

Exercices 2 Lentilles minces, images et couleurs

Application : appareil photo, loupe, œil, mesure d'une vergence en Python, filtres

5 exercices · niveau ●●○ · durée conseillée : 2 h · calculatrice autorisée

★ À RETENIR — Ce qu'il faut savoir faire à la fin de la feuille

- Modéliser un appareil photo, une loupe, l'œil par une lentille mince ; exploiter conjugaison et grandissement.
- Déterminer une vergence par modélisation affine (Python) ; exploiter des spectres de transmission.

Exercice 1 Mise au point d'un appareil photo

●●○

L'objectif d'un appareil photo est modélisé par une lentille mince convergente de distance focale $f' = 50,0$ mm. Le capteur, rectangle de 24 mm sur 36 mm, est fixe ; pour faire la mise au point, on déplace l'objectif : la distance objectif-capteur est égale à $\overline{OA'}$, et le tirage est la distance $\overline{OA'} - f'$.

- 1.1 Pour photographier un objet très éloigné (« à l'infini »), où se forme l'image ? En déduire la distance objectif-capteur et le tirage.
- 1.2 Le photographe fait le portrait en pied d'une personne de 1,70 m, située à 2,55 m de l'objectif. Montrer que la distance objectif-capteur doit être $\overline{OA'} = 51,0$ mm et en déduire le tirage.
- 1.3 Calculer le grandissement, puis la hauteur de l'image de la personne. L'appareil doit-il être tenu horizontalement ou verticalement pour que la personne soit photographiée en entier ?
- 1.4 Le tirage ne peut pas dépasser 5,0 mm. Montrer qu'on ne peut pas obtenir une image nette d'un objet situé à moins de 55 cm de l'objectif. Quelle est alors la taille de l'image d'une coccinelle de 8,0 mm ?

Exercice 2 La loupe du philatéliste

●●○

Pour examiner un détail de hauteur 1,5 cm sur un timbre, un collectionneur utilise une loupe de distance focale $f' = 6,0$ cm, placée à 4,0 cm du timbre ; son œil est juste derrière la loupe.

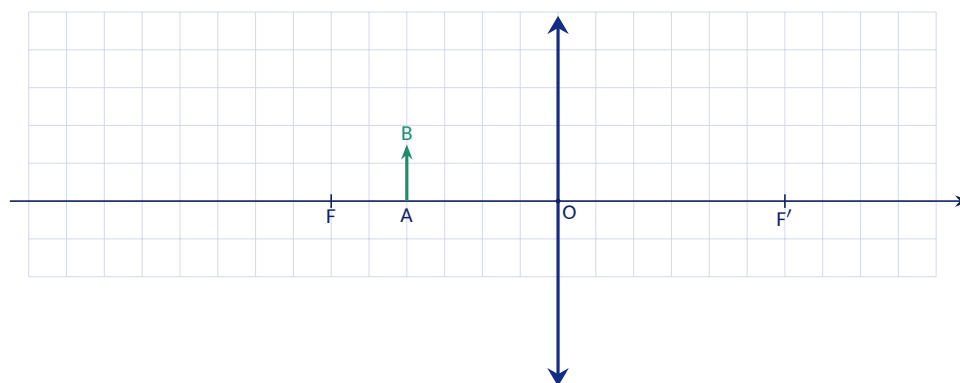


Figure 1 — Construction à compléter (1 carreau pour 1 cm ; la lumière va de gauche à droite)

- 2.1 Tracer deux rayons issus de B qui traversent la loupe, puis construire l'image $A'B'$ en prolongeant les rayons émergents (en pointillés).
- 2.2 Caractériser l'image. Pourquoi ne peut-on pas la recueillir sur un écran ? Calculer $\overline{OA'}$, le grandissement γ et la taille de l'image, et vérifier la cohérence avec la construction.
- 2.3 Le collectionneur éloigne la loupe à 9,0 cm du timbre. Calculer $\overline{OA'}$ et γ . Pourquoi la loupe ne joue-t-elle plus son rôle ?

Exercice 3 L'œil et l'accommodation



Dans le modèle de l'œil réduit, le cristallin est une lentille mince convergente de vergence C variable et la rétine est un écran situé à une distance fixe $d = 17 \text{ mm}$ du cristallin. Une image est vue nette lorsqu'elle se forme sur la rétine.

- 3.1 Calculer la vergence C_0 du cristallin lorsque l'œil observe un objet très éloigné sans effort.
- 3.2 Un adolescent voit net jusqu'à 10 cm de son œil (punctum proximum). Montrer que la vergence de son cristallin est alors $C_{\max} \approx 69 \delta$. Expliquer le mot « accommodation ».
- 3.3 Il lit un texte à 25 cm de son œil. Quelle est la hauteur de l'image d'une lettre de $3,0 \text{ mm}$ sur sa rétine ?
- 3.4 À 50 ans , l'amplitude d'accommodation $C_{\max} - C_0$ n'est plus que de $2,0 \delta$. Déterminer le punctum proximum. Cette personne peut-elle lire nettement un livre tenu à 30 cm ?

Exercice 4 Mesurer une vergence : modélisation en Python



Un élève place un objet lumineux à différentes distances d'une lentille et repère à chaque fois la position de l'écran donnant une image nette.

$\overline{OA} \text{ (cm)}$	-20	-25	-30	-40	-50	-60
$\overline{OA'} \text{ (cm)}$	33,6	25,1	21,3	18,1	16,7	15,9

```

1 import numpy as np
2 OA = np.array([-20, -25, -30, -40, -50, -60]) * 1e-2
3 OAp = np.array([33.6, 25.1, 21.3, 18.1, 16.7, 15.9]) * 1e-2
4 x = 1 / OA
5 y = ... # à compléter
6 a, b = np.polyfit(x, y, 1) # modèle y = a*x + b
7 print("a =", round(a, 3), "; b =", round(b, 2))

```

Affichage : a = 0.999 ; b = 7.99

- 4.1 Montrer que, d'après la relation de conjugaison, $1/\overline{OA'}$ est une fonction affine de $1/\overline{OA}$; préciser la pente et l'ordonnée à l'origine attendues.
- 4.2 Compléter la ligne 5 du programme. Quelle est l'unité de x et de y ?
- 4.3 Le modèle est-il validé ? En déduire la vergence C et la distance focale f' de la lentille.

Exercice 5 Superposer deux filtres



La figure 2 donne le facteur de transmission (pourcentage de la lumière transmise) de deux filtres A et B en fonction de la longueur d'onde. Bleu : de 400 à 500 nm ; vert : de 500 à 600 nm ; rouge : de 600 à 750 nm .

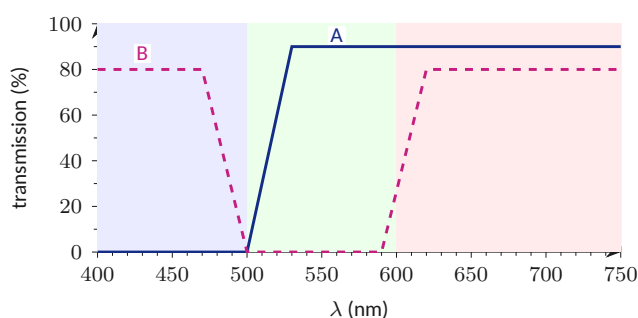


Figure 2 — Transmission des filtres A (trait plein) et B (tirets)

- 5.1 Quelles lumières colorées chaque filtre transmet-il ? En déduire sa couleur en lumière blanche.
- 5.2 De la lumière blanche traverse le filtre A puis le filtre B. Quel domaine de longueurs d'onde est transmis ? Quelle couleur observe-t-on ? Quel pourcentage de la lumière de longueur d'onde 650 nm est transmis ?
- 5.3 On éclaire les deux filtres superposés avec un laser vert ($\lambda = 532 \text{ nm}$). Qu'observe-t-on derrière ? Justifier.