

TD S1.2 - Lentilles minces dans les conditions de Gauss

Table des matières

1	Questions de cours	1
2	Objectif photographique	2
3	Image d'un objet virtuel	2
4	Image du soleil donnée par une loupe	3
5	Élargisseur de faisceau	3
6	Lunette astronomique	4
7	Réalisation d'un viseur	4
8	Formule des opticiens	4
9	Rétroprojecteur	5
10	Focométrie par la méthode de Bessel	6
11	Doublet de lentilles minces	6

1 Questions de cours

1.1 Un système optique possédant un axe de symétrie est un système ...

1.2 Tous les rayons provenant d'un objet à l'infini sur l'axe sont ...

...

1.3 Tous les rayons provenant d'un objet à l'infini hors de l'axe sont ...

...

1.4 Si tout rayon issu de B vient converger en B' à la sortie d'un système optique, on dit que B' est à travers le système optique.

B et B' sont alors l'un de l'autre.

1.5 Il y a stigmatisme lorsque ...

1.6 Il y a aplanétisme lorsque ...

...

1.7 Le stigmatisme rigoureux est une propriété rare, on peut se contenter de stigmatisme approché en raison du de l'oeil (taille des cellules rétinienne) ou de la taille des d'un appareil numérique.

1.8 Pour que stigmatisme et aplanétisme soient vérifiés au mieux, on se place dans les ...

C'est-à-dire : ...

...

Pour cela expérimentalement on ...

1.9 Une lentille sphérique est formée de l'association de

1.10 Une lentille est dite mince si

1.11 Les foyers d'une lentille mince sont par rapport au centre O de la lentille.

1.12 On appelle distance focale d'une lentille la grandeur algébrique définie par

1.13 On appelle vergence d'une lentille la grandeur

1.14 Un système afocal est un système dont ...

1.15 On distingue les lentilles à bords des lentilles à bords

1.16 Si les rayons provenant d'un point objet sont parallèles entre eux et parallèles à l'axe optique alors cet objet est

1.17 Si les rayons provenant d'un point objet sont parallèles entre eux et inclinés par rapport à l'axe optique alors cet objet est

1.18 Le foyer objet d'une lentille est le point

conjugué d'un point

1.19 Le foyer image d'une lentille est le point

conjugué d'un point

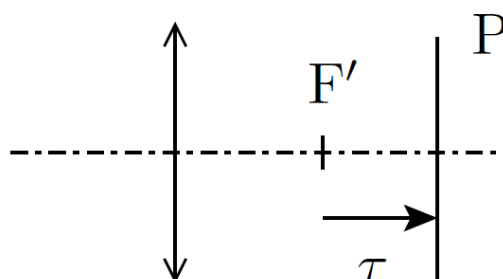
1.20 Un foyer secondaire objet est un point

conjugué d'un point

1.21 Un foyer secondaire image est un point

conjugué d'un point

2 Objectif photographique



Un objectif d'appareil photographique est assimilable à une lentille convergente de distance focale $f' = 75$ mm. Le tirage de l'objectif est la distance algébrique $\tau = \overline{F'P}$ entre le foyer image F' de la lentille et la pellicule photo P. Elle est ajustable grâce à une bague de réglage placée sur l'objectif. L'appareil est construit de telle sorte que $0 < \tau < 4,25$ mm.

2.1 Où se trouve l'objet visé pour $\tau = 0$ mm ?

2.2 Déterminer l'étendue par rapport à l'objectif des objets photographiables.

3 Image d'un objet virtuel

3.1 Construire l'image donnée par une lentille ¹ convergente d'un objet virtuel placé dans son plan focal image. Donner ses caractéristiques (position, nature, grandissement).

3.2 Retrouver par le calcul les résultats précédents.

1. https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/optiqueGeo/lentilles/lentille_mince.php

4 Image du soleil donnée par une loupe

Pour allumer un feu, un naufragé utilise une lentille convergente de distance focale $f' = 10$ cm.

4.1 Sachant que, vu de la Terre, le Soleil présente un diamètre angulaire apparent $\alpha = 0,5$, exprimer puis calculer le diamètre d de l'image formée.

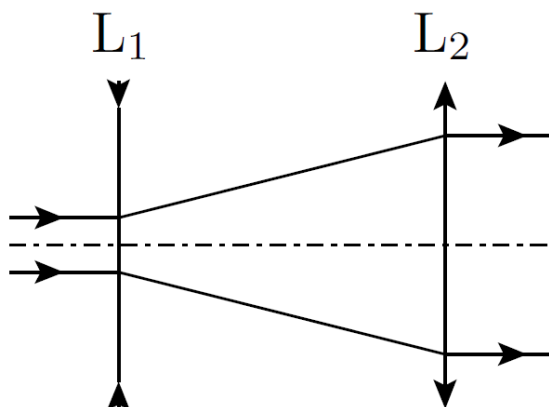
La lentille, supposée parfaitement transparente, a un diamètre $D = 2$ cm. La puissance rayonnée par le Soleil au niveau de la terre, par unité de surface, est $\varphi_0 = 1$ kW.m⁻².

4.2 Calculer la puissance par unité de surface φ reçue dans le plan focal image de la lentille au niveau de l'image du soleil.

La température T (en Kelvin) d'un corps recevant une puissance par unité de surface φ est donnée, sous certaines conditions supposées respectées ici, par la loi de STEPHAN $\varphi = \sigma T^4$ avec $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ W.m⁻².K⁻⁴.

4.3 En déduire l'ordre de grandeur de la température atteinte au foyer de la lentille.

5 Élargisseur de faisceau



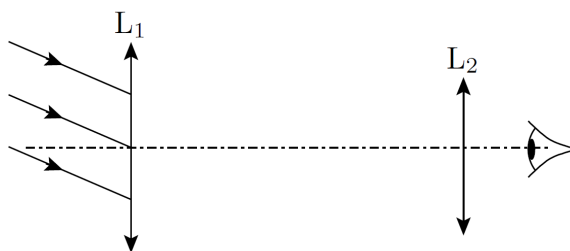
On souhaite élargir d'un facteur 10 le diamètre d'un faisceau de rayons parallèles. Pour cela, on place consécutivement deux lentilles minces², l'une divergente et l'autre convergente. On donne $f'_1 = -5$ mm la distance focale de la lentille divergente (L_1) et on note f'_2 la distance focale inconnue de la lentille convergente (L_2).

5.1 Que peut-on dire du foyer image F'_1 de la lentille (L_1) par rapport au foyer objet F_2 de la lentille (L_2) ? Justifier.

5.2 En déduire par un raisonnement géométrique la distance focale f'_2 nécessaire.

2. <https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/optiqueGeo/lentilles/doublet.php>

6 Lunette astronomique



Une lunette astronomique ³ se compose de deux lentilles convergentes, la première, notée (L_1), de grande distance focale f'_1 , constitue l'objectif et la seconde, notée (L_2), de petite distance focale, joue le rôle d'oculaire (c'est, là que l'on place l'œil). On vise le centre d'un objet à l'infini, vu sous un rayon angulaire apparent α depuis la Terre.

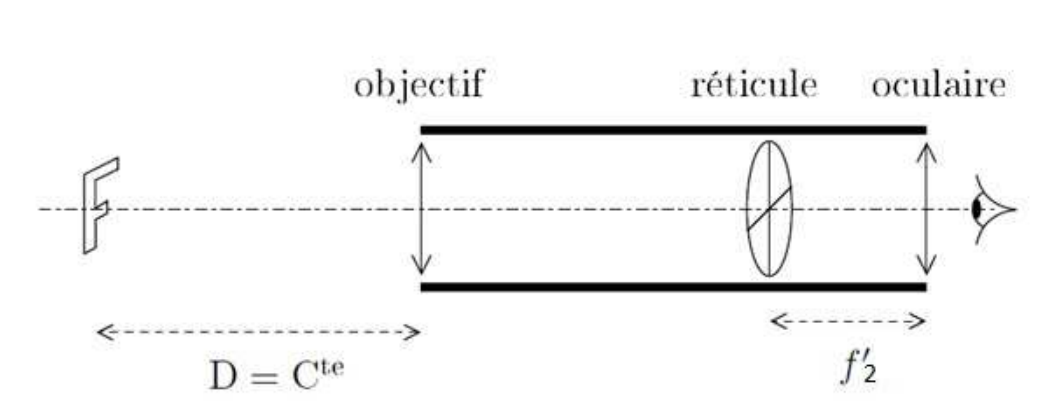
6.1 Quelle propriété simple doivent vérifier les plans focaux image Π'_1 et objet Π_2 ? Justifier.

6.2 Tracer la marche complète du faisceau parallèle incident, jusqu'à sa sortie de l'oculaire.

6.3 Déterminer l'expression du grossissement $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ où α' est le rayon angulaire apparent du faisceau à sa sortie de la lunette.

6.4 On observe la Lune à l'aide de cette lunette. Quelle distance minimale d doit séparer deux points sur la Lune pour que l'œil puisse les distinguer ? On donne $\epsilon = 1'$ le pouvoir séparateur de l'œil, $D = 380000$ km la distance Terre-Lune, $f'_1 = 1$ m et $f'_2 = 2$ cm.

7 Réalisation d'un viseur



Une lunette de visée est constituée d'un objectif de distance focale $f'_1 = 10$ cm et d'un oculaire de distance focale $f'_2 = 2$ cm. Cette lunette est initialement réglée pour voir net à l'infini.

7.1 Quelle est la distance entre l'objectif et l'oculaire ? Justifier.

7.2 On souhaite utiliser la lunette pour pointer des objets situés à une distance $D = 30$ cm de l'objectif. Quelle lentille additionnelle (L) (appelée *bonnette*) faut-il placer contre l'objectif pour réaliser ces pointages sans dérégler la lunette ?

7.3 De quelle longueur faudrait-il sortir le groupe réticule oculaire pour réaliser ces pointages sans la bonnette ?

8 Formule des opticiens

On accole deux lentilles minces (L_1) et (L_2) de vergences V_1 et V_2 , de telle sorte que les centres optiques O_1 et O_2 soient quasiment confondus en un seul point O . L'association des

3. http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/optiqueGeo/instruments/lunette_astro.php

deux lentilles donne d'un objet AB une image $A'B'$.

8.1 En considérant l'image intermédiaire A_1B_1 donnée par la première lentille, montrer que l'association est équivalente à une seule lentille mince de vergence V à exprimer en fonction de V_1 et V_2 .

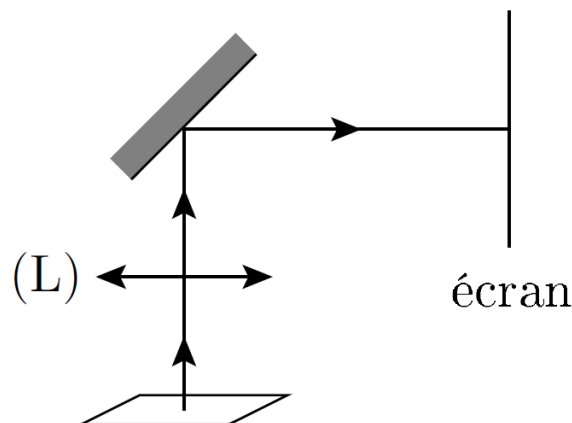
8.2 On accole une lentille convergente de distance focale $f'_1 = 100$ mm et une lentille divergente de distance focale $f'_1 = -200$ mm. L'association est-elle convergente ou divergente ? Que vaut sa distance focale ?

9 Rétroprojecteur

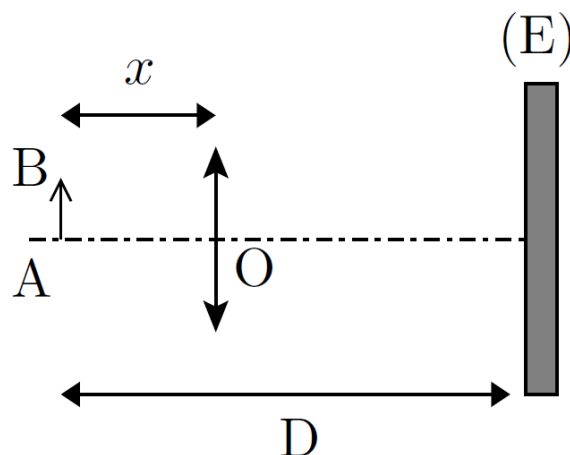
Un rétroprojecteur est constitué d'une lentille (L) de distance focale $f' = 30$ cm et d'un miroir plan incliné à 45° et placé à $d = 10$ cm de la lentille. L'écran de projection se trouve à $D = 2,5$ m de l'axe optique de la lentille.

9.1 À quelle distance ℓ avant (L) faut-il placer le transparent pour en avoir une image nette sur l'écran ?

9.2 Calculer alors la valeur du grandissement γ .



10 Focométrie par la méthode de Bessel



Afin de mesurer la distance focale inconnue f' d'une lentille mince convergente, on la place sur un banc d'optique entre un objet (AB) et un écran (E), fixes et distants de D . La lentille est mobile, on repère sa position par sa distance à l'objet $x = AO$ avec $0 < x < D$.

10.1 Déterminer l'équation du second degré vérifiée par la variable x pour que l'image de l'objet (AB) se forme nette sur l'écran.

10.2 À quelle condition sur D et f' existe-t-il alors des positions qui donnent une image nette sur l'écran ?

10.3 Sous cette hypothèse, exprimer f' en fonction de D et de la distance d entre les deux positions notée x_1 et x_2 de la lentille donnant une image nette sur l'écran.

10.4 Montrer que le produit $\gamma_1 \gamma_2$ des grossissements pour les deux positions de netteté est égal à 1.

11 Doublet de lentilles minces

Soit un système optique ⁴ formé d'une lentille divergente (L_1) de distance focale $f'_1 = -15$ cm et de centre O_1 suivie d'une lentille convergente (L_2) de distance focale $f'_2 = +20$ cm et de centre O_2 .

Les deux lentilles sont dans un premier temps distantes de $d = 30$ cm et l'objet est placé à une distance $D = 30$ cm devant (L_1).

11.1 Faire un schéma du dispositif et trouver la position de l'image grâce au tracé des rayons. On prendra comme échelle 1 carreau pour 5 cm.

11.2 Retrouver la position de l'image à l'aide des formules de conjugaison.

11.3 Calculer le grossissement du système optique $\{(L_1) + (L_2)\}$.

11.4 Comment faire pour que le système soit afocal uniquement en déplaçant L_2 ? Quelle est alors la distance $d' = O_1 O_2$ entre les deux lentilles ?

4. <https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/optiqueGeo/lentilles/doublet.php>