_2 et F'_2, les centres optiques, les foyers objet et image des lentilles L_1 et L_2 .

1. Quelle est la forme et la direction des faisceaux lumineux des ondes 1 et 2, respectivement émises par les étoiles E_a et E_b, lorsqu'elles parviennent sur la lunette ?

On appelle A_1 l'image de l'étoile E_a à travers la lentille L1. De même, B_1 désigne l'image de E_b à travers L_1 .

Dans quel plan se situent A_1 et B_1 ? Donner la distance algébrique $\overline{A_1B_1}$.

La lentille L_2 est placée peu avant le plan où se forment les images A_1 et B_1 . On appelle respectivement A_2 et B_2 , les images de E_a et Eb à travers la lunette. Sachant que $\frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{A_1B_1}}=2$ exprimer et calculer $\overline{O_2A_1}$

3. On définit la distance focale f ' de la lunette par la relation $\overline{A_2B_2} = f' . \theta$.

a) Calculer la distance focale f' de la lunette.

b)Exprimer $\overline{A_1A_2}$. Comment évolue l'encombrement de la lunette par rapport au cas où seule la lentille L_1 existerait ?

Quel est l'intérêt de la lentille L_2 ?

4. On place dans le plan où se forment les images A_2 et B_2, une caméra à DTC (Dispositif à Transfert de Charge). Ce récepteur d'images est composé d'une matrice rectangulaire de 768 x 512 détecteurs élémentaires, appelés pixels, de forme carrée, de côtés $a_l = 9$ µm. On suppose que la lunette est librement orientable.

Une image parfaite à travers la lunette d'un point situé à l'infini, produit sur le détecteur un signal donnant une image dont la dimension ne peut être inférieure à la taille d'un pixel. Exprimer et calculer en seconde d'arc, la limite de perception angulaire θ_{min} due au récepteur d'image. Quelle est la plus grande valeur décelable θ_{max} en minute d'arc ?

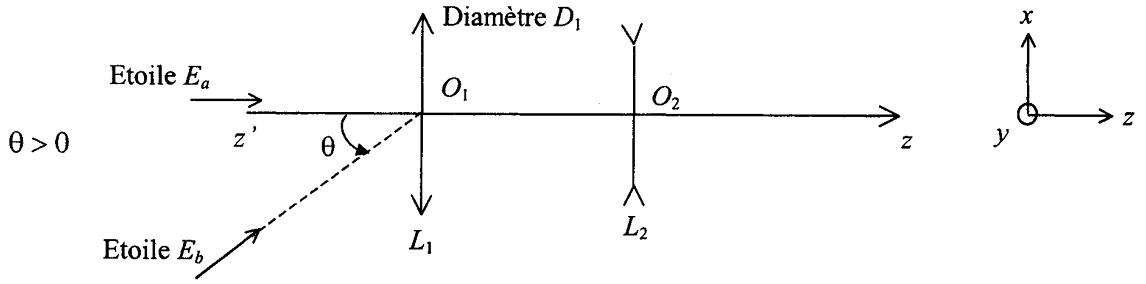
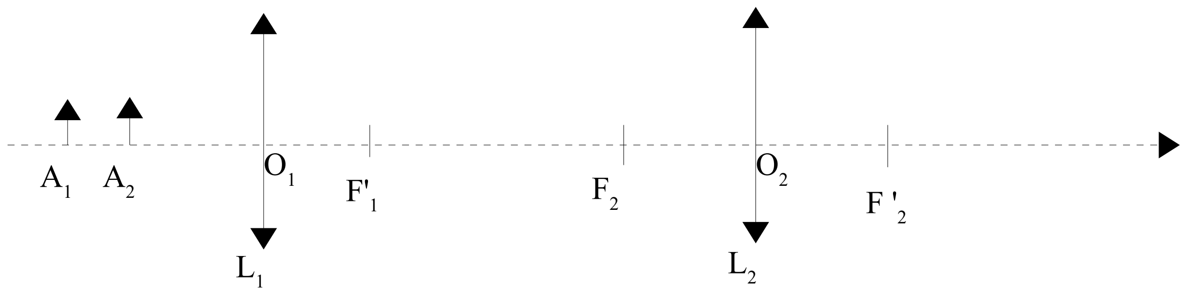


Figure 1 – lunette astronomique

Exercice 6: Microscope :

Un microscope se compose de deux lentilles convergentes : l'objectif L_1 de distance focale image $f''_1 = 5$ mm et l'oculaire L_2 de distance focale image $f''_2 = 25$mm (la figure ci-dessous n'est pas à l'échelle) .

Ces deux lentilles sont maintenues à une distance fixe telle que $\overline{F'_1F_2} = \Delta$. Lors du réglage du microscope pour effectuer la mise au point sur un objet , on déplace , à l'aide d'une vis micrométrique , l'ensemble des deux lentilles en maintenant Δ constant . L'observateur place son œil au niveau de F'_2 . L'étude sera menée dans le cadre de l'approximation de Gauss .



Vous veillerez à choisir les formules de conjugaison les plus adaptés aux données et aux questions posées .

1- Sachant que l'image d'un point objet A_1 placé à 0,1 mm en avant de F_1 est vu nette par un observateur lorsqu'il n'accommode pas , déterminer Δ .

2- Lorsqu'il accommode au maximum , l'observateur , sans microscope , voit net les objets placés à 20 cm en avant de son œil (ce point est le punctum proximum) . Déterminer , lors de l'accommodation maximale , la position du point objet A_2 vu net par l'observateur à travers le microscope .

Les angles sont orientés .

3- On place un objet plan de taille y perpendiculairement à l'axe optique au point A_1. Quel est l'angle α_1 sous lequel l'observateur voit cet objet à la sortie du microscope .

4- Sous quel angle α_2 verrait-il cet objet sans microscope s'il le plaçait à la distance d = 20 cm en avant de son œil ? Conclusion .

Exercice 7: photographie

L'angle de vision humain moyen pour la vision stéréoscopique en couleurs est de l'ordre de 40° .

1- Déterminer la distance focale d'un objectif photographique, assimilé à une lentille mince convergente unique , qui donne le même angle de vision lorsque la largeur de la pellicule est de 36 mm .

2- Un objectif de ce type, de distance focale f ' = 50 mm, est réglé sur l'infini si la distance entre le plan de la pellicule P et le centre de la lentielle est égale à f ' . Pour mettre au point (obtenir une image nette) sur un objet situé à une distance D finie de O , on doit écarter l'objectif de cette position d'une distance t (tirage) . Donner l'expression de t, simplifier celle-ci dans le cas où D >> f ' .

3- Lorsque la mise au point ci-dessus est réalisée, on constate en pratique que l'image formée reste nette de part et d'autre de la mise au point théorique (c'est la profondeur de champ), car on peut qualifier d'image nette d'un point, toute tache de dimension inférieure au diamètre δ des grains photosensibles (AgBr) . Si la mise au point est faite sur 18 m, on constate en particulier que l'image est nette si l'objet est situé entre 9m de l'objectif et l'infini pour un certain diamètre $d=\frac{f'}{N}$ d'ouverture de l'objectif, avec N = 5,6 . Evaluer δ .

4- Déterminer la profondeur de champ pour N = 2,8 puis N = 16 . Conclure . Quel autre facteur influe sur le choix de N