



## TD 5 - Modèles de quelques dispositifs optiques

### Notions et capacités mises en œuvre dans ce TD

- ✓ Énoncer les conditions permettant un stigmatisme approché et les relier aux caractéristiques d'un détecteur.
- ✓ Utiliser les définitions et propriétés du centre optique, des foyers principaux et secondaires, de la distance focale et de la vergence
- ✓ Construire l'image d'un objet réel ou virtuel situé à distance finie ou infinie à l'aide des rayons lumineux, identifier sa nature réelle ou virtuelle
- ✓ Exploiter les relations de conjugaison et de grandissement de Descartes
- ✓ Modéliser l'œil comme l'association d'une lentille de vergence variable et d'un capteur fixe.
- ✓ Citer les ordres de grandeur de la limite de résolution angulaire et de la plage d'accommodation.
- ✓ Modéliser l'appareil photographique comme l'association d'une lentille mince et d'un capteur.
- ✓ Construire géométriquement la profondeur de champ pour un réglage donné.
- ✓ Étudier l'influence de la focale, de la durée d'exposition, du diaphragme sur la formation de l'image.

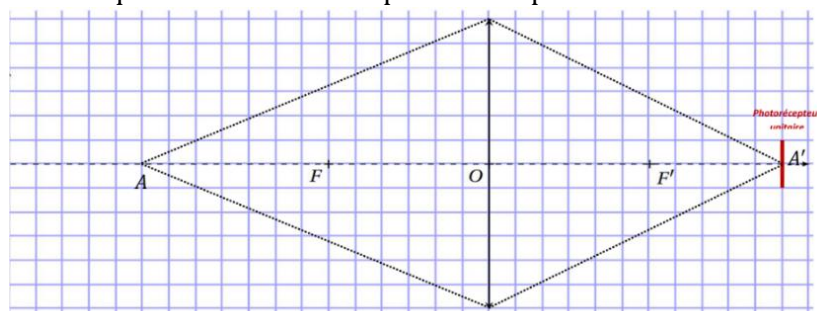
Parcours	Programme de la séance de TD
Facile	Questions de cours, QCM, exercices 1 et 2
Moyen	Q3, exercices 2, 3, 4
Approfondi	Q3, exercices 3, 5, 6, 7

### Questions de cours

**Q1. Modélisation de l'œil :** préciser quel organe de l'œil joue le rôle de lentille, de diaphragme, d'écran et faire un schéma. Qu'est-ce que l'accommodation ? Qu'appelle-t-on punctum proximum et punctum remotum ? Qu'appelle-t-on œil "normal" ? Quel autre adjectif peut-on utiliser ? Définir et donner les ordres de grandeur de la limite de résolution angulaire et de la plage d'accommodation.

**Q2. Modélisation de l'appareil photo :** Faire un schéma et préciser les éléments importants.

**Q3. Profondeur de champ :** Compléter le schéma suivant pour tracer la profondeur de champ d'un appareil photo numérique faisant la mise au point sur le point A.



Photodétecteur unitaire

## QCM

- 1) **L'image d'un objet sur la rétine est :**
  - a. Toujours réelle.
  - b. Toujours virtuelle.
  - c. Réelle ou virtuelle suivant la position de l'objet.
  
- 2) **Parmi les affirmations suivantes lesquelles sont exactes ?**
  - a. Lorsque l'œil accommode, le système optique de l'œil devient moins convergent.
  - b. Pour observer un objet très éloigné, l'œil emmétrope n'a pas besoin d'accommoder.
  - c. Si un œil emmétrope n'accommode pas, l'image d'un objet proche se forme derrière la rétine.
  
- 3) **Quand l'œil accommode :**
  - a. La distance focale du cristallin augmente.
  - b. La distance focale du cristallin diminue.
  - c. La rétine se déplace.
  
- 4) **Quand l'œil est au repos :**
  - a. Sa distance focale image est maximale.
  - b. Sa distance focale image est minimale.
  
- 5) **Un œil de diamètre 15 mm voit net un objet situé à l'infini.**
  - a. Sa distance focale est infinie.
  - b. Sa distance focale est  $f' = 15$  mm.
  
- 6) **Pour voir nettement un objet situé au punctum proximum :**
  - a. La distance focale du cristallin doit être maximale.
  - b. La distance focale du cristallin doit être minimale.
  - c. L'œil doit être au repos.

## Exercices

### Exercice n° 1 : Réglages de l'APN (★)

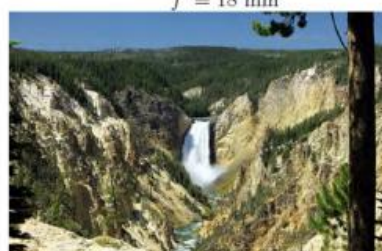
- 1) Les photos ci-dessous ont été prises avec des objectifs de focales différentes. Les autres paramètres étant les mêmes. Commenter l'influence de la focale sur l'angle de champ. Justifier par un schéma.



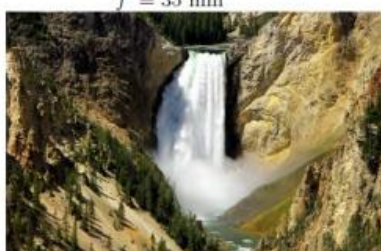
$f' = 18$  mm



$f' = 35$  mm



$f' = 50$  mm



$f' = 135$  mm

- 2) Les photos ci-dessous ont été prises avec un temps d'exposition de  $1/640$  s et  $1/6$  s. Associer chaque temps à la bonne photo.



### **Exercice n° 2 : Mise au point d'un appareil photo (★)**

L'objectif d'un appareil photo est assimilable à une lentille de distance focale  $f' = 50$  mm. Le capteur est de dimension 24 mm x 36 mm.

- 1) La mise au point est faite sur l'infini. Où se situe le capteur ?
- 2) On veut photographier un objet situé à 5m de l'objectif. De combien et dans quel sens faut-il déplacer le capteur ?
- 3) La mise au point ne permet pas d'éloigner la plaque de plus de 5mm. Evaluer la distance minimale de l'objet sur lequel on peut faire la mise au point.
- 4) Dans le cas d'un objet à 5m, déterminer les dimensions de la portion de plan photographiée.

### **Exercice n° 3 : Pointillisme (★★)**

Le pointillisme est un courant artistique issu du mouvement impressionniste qui consiste à peindre par juxtaposition de petites touches de peinture de couleur. Placé à une certaine distance du tableau ces touches ne se distinguent plus et se confondent permettant de faire apparaître des variétés de couleurs.



On suppose que la plus grande distance qui sépare 2 touches est voisine de 4 mm. Déterminer à quelle distance d'un tableau exécuté avec la technique pointilliste doit se placer un observateur pour ne plus distinguer les touches de couleurs.

### **Exercice n° 4 : Presbytie (★★)**

Un œil normal est assimilable à une lentille mince convergente de centre optique  $O$ , de distance focale  $f'$ . La rétine est assimilée à un plan perpendiculaire à l'axe optique et situé à une distance invariable de 17mm.

- 1) L'œil n'accomode pas. Que vaut  $f_1'$  ?
- 2) L'œil accomode maintenant au maximum. L'observateur voit nettement des objets situés à la distance minimale distincte, c'est-à-dire à 25 cm de  $O$ . Calculer la nouvelle distance focale  $f_2'$ .
- 3) On définit l'amplitude d'accommodation par la relation  $\Delta = V_1 - V_2$ .  $V_1$  et  $V_2$  étant les vergences associées aux distances focales calculées précédemment. Calculer l'amplitude d'accommodation. Donner son unité.
- 4) Avec l'âge, l'œil devient presbyte, le cristallin devenant moins souple. La faculté d'accommodation diminue. La personne continue à voir nettement à l'infini sans accommoder. Calculer la nouvelle distance minimale de vision distincte dans le cas d'une amplitude d'accommodation réduite d'un facteur 4.

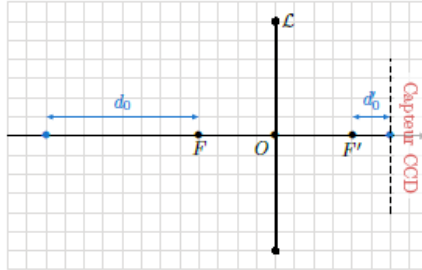
### **Exercice n° 5 : Correction de la myopie (★★★)**

Un œil myope possède un punctum proximum à 12 cm et un punctum remotum à 1.2 m. Le centre optique de la lentille équivalente à l'œil est à 15.2 mm de la rétine.

- 1) Entre quelles valeurs la distance focale de cet œil peut-elle varier ?
- 2) On admet que la vergence d'un doublet accolé de lentilles est égale à la somme des vergences. Déterminer la distance focale des lentilles de contact correctrices permettant une bonne vision de loin.
- 3) Déterminer la position du punctum proximum de l'œil corrigé.

**Exercice n° 6 : Profondeur de champ d'un appareil photo numérique (★★★)**

On modélise l'objectif d'un appareil photographique par une seule lentille, de distance focale  $|f'| = 50$  mm, limitée par un diaphragme de rayon  $R$  accolé à la lentille. On place le capteur CCD de sorte que l'image d'un objet réel  $AB$ , de hauteur  $h = 20$  cm et situé à une distance  $d_0$  du foyer objet  $F$ , soit réelle, nette et de hauteur  $h' = 35$  mm.



- 1) Quel type de lentille doit-on utiliser pour obtenir une image réelle d'un objet réel ? En déduire le signe de  $f'$ . Où doit-on placer l'objet par rapport à  $F$  ?
- 2) Placer l'objet  $AB$  sur un schéma, et tracer les 3 rayons de construction de l'image.
- 3) A l'aide du schéma précédent, exprimer la distance  $d'_0$  qui sépare la pellicule du foyer image en fonction de  $f'$ ,  $h$  et  $h'$ . Faire l'application numérique.
- 4) De même, exprimer la distance  $d_0$  qui sépare l'objet du foyer objet en fonction de  $f'$ ,  $h$  et  $h'$ . Faire l'application numérique.
- 5) Quelle relation lie  $d_0$ ,  $d'_0$  et  $f'$  ?

Un objet  $A_1B_1$  identique à  $AB$  est placé sur l'axe optique à une distance  $d > d_0$  du foyer objet.

- 6) Construire l'image  $A'_1$  de  $A_1$  sur le même schéma, ajouter le diaphragme ainsi que les rayons extrêmes passant par la lentille et convergeant en  $A'_1$ .
- 7) Montrer que le rayon  $r$  de la tâche image obtenue sur la matrice CCD vérifie

$$r = R \frac{d'_0 - \frac{f'^2}{d}}{f' + \frac{f'^2}{d}}$$

- 8) On considère que la netteté de l'image est acceptable si le rayon de la tâche image d'un objet ponctuel n'excède pas 0,05 mm. On donne le nombre d'ouverture  $N = \frac{f'}{2R} = 10$ .
- 9) L'image d'un objet à l'infini est-elle nette ?
- 10) Déterminer la valeur maximale de  $d$  pour lesquelles l'image est nette.

**Exercice n° 7 : Exploitation d'une photo (Résolution de problème)**

La photo ci-dessous a été prise avec un appareil photo numérique dont le capteur a les dimensions suivantes : 5.7 mm x 7.6 mm, avec un objectif de focale  $f' = 18$  mm. Il s'agit d'une photo prise dans la baie du Mont Saint-Michel, à une distance de 1,46 km du Mont Saint Michel.

À partir de la photo obtenue déterminer la hauteur du Mont Saint-Michel (flèche comprise) en indiquant les hypothèses posées, la modélisation du problème (par exemple par un schéma légendé) et les calculs effectués.

