TD Opt 5: INSTRUMENTS D'OPTIQUE.

1 : Appareil photographique. (**)

L'objectif d'un appareil photographique est assimilable à une lentille de distance focale $f' = 5\text{ cm}$. L'émulsion sensible est disposée sur une plaque rectangulaire centrée sur l'axe, de dimensions $24\text{ mm} \times 25\text{ mm}$.

1. La mise au point est faite sur l'infini, ce qui défini une position P_0 pour la plaque sur l'axe.
   a. De combien et dans quel sens faut-il déplacer la plaque si l'on veut photographier un objet placé à 5m de l'objectif ? Déterminer alors le tirage (défini par $\tau' = \overline{F'A'} = \overline{P_0P}$) de l'objectif.
   b. Le tirage maximal de l'objectif est de 5mm. Evaluer la distance minimale d'un objet par rapport à l'objectif pour obtenir une photographie nette.
2. Dans le cas 1.a. de la mise au point, l'objet étant à 5m, déterminer les dimensions de la portion de plan photographiée.

2 : Microscope.(**)

Un microscope possède :

- un objectif (L_1) de centre O_1 et de distance focale image $f_1' = 0{,}5\text{cm}$
- un oculaire (L_2) de centre O_2 et de distance focale image $f_2' = 2\text{cm}$

Un objet lumineux AB est situé $0{,}2\text{mm}$ avant le foyer F_1 et son image définitive, virtuelle, $A'B'$, à travers le microscope, se trouve à 23cm de O_2.

1. Déterminer $\overline{O_1O_2}$, $\Delta = \overline{F'_1F_2}$ ainsi que la puissance intrinsèque P_i définie par $P_i = \dfrac{\Delta}{f'_1 f'_2}$.
2. Calculer le déplacement de AB, par rapport à l'instrument, pour obtenir une vision à l'infini.
3. On observe désormais les globules du sang humain de dimension $7\mu\text{m}$. Quel est l'angle sous lequel on voit un globule à travers le microscope, pour une visée à l'infini.

3 : Téléobjectif. (***)

Un objectif photographique est constitué d'une lentille convergente L_1 de centre O_1, de distance focale image $f_1' = 75\text{mm}$. La pellicule est placée dans le plan focal image de l'objectif (donc de L_1). On ajoute à cet objectif deux lentilles additionnelles :

* une lentille L_2 divergente, de centre O_2 et de distance focale $f_2' = -25\text{mm}$, que l'on accole à L_1 ; on a ainsi $O_2 \equiv O_1$;

* une lentille L_3 convergente, de centre O_3 et de distance focale $f_3' = 100\text{mm}$, que l'on fixe devant le système $\{L_1, L_2\}$.

La distance $\overline{O_3O_1}$ est évidemment réglée de manière à ce que l'image d'un objet éloigné soit nette sur la pellicule.

1. Calculer la vergence et la distance focale f_4' de la lentille L_4 équivalente à l'association $\{L_1, L_2\}$. S'agit il d'une lentille convergente ou divergente ?
2. Faire un schéma à l'échelle 1/2 du dispositif représentant la pellicule et les lentilles L_3 et L_4 avec les positions relatives des centres optiques et des foyers. Compléter ce schéma par un tracer de rayons définissant la position du foyer image F' de ce téléobjectif constitué par l'ensemble $\{L_1, L_2, L_3\}$.
3. Calculer l'encombrement de cet appareil, c'est-à-dire, la distance du centre O_3 de L_3 à la pellicule.
4. Calculer la grandeur $\overline{A'B'}$ de l'image d'une tour $\overline{AB}$ de 60m de hauteur, située à une distance $d = 3\text{km}$ de l'objectif.
5. Calculer l'encombrement d'un appareil qui aurait comme objectif, une seule lentille donnant une image de même grandeur. Conclusion.

4 : Lunette astronomique. (*)

La lunette astronomique est constituée d'un objectif que l'on assimilera à une lentille mince convergente de distance focale f et d'un oculaire que l'on assimilera à une lentille convergente de distance focale f', avec $f' \ll f$, de même axe optique que l'objectif.

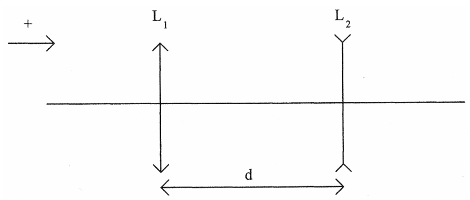
L'objectif forme dans son plan focal des images réelles très réduites d'objets immenses situés à de très grandes distances. Par exemple, la Lune est vue depuis la Terre sous un diamètre angulaire moyen $\alpha = 31{,}5'$ et la distance moyenne Terre-Lune a pour valeur $D_{TL} = 382.10^3\text{km}$.

1. Calculer le diamètre d de l'image réelle de la Lune dans le plan focal d'un objectif de distance focale $f = 1{,}78\text{m}$.
2. Calculer le grandissement γ de l'objet.
3. La distance entre le centre optique de l'objectif et le centre optique de l'oculaire est égale à la somme des distances focales f et f'. Le système centré résultant est *afocal* : expliquer ce que cela signifie.
4. On appelle grossissement angulaire γ_α le rapport des angles sous lesquels sont vus l'image à l'infini derrière l'oculaire et l'objet à l'infini, sans optique. Donner l'expression du grossissement angulaire γ_α de la lunette astronomique.

Applications numériques : $f = 1{,}78\text{m}$; $f' = 75\text{mm}$, 28mm, 12mm puis 5mm.

5 : Lunette de Galilée. (**)

On considère deux lentilles $L_1(5\delta)$ et $L_2(-20\delta)$ écartées d'une distance d.



L'ensemble est monté de manière à réaliser une lunette de Galilée, c'est-à-dire que le système des deux lentilles est afocal (l'image de l'infini est à l'infini).

1. Calculer l'écartement d entre les deux lentilles.

On se sert de cette lunette pour observer un objet éloigné sur l'axe optique de diamètre angulaire α faible.

2. Réaliser la construction permettant de trouver le diamètre angulaire α' de l'objet à la sortie de la lunette. En déduire la valeur du grossissement de la lunette.
3. On pourrait aussi observer l'objet en utilisant une lunette astronomique de même grossissement. Si vous aviez le choix, quel type de lunette choisiriez-vous ?

6 : Utilisation d'un viseur. (**)

L'œil voit sans accommoder les objets situés à l'infini et en accommodant les objets situés à une distance supérieure à $d_0 = 12{,}5\text{cm}$, distance minimale de vision distincte.

Un viseur est constitué de :

- un objectif L_1 de centre O_1, de distance focale image $f_1' = 10\text{cm}$ et de diamètre $d_1 = 3\text{cm}$;
- un oculaire L_2 de centre O_2 et de distance focale image $f_2' = 2\text{cm}$.

Le viseur est réglé de façon à viser à 20cm de la face d'entrée de l'objectif (c'est-à-dire que l'œil regardant à travers le viseur voit nettement sans accommoder les objets situés dans le plan de front situé à 20cm devant L_1).

1. Quelle est la distance ℓ entre L_1 et L_2 ?
2. Déterminer la position et le diamètre du cercle oculaire, c'est-à-dire de l'image de l'objectif donnée par l'oculaire. En déduire la positon de l'œil qui permet une observation de l'objet dans les meilleures conditions.
3. Soit AB un petit d'objet situé dans le plan de front à 20cm devant le viseur et α' l'angle sous lequel l'observateur voit AB à travers le viseur.

   Evaluer la puissance du viseur définie par $P = \left|\dfrac{\alpha'}{\overline{AB}}\right|$.

Réponses et éléments de réponses :

1 : 1.a. $\tau = \overline{P_0P} = 0{,}5\text{mm}$. 1.b. $\overline{OA_{\min}} = -55\text{cm}$.

2. Pour un objet placé à 5m, $\gamma = \dfrac{-\tau}{f'}$ donc portion de plan photographiée : $2{,}4\text{ m} \times 2{,}5\text{ m}$.

2 : 1. $\overline{O_1O_2} = 0{,}1484\text{ m}$, $\overline{F'_1F_2} = 0{,}1234\text{ m}$, $P_i = 1{,}234.10^3\delta$. 2. $\overline{O_1F} = -0{,}5203\text{cm}$. 3. $\alpha' = \dfrac{d\Delta}{f'_1 f'_2} = P_i d$.

3 : 1. $v_4 = -26{,}7\ \delta$. 2. $\overline{O_1O_3} = -75\text{ mm}$. 3. $\overline{O_3F'} = 15\text{ cm}$. 4. $\overline{A'B'} = -6\text{ mm}$. 5. $\overline{OA'} = 30\text{ cm}$.

4 : 1. d = 1, 6 cm. 2. $\gamma = -\dfrac{f}{D_{TL}}$. 3. $\gamma_\alpha = -\dfrac{f}{f'}$.

5 : 1. $d = \dfrac{1}{V_1} + \dfrac{1}{V_2} = 15\text{ cm}$. 2. $G = \dfrac{|V_2|}{V_1} = 4$.

6 : 1. $\ell = \overline{O_1F_2} + f_2'$, $\ell = 22\text{ cm}$. 2. $d_{CO} = d\dfrac{\overline{O_2O_1'}}{\overline{O_2O_1}}$, $d_{CO} = 3\text{mm}$. 3. $P = \dfrac{\ell - f_2'}{\overline{AO_1}.f_2'}$, $P = 100\delta$.