

Travail à rendre le lundi 5 octobre.

Ce problème d'optique comprend deux parties ; un premier chapitre : « Définitions » introduit l'approximation de Gauss qui sera utilisée dans le chapitre suivant : « Etude de lentilles minces ». Les figures sont en dernière page. Les éléments (objets, images, rayons lumineux) seront tracés en traits pleins s'ils sont réels et en tirets s'ils sont virtuels.

I Définitions

A Systèmes optiques

1. Qu'appelle-t-on système optique centré ?
2. Qu'est-ce qu'un système catadioptrique ?

B Stigmatisme

1. Qu'appelle-t-on stigmatisme rigoureux pour un point A à travers un système optique ?
2. Citez un système rigoureusement stigmatique pour tous les points de l'espace.

C Aplanétisme

1. Soit (A, A') un couple de points conjugués, par un système optique centré (S) . Le point A est situé sur l'axe optique. On considère un point B , voisin de A , tel que AB soit transverse, c'est-à-dire situé dans un plan de front. A quelle propriété doit satisfaire B' , image de B à travers (S) , pour conduire à un aplanétisme rigoureux du couple (A, A') ?
2. Citez un système optique rigoureusement aplanétique pour tous les points de l'espace.

D Approximation de Gauss

1. Énoncer les conditions qui permettent de réaliser l'approximation de Gauss.
2. Quelle conséquence l'approximation de Gauss a-t-elle sur le stigmatisme ?

II Etude de lentilles minces

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

A Caractère convergent ou divergent d'une lentille mince

1. Formes des lentilles sphériques minces

Parmi les lentilles (l_1) à (l_6) représentées sur la Figure 1, indiquer dans cet ordre : la lentille biconcave, la lentille ménisque convergent et la lentille plan concave.

2. Observation d'un objet éloigné

On vise un objet placé à grande distance en plaçant l'oeil 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.

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.

B Relations de conjugaison et grandissement

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} puis de $\overline{F'A'}$ et $\overline{OF'}$ (foyer image F')

En déduire la relation de conjugaison de Newton.

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 $\overline{OA'}$.

C Correspondance objet-image pour des lentilles minces convergente et divergente

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)

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 O_4A' .

D Système réfracteur : la lunette de Galilée

Une lunette de Galilée comprend :

- un objectif assimilable à une lentille mince (L_1), de centre O_1 et de vergence $V_1 = 5$ dioptries,
- un oculaire assimilable à une lentille mince (L_2), de centre O_2 et de vergence $V_2 = -20$ dioptries .

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

2. La lunette est du type « afocal » :

2.a. Préciser la position relative des deux lentilles, la valeur de la distance $d = \overline{O_1O_2}$ et l'intérêt d'une lunette afocale.

2.b. Dessiner, dans les conditions de Gauss, la marche d'un rayon lumineux incident, issu d'un point objet à l'infini, faisant un angle θ avec l'axe optique et émergeant sous l'angle θ' .

2.c. En déduire le grossissement (ou grandissement angulaire) de cette lunette en fonction des angles θ et θ' , puis des distances focales f'_1 et f'_2 . Valeur du grossissement ?

3. 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 : $D_{TL} = 384000 \text{ km}$.

3.a. L'astronome voit-il ces deux cratères lunaires :

- à l'œil nu ? (Acuité visuelle : 3.10^{-4} rad)
- à l'aide de cette lunette ? Justifier vos réponses.

3.b. La planète Vénus, de 12150 km de diamètre, occultera Jupiter (de diamètre 145800 m) 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-Venus sera $D_{TV} = 45.10^6 \text{ km}$.

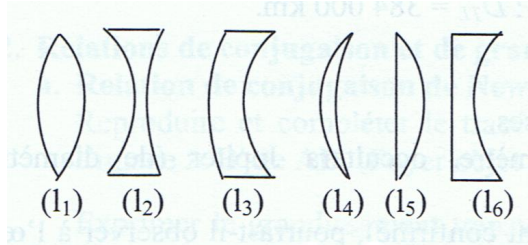


FIGURE 1 -

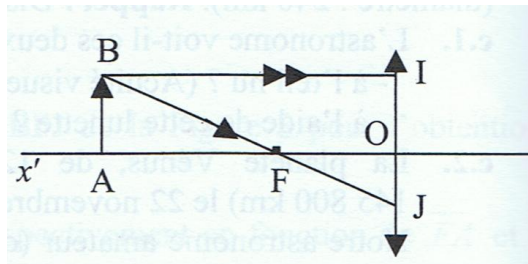


FIGURE 2 -

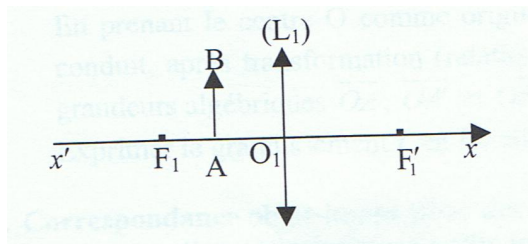


FIGURE 3 -

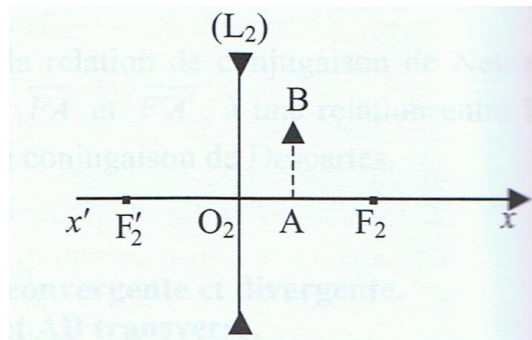


FIGURE 4 -