

Devoir Libre 3 : À rendre pour le jeudi 04 décembre

- les réponses illisibles ne seront pas corrigées ;
- indiquez le numéro de chaque question traitée en respectant la numérotation de l'énoncé ;
- les exercices sont indépendants et peuvent être traités dans l'ordre que vous souhaitez ;
- si vous constatez ce qui vous paraît être une erreur d'énoncé, vous l'indiquez dans votre copie et vous poursuivez votre rédaction, en précisant, le cas échéant, les initiatives que vous êtes amené à prendre.

Exercice 1 : Lentilles minces

Les lentilles minces étudiées seront utilisées dans l'approximation de Gauss.

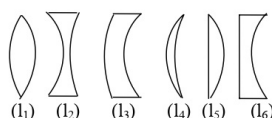


Figure 1

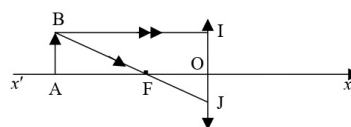


Figure 2

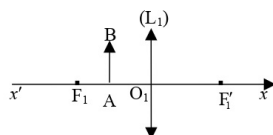


Figure 3

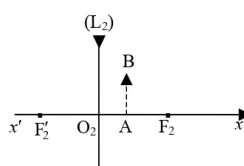


Figure 4

1. Caractère convergent ou divergent d'une lentille mince

1.1. **Formes des lentilles sphériques minces :** parmi les lentilles (l_1) à (l_6) représentées Figure 1, indiquer dans cet ordre : la lentille biconvexe, la lentille ménisque convergent et la lentille plan-concave.

1.2. **Observation d'un objet éloigné :** on vise un objet placé à grande distance en plaçant l'œil loin d'une lentille (l_7) . Nous voyons une image inversée de l'objet. La lentille (l_7) est-elle convergente ou divergente ? Justifier votre réponse.

1.3. **Déplacement transversal :** on place un objet réel de telle sorte que son image, vue à travers une lentille (l_8) , soit droite. En déplaçant (l_8) transversalement à son axe optique, on constate que l'image de l'objet se déplace dans le même sens que la lentille. La lentille (l_8) est-elle convergente ou divergente ? Justifier votre réponse.

2. Relations de conjugaison et de grandissement

2.1. Relation de conjugaison de Newton

Reproduire et compléter le tracé des rayons BI et BFJ de la Figure 2 pour l'obtention de l'image $A'B'$ de AB (foyer objet : F). Exprimer le grandissement transversal $\Gamma = \frac{A'B'}{AB}$ respectivement en fonction de $\overline{FA}$ et $\overline{OF}$ (foyer objet : F), puis en fonction de $\overline{F'A'}$ et $\overline{OF'}$ (foyer image : F'). En déduire la relation de conjugaison de Newton.

2.2. Relation de conjugaison de Descartes

En prenant le centre O comme origine, montrer que la relation de conjugaison de Newton conduit, après transformation (relation de Chasles) de $\overline{FA}$ et $\overline{F'A'}$, à une relation entre les grandeurs algébriques $\overline{OA}$, $\overline{OA'}$ et $\overline{OF'}$ dite relation de conjugaison de Descartes. Exprimer le grandissement Γ en fonction de $\overline{OA}$ et $\overline{OA'}$.

3. Correspondance objet-image pour des lentilles minces convergente et divergente

3.1. Construction géométrique de l'image $A'B'$ d'un objet AB transverse

Reproduire et construire l'image $A'B'$ de AB à l'aide de deux rayons issus du point B pour les lentilles minces suivantes :

- Lentille (L_1) , de centre optique O_1 et de foyers objet F_1 et image F'_1 (Figure 3).
- Lentille (L_2) , de centre optique O_2 et de foyers objet F_2 et image F'_2 (Figure 4).

3.2. Position de l'image A'B' et grandissement transversal

Donner la nature et la position de l'image A'B' d'un objet AB ainsi que le grandissement transversal Γ pour les lentilles (L_3) et (L_4) suivantes :

- La lentille (L_3) est convergente, de distance focale image $+30$ cm. Le positionnement de AB est tel que $\overline{O_3A} = 15$ cm. La position de A' sera donnée par la valeur de $\overline{F'_3A'}$.
- La lentille (L_4) est divergente, de distance focale image -30 cm. Le positionnement de AB est tel que $\overline{AF'_4} = 20$ cm. La position de A' sera donnée par la valeur de $\overline{O_4A'}$.

4. Système réfracteur : la lunette de Galilée

Une lunette de Galilée comprend :

- un objectif assimilable à une lentille mince ($\mathcal{L}_1$), de centre O_1 et de vergence $V_1 = 5 \delta$,
- un oculaire assimilable à une lentille mince ($\mathcal{L}_2$), de centre O_2 et de vergence $V_2 = -20 \delta$.

4.1. Déterminer les valeurs des distances focales images f'_1 et f'_2 des lentilles, puis la nature des lentilles.

4.2. La lunette est du type « afocale »

- Préciser la position relative des deux lentilles, la valeur de la distance $d = \overline{O_1O_2}$ et l'intérêt d'une lunette afocale.
- Dessiner la marche d'un rayon lumineux incident, issu d'un point objet à l'infini, faisant un angle θ avec l'axe optique et émergent sous l'angle θ' .
- En déduire dans les conditions de Gauss le grossissement (ou grandissement angulaire) $G = \frac{\theta'}{\theta}$ de cette lunette en fonction des distances focales f'_1 et f'_2 . Calculer sa valeur.

4.3. Observations

- Un astronome amateur utilise cette lunette, normalement adaptée à la vision d'objets terrestres, pour observer deux cratères lunaires : Copernic (diamètre : 96 km) et Clavius (diamètre : 240 km). **Rappel :** Distance Terre–Lune : $D_{TL} = 3,84.10^5$ km. L'astronome voit-il ces deux cratères lunaires à l'œil nu (acuité visuelle : 3.10^{-4} radian) ? Même question si l'observation se fait à travers la lunette.
- La planète Vénus, de diamètre 12 150 km, occultera Jupiter (diamètre 145 800 km) le 22 novembre 2065. Notre astronome amateur (qui sera certainement confirmé), pourra-t-il observer à l'œil nu ou à l'aide de sa lunette le disque jovien occulté par Vénus ? Dans cette configuration, la distance Terre–Vénus sera $D_{TV} = 4,5.10^7$ km.

Exercice 2 : Latitude de mise au point d'un microscope

Un microscope est modélisé par deux lentilles minces convergentes de même axe optique :

- L_1 (objectif) de centre O_1 et de distance focale image $f'_1 = 5$ mm,
- L_2 (oculaire) de centre O_2 et de distance focale image $f'_2 = 25$ mm.

On note F'_1 et F_2 respectivement les foyers image de L_1 et objet de L_2 . On donne l'intervalle optique $\Delta = F'_1F_2 = 25$ cm (axe optique orienté de O_1 vers O_2).

1. L'œil placé au foyer image de l'oculaire, étudie un petit objet AB disposé dans un plan de front (AB perpendiculaire à l'axe optique, A situé sur l'axe optique).

1.1. Où doit être situé A pour que l'œil n'ait pas à accommoder ? Répondre en donnant l'expression littérale et la valeur numérique de $\overline{F_1A}$. On précise que sans accommoder (i.e. sans fatigue) l'œil « normal » vise à l'infini.

1.2. On se place dans les conditions de la question précédente. Sur une figure où l'on ne cherchera pas à respecter les ordres de grandeur de f'_1 , f'_2 , Δ , mais où l'on tiendra seulement compte de la relation d'ordre : $f'_1 < f'_2 < \Delta$, représenter la marche d'un faisceau lumineux issu de B.

1.3. Soient α' l'angle algébrique sous lequel l'œil voit l'image définitive de AB à travers le microscope et α l'angle algébrique sous lequel il percevrait l'objet à l'œil nu sous le diamètre apparent le plus grand. On admettra que le *punctum proximum* de l'observateur est situé à $d_m = 25$ cm de son œil. Montrer que le grossissement $G = \alpha'/\alpha$ est donné par $G \approx -\frac{\Delta d_m}{f'_1 f'_2}$. Faire l'application numérique et interpréter le signe de G .

2. En accommodant, l'œil peut observer nettement un objet situé entre $d_m = 25$ cm et l'infini. De combien peut-on modifier la distance entre l'objectif et l'objet si l'on veut toujours pouvoir observer nettement l'objet AB à travers le microscope (latitude de mise au point)? On rappelle que l'œil est au foyer image de L_2 . Commenter le résultat.