

Optique géométrique | Chapitre 3 | TD (O3)

Exercice n°1 • Association de deux lentilles

cours

Soit un système optique centré constitué successivement de 2 lentilles :

- une lentille \mathcal{L}_1 convergente de centre O_1 et de distance focale $f'_1 = a$;
- une lentille \mathcal{L}_2 divergente de centre O_2 et de distance focale $f'_2 = -a$.

On note : $e = \overline{O_1O_2}$. On note F et F' les foyers objets et image du système.

- 1) Faire deux constructions séparées permettant de définir les points F et F' (choisir par exemple $a = 5$ carreaux et $e = 8$ carreaux).
- 2) Déterminer, en fonction de e et a les grandeurs $\overline{O_1F}$ et $\overline{O_2F'}$. Faire l'application numérique et comparer avec les schémas de la question 1.
- 3) On considère un objet AB situé dans le plan focal objet de \mathcal{L}_1 . Construire graphiquement l'image de AB à travers le système optique. Déterminer, graphiquement et par le calcul, la valeur du grandissement γ .

Exercice n°2 • Lentille + Miroir

cours

Un système optique est formé d'une lentille mince convergente de distance focale $f' = 0,3$ m et d'un miroir plan situé $d = 0,15$ m après la lentille. Soit un objet AB situé à $0,15$ m avant la lentille (A est sur l'axe optique).

- 1) Faire une construction graphique et déterminer les caractéristiques de l'image $A'B'$ (position et taille) de l'objet AB à travers ce système. L'image est elle réelle ou virtuelle ?
 - 2) Retrouver ces caractéristiques par le calcul.
- On reprend le même système composé d'une lentille de focale f' inconnue et d'un miroir plan situé à une distance d quelconque.
- 3) Montrer que lorsque que AB est dans le plan focal objet de la lentille, alors l'image $A'B'$ l'est également.
 - 4) Cette configuration permet de déterminer expérimentalement facilement la focale d'une lentille inconnue. Comment s'appelle cette méthode ?

Exercice n°3 • Estimation de la largeur d'un pont

cours

Voici la photo d'un pont permettant le passage sous une route à 2×2 voies séparées par un terre-plein central et d'une voie d'accès. Elle a été réalisée avec un appareil photo reflex plein format :

- format de l'image sur le capteur : $24 \text{ mm} \times 36 \text{ mm}$;
- distance focale de l'objectif assimilé à une lentille mince convergente : $f' = 35 \text{ mm}$.



Estimer à partir de la photo la profondeur du pont.

Exercice n°4 • Pouvoir séparateur de l'œil

☆☆☆

- 1) Rappeler l'ordre de grandeur du pouvoir de résolution de l'œil.
- 2) Déterminer la distance jusqu'à laquelle cet œil peut distinguer deux traits parallèles séparés de $2,0$ mm.
- 3) Déterminer la hauteur que doit avoir une lettre d'un panneau autoroutier pour être lisible à 250 m.
- 4) En utilisant la modélisation optique de l'œil, déterminer la taille moyenne d'un récepteur de la rétine. On pourra considérer que l'œil est de longueur $2,5$ cm.

Exercice n°5 • Lentilles de contact

☆☆☆

- 1) Montrer que deux lentilles minces accolées, c'est-à-dire dont les centres optiques sont confondus, de vergence V_1 et V_2 est équivalent à une lentille mince unique de

même centre optique et de vergence $V = V_1 + V_2$.

On modélise l'œil par une lentille de vergence variable, placée à $d_0 = 15,0$ mm de la rétine.

2) Calculer le domaine dans lequel cette vergence varie, sachant qu'un œil emmétrope accommode de 25 cm à l'infini.

3) Un œil de myope a la même vergence, mais la distance lentille/rétine est de $d_1 = 15,2$ mm. Déterminer le PP et le PR de cet œil.

4) Quelle est la vergence de la lentille de contact à utiliser pour corriger cet œil ?

Exercice n°6 • Lunette astronomique



Une lunette astronomique est constituée de deux lentilles convergentes \mathcal{L}_1 et \mathcal{L}_2 situées sur le même axe. La première lentille, qui constitue l'objectif, a son foyer image F_1' confondu avec le foyer objet F_2 de la seconde, qui constitue l'oculaire. Un diaphragme d'ouverture \mathcal{D}_0 accolé à \mathcal{L}_1 de diamètre réglable complète le dispositif. Les distances focales des lentilles valent $f_1' = 40$ cm et $f_2' = 10$ cm et le diaphragme est un trou circulaire de rayon $R_0 = 2$ cm.

Les schémas seront réalisés avec une échelle longitudinale de 1/10 et une échelle transverse de 1/2.

1) Représenter la marche d'un faisceau de lumière issu d'un objet ponctuel situé à l'infini hors de l'axe optique. Préciser la nature de l'image.

2) Le grossissement G de la lunette est le rapport entre le diamètre angulaire θ' d'un objet observé avec la lunette et le diamètre angulaire θ de l'objet vu à l'œil nu.

(a) Quel est l'intérêt de la lunette astronomique ?

(b) Exprimer G en fonction des deux focales, donner sa valeur numérique. On supposera que les angles sont faibles.

3) Le cercle oculaire de la lunette correspond à l'image du diaphragme d'ouverture \mathcal{D}_0 par l'oculaire \mathcal{L}_2 .

(a) Construire le cercle oculaire sur un second schéma.

(b) Déterminer par le calcul la position et le rayon du cercle oculaire.

(c) Où doit-on placer son œil lorsqu'on utilise la lunette ?

(d) Préciser l'influence du diaphragme d'ouverture \mathcal{D}_0 sur l'image observée.

4) La lunette est utilisée pour observer différents astres. Leurs diamètres et leurs distances au moment de l'observation sont données par le tableau suivant.

	Lune	Vénus	Mars
Distance (m)	$3,82 \cdot 10^8$	$8,12 \cdot 10^{10}$	$7,85 \cdot 10^{10}$
Diamètre (m)	$3,52 \cdot 10^6$	$1,21 \cdot 10^7$	$6,79 \cdot 10^6$

(a) Déterminer les diamètres angulaires des objets observés à l'œil nu, puis avec la lunette.

(b) Quels sont les objets qui apparaissent étendus à l'œil nu ? Quels sont ceux qui apparaissent étendus à travers la lunette ?

Exercice n°7 • Cascade inférieure du Yellowstone



Document 1 : photographie

La photographie ci-dessous montre la cascade inférieure du parc de Yellowstone.



Document 2 : appareil photographique On dispose de quelques caractéristiques techniques de l'appareil photographique et de l'objectif utilisés ainsi que des réglages de l'appareil lors de la prise de vue.

Appareil Canon EOS 550D

Type et Taille de capteur	CMOS APS-C, 22,3×14,9 mm
Nombre total de pixels	Environ 18,7 millions
Ratio de format	3:2

Objectif Canon EF-S-18-135 mm, $f/3$, 5-5, 6 IS

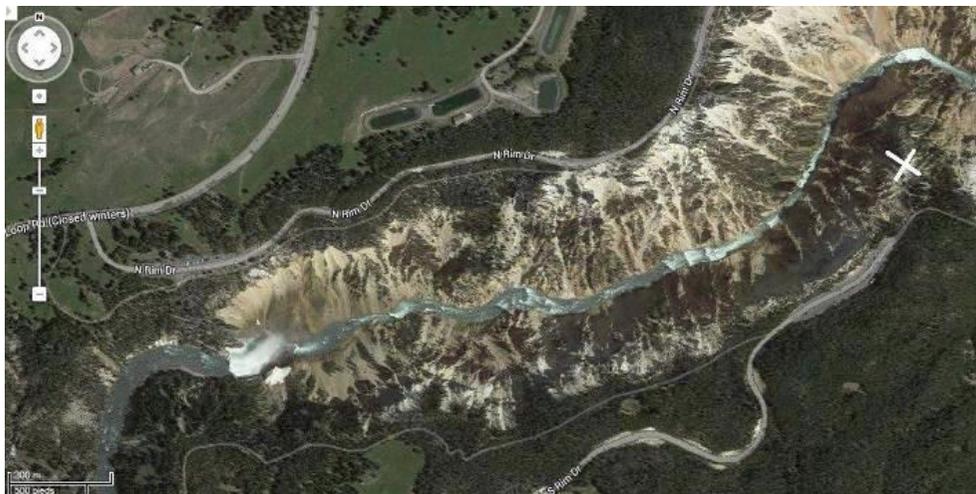
Taille de l'image	APS-C
Focale en mm (équivalent 24 × 36)	18-135 (29-216)
Angle de champ (horizontal)	64° 30' (9° 30')
Distance de mise au point minimale	39 cm
Grandissement maximum (×)	0,21 (à 135 mm)

Réglages de l'appareil lors de la prise de la photographie

- Ouverture : $f/9,0$
- Durée d'exposition : 1/100 s
- Distance focale : 135 mm

Document 3 : photographe

La position du photographe est repérée par une croix sur la vue satellite (l'échelle en bas à gauche indique 200 m).



- 1) Quelle est la hauteur approximative de la cascade ?
- 2) L'eau de la cascade semble en mouvement. Sur quel réglage faut-il jouer pour qu'elle apparaisse figée ?
- 3) Les arbres au premier plan sont nets. Sur quel paramètre faut-il jouer pour les rendre flou et ainsi avoir uniquement la cascade nette ?

Exercice n°8 • Photographie d'un papillon



On souhaite prendre en photo un papillon (noté AB , où A est sur l'axe optique) de taille $h_p = 4,0$ cm et situé à une distance $d_p = 20$ cm du photographe.

Objectif standard

On s'intéresse dans un premier temps à un objectif standard d'appareil photo, constitué d'une lentille convergente unique de centre O et de focale $f' = 10$ cm.

On note P l'intersection du plan du capteur avec l'axe optique.

- 1) Pour photographier le papillon, quelle doit être la distance D entre la lentille et le capteur pour que la photographie soit nette ? Quelle est, dans ce cas, la taille h'_p de l'image du papillon ?
- 2) Vérifier les résultats de la question précédente par une construction géométrique (préciser les échelles utilisées).

Objectif alternatif

Au lieu d'un objectif à une lentille, on peut utiliser un autre montage en associant deux lentilles distantes d'une distance e : une lentille divergente \mathcal{L}_1 de centre O_1 et de focale $f'_1 = -10$ cm et une lentille convergente \mathcal{L}_2 de centre O_2 et de focale $f'_2 = 5,0$ cm. On donne : $e = \overline{O_1O_2} = 60$ mm.

On note toujours P l'intersection du plan du capteur avec l'axe optique.

- 3) Pour photographier le papillon, quelle doit être la distance $D' = \overline{O_2P}$ entre la lentille \mathcal{L}_2 et la pellicule en fonction de f'_1 , f'_2 , e et d_p ? Quelle est alors la nouvelle taille h'_p de l'image du papillon ?
- 4) Vérifier les résultats de la question précédente par une construction géométrique (préciser les échelles utilisées).
- 5) Quel objectif vaut-il mieux utiliser pour percevoir le plus de détails ? Quel avantage offre l'autre objectif ?

Présence d'une vitre

On reprend dans cette partie l'objectif standard étudié précédemment.

On modélise une vitre par une lame à face parallèles, c'est-à-dire un milieu transparent isotrope et homogène d'indice n et limité par deux plans parallèles distants de

e. Les deux faces de la vitre sont baignées par l'air. On ne considérera aucun rayon réfléchi sur les faces de la vitre, tous les rayons sont transmis.

6) Rappeler les lois de Snell-Descartes pour la réfraction. On prendra l'exemple de l'interface air/verre pour réaliser un schéma.

On note d la distance entre le papillon et la première face de la vitre.

7) Sur un schéma, construire l'image donnée par la vitre du papillon.

8) Calculer, dans les conditions de Gauss, la distance, notée d' , entre cette image et la première face de la vitre, en fonction de d , e et n .

9) Le photographe souhaite à présent photographier le papillon à travers la vitre. On suppose $e < f'$. La position de la vitre entre A et O a-t-elle de l'importance sur la position de l'image donnée par la lentille ? Justifier la réponse.

10) L'image du papillon est-elle toujours visible sur le capteur si ce dernier est placé à la distance D de la lentille (calculée à la première question) ? Justifier la réponse.

11) L'image du papillon par la lentille est-elle toujours réelle ? Justifier la réponse.

12) Conclure : à partir de quelle distance minimale d_m de O le papillon doit-il être placé pour être sûr de pouvoir observer une image sur le capteur (en le déplaçant éventuellement) lorsqu'il y a une vitre entre le papillon et le photographe ? Calculer d_m pour $n = 1,5$ et $e = 1,0$ cm.

Non. 10) Non. 11) Oui si $\overline{OA_1} \leq f'$. 12) $d_m = f' + e \left(1 - \frac{1}{n}\right) = 10,3$ cm.

Éléments de correction

1) 2) $\overline{O_1F} = -8,1$ carreaux et $\overline{O_2F'} = -1,9$ carreaux. 3) $\gamma = 1$. 2) Cf. cours.
 3) $\sim 2 \cdot 10^1$ m. 4) 1) $\alpha_{\text{œil}} \simeq 1' \simeq 3 \cdot 10^{-4}$ rad. 2) $d = 7$ m. 3) $h = 75$ mm. 4) $d_{\text{récep}} \simeq 7,5$ μm . 5) 2) $V_{\text{œil PP}} = 70,7 \delta$ et $V_{\text{œil PR}} = 66,7 \delta$. 3) $PP = -20,5$ cm et $PR = -1,14$ m. 4) $V_{\text{lentille}} = -0,9 \delta$ 6) 1) Renversée, réelle et grossie. 2a) Système afocal grossissant. 2b) $G = \frac{f'_{ob}}{f'_{oc}} = 4$. 3b) $\overline{O_{oc}C} = \frac{f'_{oc}(f'_{ob} + f'_{oc})}{f'_{ob}}$ et $\mathcal{D}'_0 = \mathcal{D}_0 \cdot \frac{f'_{oc}}{f'_{ob}}$.
 3c) Cercle oculaire. 3d) Luminosité. 4) Cf. correction. 7) 1) $\overline{AB} \simeq 106$ m. 2) Temps d'exposition. 3) NO. 8) 1) $D = \left(\frac{1}{f'} - \frac{1}{d_p}\right)^{-1} = 20$ cm et $h'_p = 4,0$ cm. 2) Cf. correction. 3) $\frac{1}{D'} = \frac{1}{f'_2} + \left(-e + \left(\frac{1}{-d_p} + \frac{1}{f'_1}\right)^{-1}\right)^{-1} = 8,3$ cm et $h'_p = \frac{D'h_p}{d_p} \left(1 - e \left(\frac{1}{-d_p} + \frac{1}{f'_1}\right)^{-1}\right)^{-1} = 0,87$ cm. 4) Cf. correction. 5) Standard : plus de détails. Alternatif : réduction de l'encombrement de l'appareil photo. 6) Plan d'incidence ET $n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$. 7) Cf. correction. 8) $d' = d + e \left(\frac{1}{n} - 1\right)$. 9)