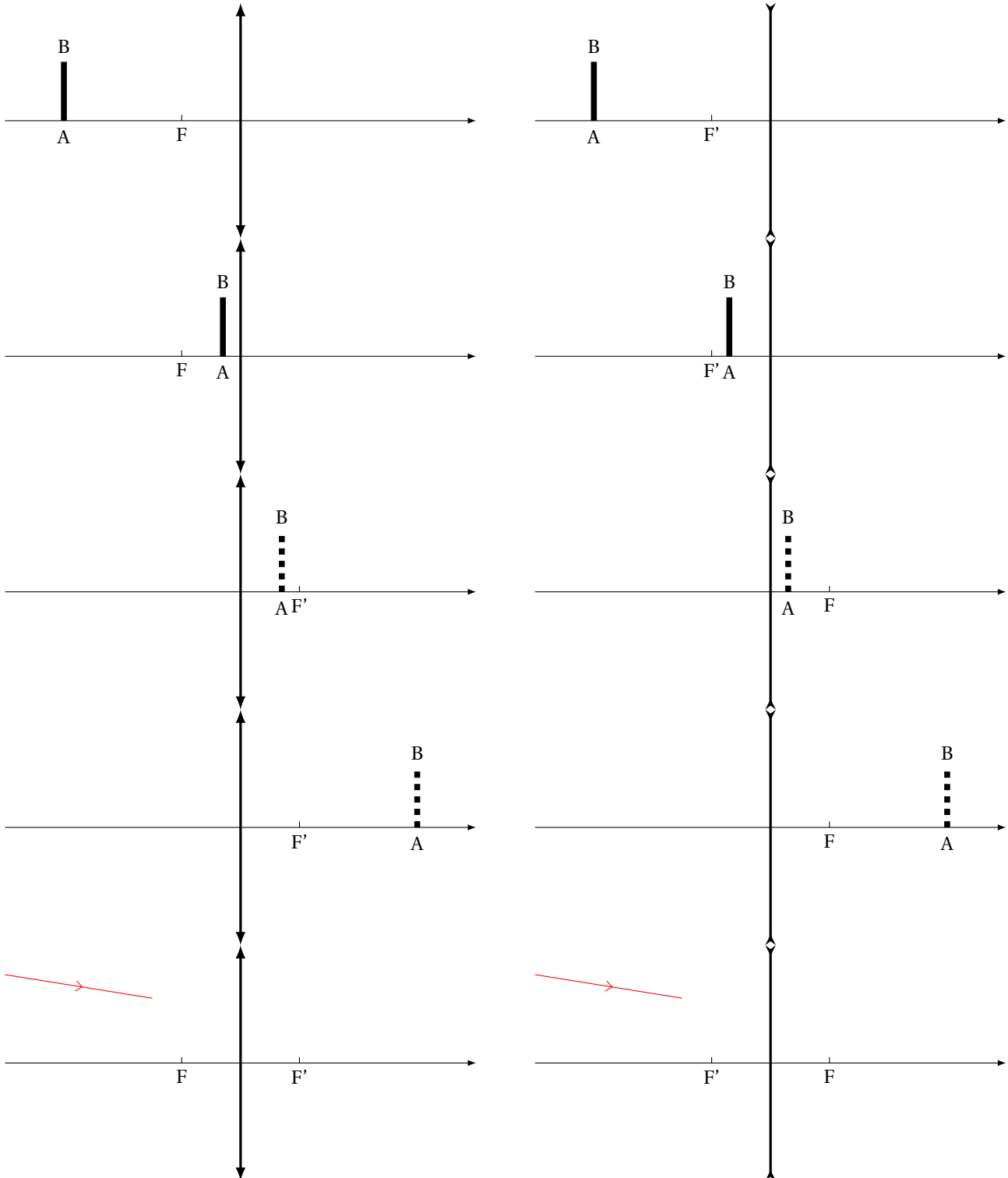


# TD 3 - Systèmes optiques

## 1 Applications

### 1.1 Construction d'images à travers une lentille mince

Construire l'image des objets AB suivants ou prolonger les rayons lumineux suivants. A chaque tracé, indiquer la nature de l'image et le signe du grandissement transversal.



## 1.2 Objet "à l'infini"

Soit un point lumineux placé sur l'axe optique d'une lentille convergente de distance focale  $f'$  et de diamètre  $L$  et placé à une distance  $D$  du centre optique. On note  $\ell$  la taille de la tache lumineuse résultante située dans le plan focale image. On note  $h$  la taille minimale que peut résoudre l'appareil utilisé pour observer cette tache. Le diamètre angulaire de la lentille vu depuis l'objet est noté  $\alpha$ .

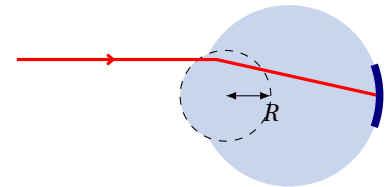
1. Faire un schéma de la situation (représentez toutes les grandeurs du problème). Tracer deux rayons en les faisant passer chacun par un bord de la lentille et les prolonger après celle-ci **en utilisant les propriétés des lentilles minces**.
2. Par construction des rayons lumineux, écrire une relation entre les grandeurs  $D$ ,  $L$ ,  $\ell$  et  $f'$ .
3. Donner l'inégalité que doit vérifier la distance objet-lentille pour que la tache lumineuse observée soit de taille inférieure à la résolution du détecteur. Commenter l'influence de  $h$ .
4. Comparez la situation précédente au cas d'un objet situé à une distance "infini" de la lentille. Commenter.
5. Donner un ordre de grandeur de la taille de la tache de diffraction obtenue dans le plan focal image si l'objet émet une lumière visible et indiquez en quoi cette valeur, dans le cadre de l'optique géométrique, donne une borne inférieure à la taille que peut résoudre le détecteur avec cette lentille.
6. Faire la synthèse des réponses pour expliquer ce qu'est un objet à l'infini.
7. Lien avec l'exercice 1.5 : expliquer à partir de la formule de conjugaison de Descartes et de vos connaissances sur les lentilles en quoi l'image se forme dans le plan focal image.

## 1.3 Image de la Lune et du Soleil

La lune a un diamètre angulaire d'environ  $10^{-2}$  rad. Calculez la taille de l'image de la Lune à travers une lentille convergente de distance focale 100 mm. Faire de même pour le soleil. On pourra utiliser le fait que pour tout  $\alpha \ll 1$  alors  $\sin(\alpha) \approx \alpha$  et  $\tan(\alpha) \approx \alpha$ . La lune ayant un rayon de 1700 km, donner le temps que met la lumière du soleil à nous parvenir.

## 1.4 L'œil

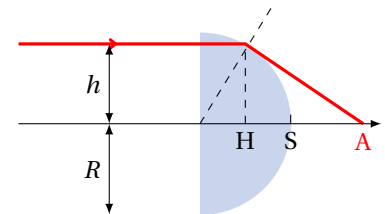
La cornée est assimilée à un dioptre sphérique air-eau ( $n = 1,33$ ) de rayon  $R = 6$  mm au repos et le reste de l'œil est supposé être d'indice optique uniforme. Quelle doit être la distance entre ce dioptre et la rétine, sachant que l'œil emmétrope au repos vise à l'infini?



## 1.5 Stigmatisme approché pour une lentille hémisphérique

Soit une lentille hémisphérique d'indice  $n = 1,6$  et de rayon  $R = 100$  mm.

1. Le rayon incident représenté ci-contre est parallèle à l'axe optique de la lentille. Est-il dévié par le premier dioptre? Expliquez.
2. Reportez le schéma ci-contre sur votre copie en ajoutant les angles d'incidence et de réfraction sur le second dioptre rencontré par le rayon.
3. Déterminer la relation liant  $\overline{SA}$  à  $h$ .
4. Rappelez la distance du *punctum proximum* et de résolution angulaire d'un œil emmétrope, et en déduire un ordre de grandeur de l'écart minimal que celui-ci peut résoudre à cette distance.
5. Estimez une condition sur  $h$  du type  $h \in [-h_m, h_m]$  pour que la lentille soit dans les conditions de stigmatisme approché, dans le cas d'une observation à l'œil nu. Justifiez l'appellation "lentille mince".
6. Que devient cette condition pour un écran CCD de taille de pixels de  $5 \mu\text{m}$ ?
7. Comparez la distance HS et SA dans le cadre du stigmatisme approché (œil ou CCD) et en déduire la distance focale de cette lentille.



## 2 Exercices

### 2.1 Microscope

Un microscope est constitué par l'association de deux lentilles jouant respectivement le rôle d'objectif ( $L_1$ ) et d'oculaire ( $L_2$ ). Elles sont toutes deux convergentes de distance focale  $f'_1$  et  $f'_2$ . On note  $\Delta = \overline{F'_1 F_2}$ .

1. Déterminer la position d'un objet AB pour qu'un œil normal puisse l'observer à travers le microscope sans accommoder. On cherchera  $\overline{F_1 A}$  en fonction de  $\Delta$  et  $f'_1$ . Faire une construction géométrique.
2. Exprimer  $G_c$  le grossissement commercial du microscope, défini comme le rapport de l'angle sous lequel l'observateur voit l'image par le microscope sans accommoder sur l'angle de vision directe à l'œil nu au *ponctum proximum*.

### 2.2 Correction d'un œil myope

Supposons un œil myope de PR 30 cm et de PP 10 cm. Donner la vergence de la lentille de correction en dioptrie et indiquer le PR de l'ensemble pour une lunette située à 1 cm de l'œil.

### 2.3 Oculaire et profondeur d'accommodation pour un viseur

L'oculaire d'un viseur est une lentille convergente de courte focale (de l'ordre du centimètre) que l'on place très proche de l'œil (distance plus faible que le diamètre de l'œil). On se propose de montrer qu'un objet sera net à travers cette lentille sur une petite distance contrairement à l'étendue d'accommodation de l'œil.

1. Faire un schéma d'un œil accommodant à l'infini regardant un objet **à travers** l'oculaire. On représentera les lentilles très proches l'une de l'autre. Où se situe l'objet? Indication : Est-il nécessaire de connaître la structure de l'œil pour répondre à cette question?
2. Sur un schéma différent, représenter un objet A sur l'axe optique vu par un œil accommodant au *ponctum proximum* **à travers** l'oculaire.
3. En déduire que la distance FA, où F représente le point focal objet de l'oculaire, correspond à la plage d'accommodation de l'œil à travers l'oculaire. Estimer cette étendue. Commenter.

### 3 Problème

#### 3.1 Mesures de distance sur une photographie



Voici la photo d'un pont permettant le passage sous une route à 2x2 voies séparées par un terre-plein central et une voie d'accès. Elle a été réalisée avec un appareil photo reflex plein format (24 mm x 36 mm) et un objectif 35 mm. En supposant la distance de l'appareil au pont très grand devant la distance focale, estimer la profondeur du pont.

Indications : Faire un schéma optique simplifié de la situation ne faisant intervenir que le devant et l'arrière du pont, la lentille et le capteur. Utiliser toutes les valeurs de l'énoncé et faire une hypothèse supplémentaire sur l'objet et le plan auquel il appartient. Valider le résultat en utilisant l'énoncé et des ordres de grandeurs.

#### Au programme :

Notions et contenus	Capacités exigibles	Exercices en lien
Conditions de l'approximation de Gauss.	Énoncer les conditions de l'approximation de Gauss et ses conséquences. Relier le stigmatisme approché aux caractéristiques d'un détecteur.	1.5, 1.2
Lentilles minces dans l'approximation de Gauss.	Définir les propriétés du centre optique, des foyers principaux et secondaires, de la distance focale, de la vergence. Construire l'image d'un objet situé à distance finie ou infinie à l'aide de rayons lumineux, identifier sa nature réelle ou virtuelle. Exploiter les formules de conjugaison et de grandissement transversal de Descartes et de Newton. Établir et utiliser la condition de formation de l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente.	1.1, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3
<b>Modèles de quelques dispositifs optiques</b> L'œil.	Modéliser l'œil comme l'association d'une lentille de vergence variable et d'un capteur plan fixe.	1.4, 2.2, 1.2, 1.5
Punctum proximum, punctum remotum.	Citer les ordres de grandeur de la limite de résolution angulaire et de la plage d'accommodation.	
L'appareil photographique.	Modéliser l'appareil photographique comme l'association d'une lentille et d'un capteur. Construire géométriquement la profondeur de champ pour un réglage donné. <b>Étudier l'influence de la focale, de la durée d'exposition, du diaphragme sur la formation de l'image.</b>	1.2, 3.1