

# Livret de Physique



**1<sup>ère</sup> STL spécialité SPCL**

# Sommaire

## Images

### Partie 1/ Images optiques

**F1 : Les lentilles minces convergentes**

*Exercices*

**F2 : Relations des lentilles minces**

*Exercices*

### Partie 2/ Images visuelles

**F1 : Vision de l'œil emmétrope**

*Exercices*

**F2 : Les défauts de l'œil**

*Exercices*

**F3 : La persistance rétinienne**

*Exercices*

**F4 : La perception des couleurs**

**F5 : Synthèse additive des couleurs**

*Exercices*

**F6 : Synthèse soustractive des couleurs**

*Exercices*

### Partie 3 / Images photographiques

**F1 : De la chambre noire à l'appareil photographique numérique**

*Exercices*

**F2 : Présentation des appareils photographiques**

**F3 : Les appareils photographiques numériques**

*Exercices*

**F4 : Caractéristiques d'une photographie**

*Exercices*

**F5 : Le capteur CCD**

# Fiche 1 : Les lentilles minces convergentes

## A : Deux catégories de lentilles

• Une lentille est un milieu transparent homogène limité par deux surfaces sphériques ou par une surface sphérique et un plan.

↳ Il existe 2 types de lentilles :

### (1) des lentilles à bords minces et à centre bombé

→ Un texte regardé à travers ces lentilles apparaît plus gros

→ Un faisceau de rayons parallèles traversant ces lentilles converge

### (2) des lentilles à bords épais et à centre creux

→ A travers ce type de lentille, le texte apparaît plus petit

→ Un texte regardé à travers ces lentilles apparaît plus petit

→ Un faisceau de rayons parallèles traversant ces lentilles diverge

Lentilles convergentes	Lentilles divergentes

▶ Les lentilles à bords minces sont convergentes (plus la lentille est bombée, plus le point de convergence est proche de la lentille)

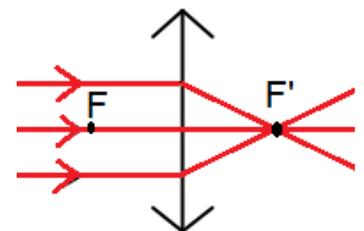
▶ Les lentilles à bords épais sont divergentes

## B : Caractéristiques de la lentille convergente

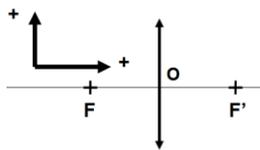
### ▶ ▶ Les foyers de la lentille

• Après la traversée de la lentille convergente, les rayons convergent en un point particulier,  $F'$ , appelé **foyer image de la lentille**

• Les lentilles possèdent la propriété de symétrie optique : il existe un point  $F$  symétrique de  $F'$  par rapport à la lentille appelé **foyer objet**



►► Distance focale et vergence

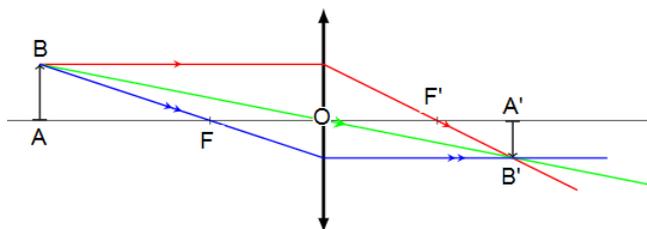


► La distance focale (= focale) d'une lentille est la distance entre le centre optique O de la lentille et son foyer image F':  $f' = \overline{OF'}$  (attention à la mesure algébrique)

► On appelle, C, la vergence d'une lentille :  $C = \frac{1}{f'}$  ( $f'$  s'exprime en m et C en dioptries  $\delta$ )

↳ Une lentille est dite très convergente si sa distance focale est petite et sa vergence est grande

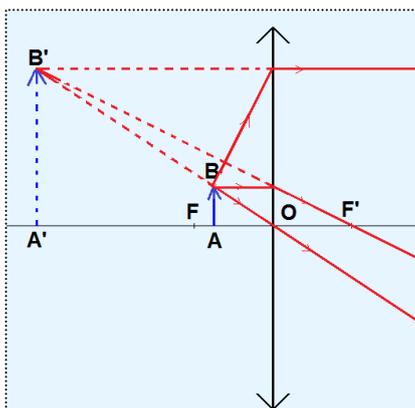
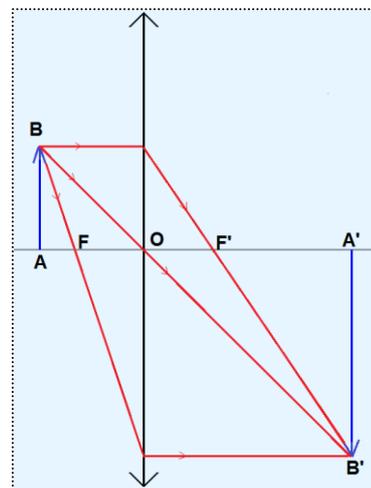
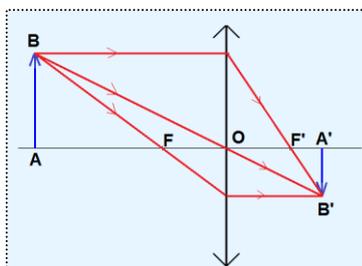
**C : Marches des rayons lumineux à travers une lentille convergente**



- Tout rayon qui frappe la lentille en son centre optique n'est pas dévié
- Tout rayon incident parallèle à l'axe principal émerge de la lentille en passant par le foyer image F'
- Tout rayon incident passant par le foyer objet F émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique

Lorsque l'objet est éloigné de la lentille :

- L'image se projette sur un écran ; elle est inversée par rapport à l'objet : on parle d'**image réelle**
- Suivant la distance séparant la lentille de l'objet, l'image est soit plus grande que l'objet, soit de même taille que l'objet, soit plus petite que l'objet.
- Plus l'objet est proche de la lentille, plus l'image est grande et éloignée de la lentille



Lorsque l'objet est très proche de la lentille :

- L'image est dans le même sens que l'objet.
- L'image est très grande par rapport à l'objet.
- Cette image ne se projette pas sur un écran ; pour la voir il faut regarder à travers la lentille : on parle d'**image virtuelle**

## Applications

### EX1/

Que peut-on dire des deux lentilles utilisées ci-dessous ?



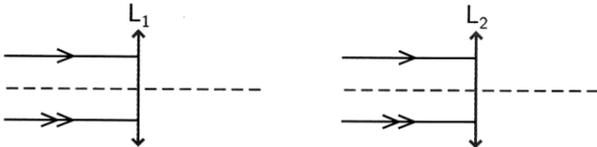
### EX2/

Un élève utilise une lentille mince et désire savoir la nature convergente ou divergente de la lentille.

- Quelles sont les deux méthodes simples qu'il peut utiliser.

### EX3/

1) Reproduire puis compléter les schémas suivants sachant que la lentille  $L_1$  est plus convergente que la lentille  $L_2$



2) Indiquer les positions des foyers pour les 2 lentilles

3) Comparer les distances focales  $f_1'$  et  $f_2'$  puis les vergences  $C_1$  et  $C_2$

### EX4/

1) pour chacun des cas suivants :

**cas 1/** objet AB de hauteur **15 cm** placé **30 cm** devant une lentille convergente de distance focale **10 cm**

**cas2/** objet AB de hauteur **15 cm** placé **15 cm** devant une lentille convergente de distance focale **10 cm**

**cas3/** objet AB de hauteur **15 cm** placé **10 cm** devant une lentille convergente de distance focale **10 cm**

**cas4/** objet AB de hauteur **10 cm** placé **15 cm** devant une lentille convergente de distance focale **20 cm**

- construire l'image  $A'B'$  de l'objet AB

**faire les schémas à l'échelle 1/10**

- noter la taille  $\overline{A'B'}$  de l'image ainsi que sa position  $\overline{OA'}$

2) Choisir les bonnes réponses dans les propositions suivantes :

**Pour une distance objet-lentille supérieure à la distance focale,**

- l'image est *réelle/virtuelle*
- l'image est à *l'envers/à l'endroit*

- lorsqu'on rapproche l'objet de la lentille, l'image *s'éloigne/se rapproche* de la lentille et les dimensions de l'image *augmentent/diminuent*

**Pour une distance objet-lentille inférieure à la distance focale,**

- l'image est *réelle/virtuelle*
- l'image est à *l'envers/à l'endroit*

- l'image est plus *petite/plus grande* que l'objet

### EX5/

Un système optique comporte 2 lentilles minces convergentes ( $L_1$  et  $L_2$ ) de même axe principal non accolées.

La distance focale de  $L_1$  est de **20 cm** et la distance focale de  $L_2$  est de **30 cm**.

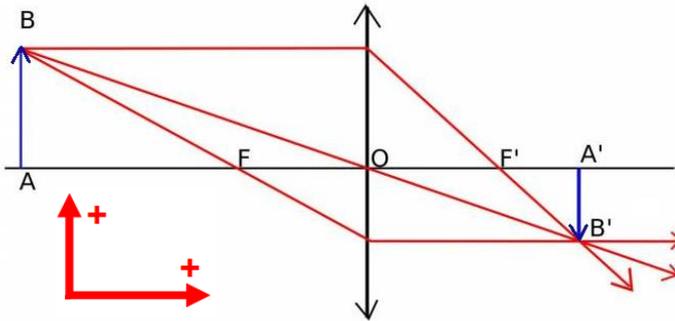
Un objet lumineux de hauteur **1,0 cm** est placé à **30 cm** en avant du centre optique  $O_1$  de  $L_1$ .

La lentille  $L_2$  est placée à **70 cm** derrière  $O_1$

- Construire l'image  $A_1B_1$  de AB à travers  $L_1$  et l'image  $A_2B_2$  de  $A_1B_1$  à travers  $L_2$

(indiquer l'échelle utilisée pour faire le graphique)

## Fiche 2 : Les formules des lentilles minces convergentes



$\overline{OA}$  : distance algébrique lentille-objet  
 $\overline{OA'}$  : distance algébrique lentille-image  
 $\overline{OF} = f'$  : distance focale  
 $\overline{AB}$  : hauteur algébrique de l'objet  
 $\overline{A'B'}$  : hauteur algébrique de l'image  
 $\gamma$  : grandissement de la lentille

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

## Applications

## EX1/

Pour chacun des cas suivants, calculer la position de l'objet  $\overline{OA}$ , la taille  $\overline{A'B'}$  de l'image, le grandissement du système optique ; indiquer si l'image est réelle ou virtuelle

**cas 1/** objet AB de hauteur **15 cm** placé **30 cm** devant une lentille convergente de distance focale **10 cm**

**cas2/** objet AB de hauteur **15 cm** placé **15 cm** devant une lentille convergente de distance focale **10 cm**

**cas3/** objet AB de hauteur **10 cm** placé **15 cm** devant une lentille convergente de distance focale **20 cm**

## EX2/

Un playmobil® bien éclairé est placé devant une lentille convergente, perpendiculairement à son axe optique, l'une de ses extrémités étant sur l'axe optique.

Son image renversée, recueillie sur un écran, mesure **8,0 cm** lorsque la distance objet-lentille vaut **10 cm** et la distance lentille-écran **50 cm**.

**1)** Faire un schéma à l'échelle 1/5 sur l'axe optique et 1/2 dans la direction perpendiculaire. Déterminer graphiquement la hauteur du playmobil et la position du foyer objet de la lentille ; en déduire la distance focale de la lentille

**2)** Calculer la distance focale de la lentille

**3)** Calculer la hauteur de l'image.

## EX3/

Dans un projecteur de cinéma, le système optique est équivalent à une lentille convergente de distance focale **9,00 cm**. L'écran est situé à **36,0 m** de la lentille.

**1)** Calculer à quelle distance de la lentille on doit placer le film, pour que l'image soit nette sur l'écran ? Comparer cette distance à la distance focale. Que remarque-t-on ?

**2)** Comparer la taille de l'image à celle de l'objet.

#### EX4/

L'objectif d'un projecteur de diapositives est assimilé à une lentille mince convergente : sa vergence est égale à **12,5 dioptries**. La distance entre l'objectif et l'écran est de **3,0 m**.

**1)** Calculer la position de l'objectif par rapport à la diapositive pour obtenir une image nette sur l'écran.

**2)** Comment doit-on placer la diapositive ? Justifier.

**3)** Quelles sont les dimensions de l'image d'une diapo de dimensions **24 mm x 36 mm** ?

#### EX5/

Un enquêteur utilise une loupe, qui n'est rien d'autre qu'une lentille convergente de centre O et de vergence  $C = 5,0 \delta$  (dioptries).

L'enquêteur observe le détail d'une empreinte digitale de taille 1,0 mm, et placée à 10 cm de la loupe.

**1)** Grâce à un calcul, déterminer où se trouve l'image. Est-elle réelle ou virtuelle ?

**2)** Quelle est la taille de l'image vue à travers la loupe? Est-elle droite ou renversée? Justifier.

**3)** Calculer le grandissement de la loupe.

#### EX6/

Une fleur de taille 5,0 cm est photographiée à travers un objectif, assimilé à une lentille mince convergente.

Le photographe utilise un objectif de distance focale 50 mm. Il souhaite que l'image de la fleur occupe toute la pellicule, dont la taille est 36 mm.

**1)** Déterminer le grandissement nécessaire.

**2)** En déduire que les positions de la fleur et de son image sont liées par la relation  $\overline{OA'} = -0,72 \times \overline{OA}$

**3)** En utilisant la relation de conjugaison et la relation précédente, montrer que la distance fleur-objectif doit être environ égale à 12 cm pour obtenir le grandissement désiré.

## Fiche 1 : La vision de l'œil emmétrope

\*On appelle **œil emmétrope** ou **normal** un **œil ne possédant pas de défaut visuel**. A l'inverse, en cas de présence d'un défaut visuel (œil myope, œil hypermétrope, œil astigmat, œil presbyte), on parle d'œil amétrope.

### A : L'œil et son modèle optique

#### La cornée :

Partie antérieure et transparente de l'œil ; grâce à sa forme courbe, elle dévie les rayons lumineux vers l'intérieur de l'œil

#### L'iris :

Diaphragme qui permet d'augmenter ou de diminuer la quantité de lumière dans l'œil ; son pigment détermine la couleur de l'œil

#### La pupille :

Son diamètre peut varier de 2 à 8 mm selon l'intensité lumineuse

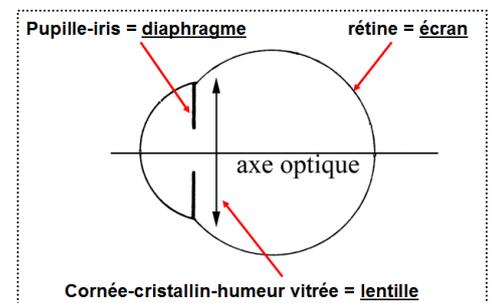
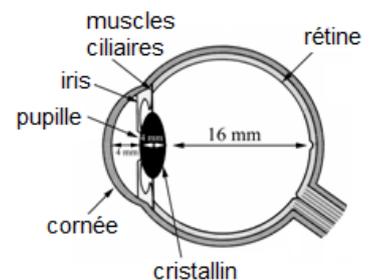
#### Le cristallin :

Disque élastique constitué de fines couches transparentes superposées, la courbure de ses faces est modifiée sous l'action des muscles ciliaires

#### La rétine :

Membrane tapissant le fond de l'œil ; la rétine est tapissée de cellules nerveuses sensibles à la lumière :

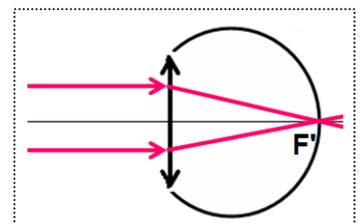
- **les bâtonnets** : sensibles à une faible intensité lumineuse ; ils permettent l'adaptation de l'œil à l'obscurité.
- **les cônes** : sensibles à une forte intensité lumineuse ; ce sont eux qui permettent la vision des couleurs.



### B : Vision d'un objet éloigné

• Un objet est situé à l'infini, c'est-à-dire très loin de l'œil, les rayons arrivant de l'objet éloigné sont pratiquement **parallèles à l'axe optique**

↳ Les rayons parallèles **convergent au foyer image F' situé sur la rétine**



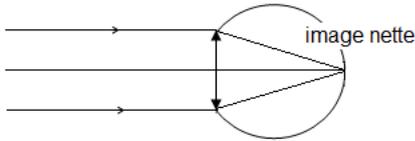
► **L'œil normal voit nettement des objets éloignés. L'image se forme sans aucun effort sur la rétine Elle est inversée par rapport à l'objet (elle est perçue droite grâce au cerveau.)**

## C : Vision d'un objet proche

► L'observation d'un objet rapproché exige un délai et un effort d'adaptation de la vision : on dit que l'œil accommode

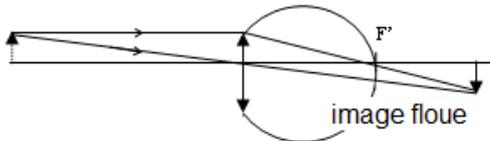
### 1<sup>ère</sup> étape :

Quand l'objet observé est à l'infini (un paysage par exemple), les muscles ciliaires sont relâchés, le cristallin n'est pas déformé : l'œil ne se fatigue pas, on dit que l'œil est au repos, le foyer image est sur la rétine



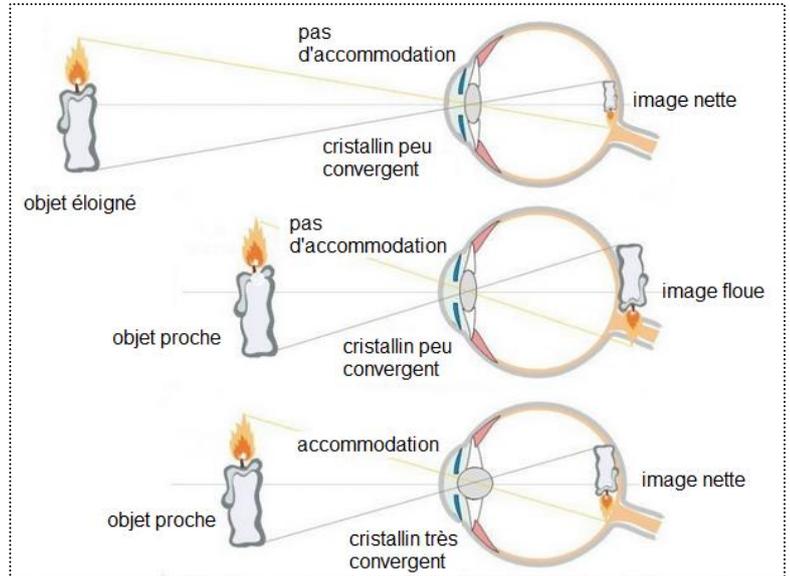
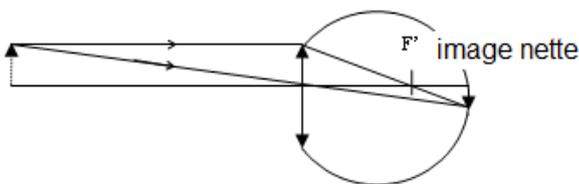
### 2<sup>nde</sup> étape :

L'objet se rapproche, et l'œil ne fait pas d'effort pour le voir net, pour accommoder



Si le foyer image reste sur la rétine, l'objet est vu flou

### 3<sup>ème</sup> étape : accommodation de l'œil



► Lors de l'accommodation de l'œil :

- Les muscles ciliaires tirent sur la périphérie du cristallin.
- Le cristallin devient plus bombé, plus convergent. Sa distance focale diminue légèrement

## D : Punctums proximium et remotum

► Le punctum remotum PR est le point le plus éloigné que l'œil peut voir nettement

- L'élasticité des muscles ciliaires est limitée ; si l'objet se rapproche trop de l'œil, les muscles ne peuvent plus se contracter ; c'est la limite de l'accommodation, la vision reste floue.

► Le punctum proximium PP est le point le plus proche que l'œil peut voir nettement en accommodant au maximum

champ de vision d'un œil emmétrope



## Applications

### EX1/

1) Indiquer quelle est la position occupée par le cristallin, l'iris, le nerf optique, la cornée, la rétine



2) Associer à chaque partie de l'œil de la liste suivante son rôle :

*pupille, iris, cristallin, rétine*

- fait converger les rayons lumineux
- endroit où se forme l'image
- orifice par où pénètre la lumière dans l'œil
- contrôle la quantité de lumière entrant dans l'œil

### EX2/

Un observateur a une vue normale ; la distance cristallin-rétine est de **15 mm**.

1) Où se forme l'image d'un objet lorsque cet objet est vu net par l'œil ?

2) Dans chacun des cas suivants :

**cas 1/** objet de hauteur **50 cm** à **2 m** de l'œil

**cas 2/** lettre de hauteur **3,0 mm** à **25 cm** de l'œil

- calculer la taille de l'image sur la rétine
- calculer la distance focale du cristallin

3) Choisir les bonnes réponses dans les propositions suivantes :

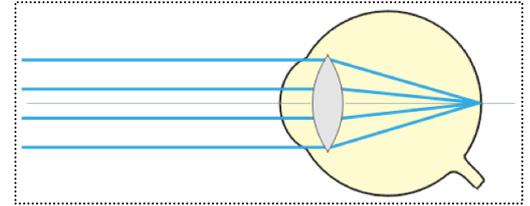
**Lorsque l'œil observe un objet proche :**

- sa distance focale *diminue/augmente*
- sa vergence *diminue/augmente*
- l'œil devient *plus/moins* bombé
- l'œil devient *plus/moins* convergent

## Fiche 2 :

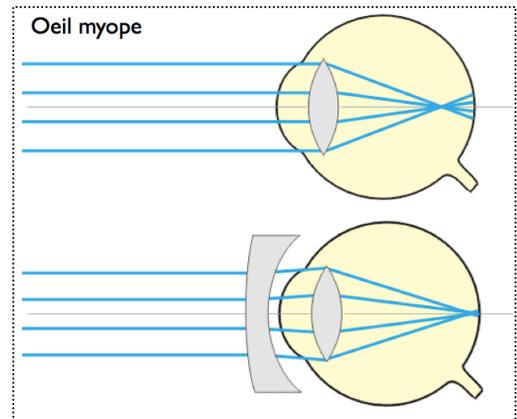
## Les défauts de l'œil

► **Rappel** : Lorsqu'un œil emmétrope regarde un objet situé à l'infini, l'image est vue nette car elle se forme sur la rétine



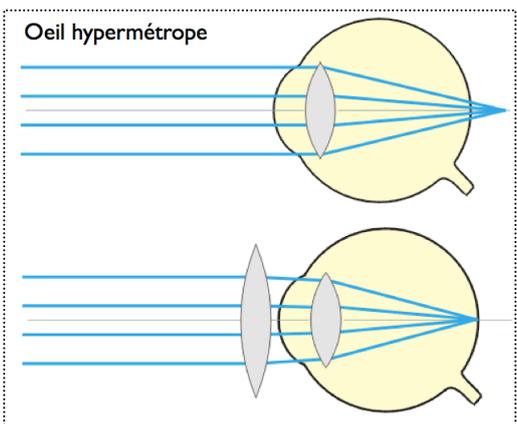
## A : L'œil myope

- Lorsqu'un œil myope regarde un objet situé à l'infini, l'image se forme en avant de la rétine
- Un œil myope est trop convergent
- Ce défaut est dû :
  - soit à un cristallin trop bombé
  - soit à un globe oculaire trop long
- Il est corrigé par des verres divergents



## B : L'œil hypermétrope

- Lorsqu'un œil hypermétrope regarde un objet situé à l'infini, l'image se forme derrière la rétine
- Un œil hypermétrope n'est pas assez convergent
- Ce défaut est dû :
  - soit à un cristallin trop fin
  - soit à un globe oculaire trop court
- Il est corrigé par des verres convergents



## C : L'œil astigmatique

- L'astigmatisme se manifeste par une vision brouillée, déformée (l'image d'un point n'est pas un point mais une tache), de près comme de loin.
- Ce défaut est dû principalement à des anomalies de la forme de la cornée, qui est de forme ovale et irrégulière au lieu d'être parfaitement sphérique.

## D : L'œil presbyte

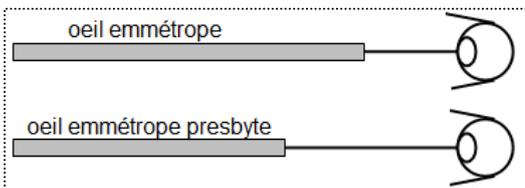
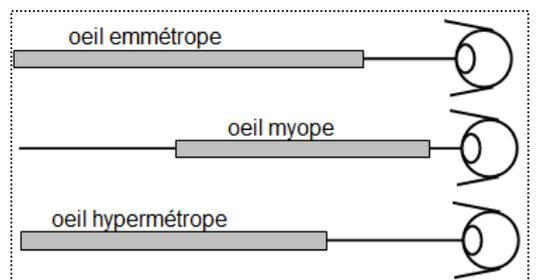
- Elle affecte progressivement tous les yeux (normaux, myopes, hypermétropes) avec l'âge.
- La presbytie est due à la perte de souplesse du cristallin, et à la fatigue des muscles ciliaires ce qui diminue la faculté d'accommodation jusqu'à la rendre quasi nulle.
- La presbytie ne change pas la vision des objets éloignés.

→ Pour corriger un œil presbyte on utilise des lentilles convergentes

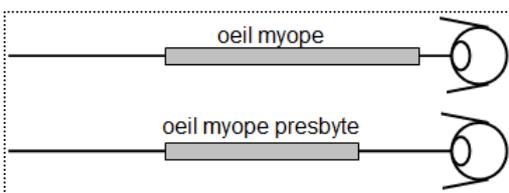
## E : Les domaines de vision

→ Un myope voit flou les objets éloignés mais il voit bien les objets proches.

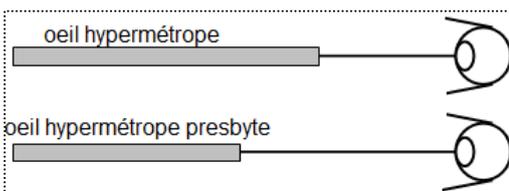
→ Un hypermétrope voit flou les objets proches et doit accommoder pour voir les objets éloignés.



↪ L'œil normal devenu presbyte utilise des lentilles convergentes pour lire (voir de près) et quitte ses lunettes pour voir de loin.



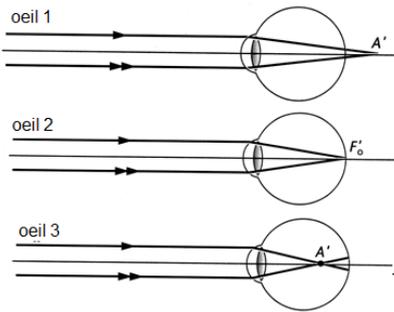
↪ L'œil myope devenu presbyte utilise une lentille convergente pour la vision des objets éloignés et une lentille divergente pour lire.



↪ L'œil hypermétrope devenu presbyte utilise 2 lentilles différentes mais toutes les deux convergentes ; l'une sera utilisée pour la vision des objets à l'infini, l'autre pour la vision des objets rapprochés.

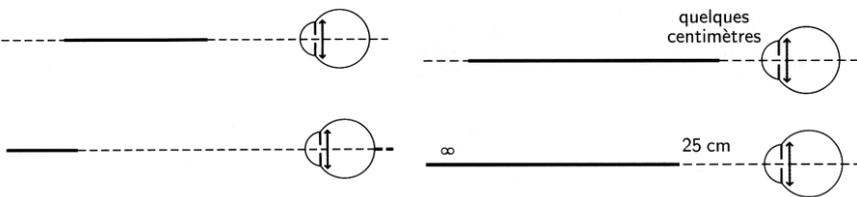
## Applications

### EX1/



Indiquer si l'œil est *emmétrope*, *myope* ou *hypermétrope*

### EX2/



Associer à chaque schéma, un type de vision de la liste suivante :

*Œil normal, œil myope devenu presbyte, œil myope, œil hypermétrope*

### EX3/



Indiquer en justifiant le défaut des yeux des personnes ci-contre

### EX4/

Deux individus portent des lunettes pour corriger leur vue. Le premier porte des lunettes uniquement pour lire, le second utilise uniquement ses lunettes pour conduire.

- Indiquer pour chacun de ces individus leur défaut de vision.

### EX5/

Une personne souffrant de myopie regarde un objet à l'infini.

- 1) Le voit-elle net ? Pourquoi ? Indiquer la position de l'image par rapport à la rétine.
- 2) Quel type de verres correcteurs doit-elle porter ? Pourquoi ? Quel sera alors le signe de la vergence.
- 3) Y a-t-il un autre moyen que de porter des verres correcteurs (ou lentilles correctrices) pour corriger la myopie ? Que modifie-t-on alors ?

## EX6/

L'œil d'un adulte de 40 ans peut augmenter sa vergence de 4 dioptries, alors que pour une personne âgée, cette augmentation se limite à 1 dioptrie

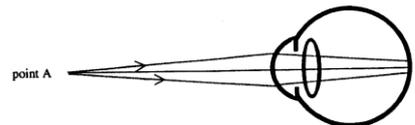
- 1) Quel est le nom du phénomène associé à l'augmentation de la vergence de l'œil ?
- 2) Quelle est son utilité pour la vision ?
- 3) Une personne A peut lire son journal placé à 25 cm de ses yeux, tandis qu'une personne B doit le tenir à 1 m.
  - Laquelle est la plus âgée ?
  - De quel défaut sa vision souffre-t-elle ?
  - A quoi cela est-il dû ?
  - Avec quel type de lentille peut-on corriger ce défaut ?

## EX7/

Vers l'âge de 45 ans, un cap est franchi : pour un œil normal, la vision de loin reste bonne mais la vision nette de près (à moins de 50 cm) devient presque impossible sans lunettes.

Ce phénomène n'est pas considéré comme une maladie ; il fait partie du vieillissement normal de l'individu qui devient presbyte

- 1) La figure ci-dessous représente le trajet des rayons lumineux issus d'un objet ponctuel A pour une personne presbyte. Justifier pourquoi cette personne voit flou.



- 2) Sur l'ordonnance lira-t-on "nécessité d'un verre correcteur de vergence + 3 dioptries " ou bien "nécessité d'un verre correcteur de vergence - 3 dioptries " ? Justifier la réponse.

Calculer alors la distance focale  $f'$  de ce verre correcteur.

- 3) Une personne presbyte se voit proposer des verres correcteurs bifocaux dits à double foyer (ils comportent dans leur partie inférieure une lentille convergente et dans leur partie supérieure une lentille divergente).

- Quel est le nom du 2<sup>ième</sup> défaut visuel de cette personne? Expliquer

## EX8/

### Œil (1)

Un œil a une profondeur de 17,4 mm , et une distance focale au repos de 16,7 mm.

### Œil (2)

Un œil a une profondeur de 16,4 mm , et une distance focale au repos de 16,8 mm.

Pour chacun de ces yeux, répondre aux questions suivantes :

- 1) Cet œil est-il trop ou pas assez convergent ? De quel défaut est-il atteint ?
- 2) Calculer sa vergence lorsqu'il regarde un objet à l'infini.
- 3) Quelle devrait être sa vergence pour qu'il voit nettement un objet à l'infini ?
- 4) Calculer la vergence de la lentille qui corrige ce défaut ; on donne le renseignement suivant :  
« la vergence de deux lentilles accolées est égale à la somme des vergences de chacune des lentilles »

## Fiche 3 : La persistance rétinienne

Lorsqu'une image se forme sur la **rétine**, elle ne disparaît pas immédiatement mais reste " imprimée " environ  $1/12^{\text{ème}}$  de seconde. Ce phénomène s'appelle la **persistance rétinienne**

Ce phénomène a été découvert par les savants vers 1820.

### A : Naissance des images animées

- Le principe de la persistance rétinienne est à la base même du cinéma.

En 1829, le Belge Joseph Plateau établit qu'une impression lumineuse reçue sur la rétine persiste  $1/12^{\text{ème}}$  de seconde après la disparition de l'image. Cette impression reste donc « imprimée », et gardée en mémoire  $1/12^{\text{ème}}$  de seconde avant que les cellules de la **rétine** redeviennent à nouveau sensibles à la lumière.

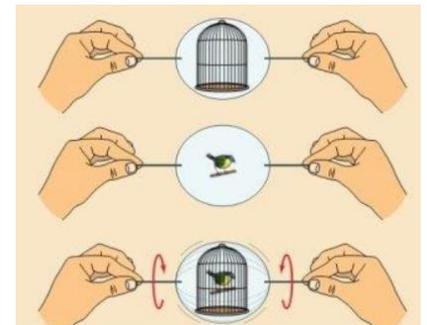
► L'oeil n'arrive pas à distinguer 2 images successives si elles sont séparées par moins  $1/12^{\text{ème}}$  de seconde. C'est ce que l'on appelle le phénomène de persistance rétinienne.

Les images que nous recevons de l'extérieur se forment au fond de notre œil sur une couche sensible appelée la rétine.

Cette rétine envoie le message visuel à notre cerveau par l'intermédiaire du nerf optique. La rétine possède une substance, "le pourpre rétinien", qui est décomposé par la lumière mais se reforme extrêmement vite (en environ  $1/12^{\text{ème}}$  de seconde). Mais il existe tout de même une rupture à cause de ce très court instant. **Il suffit donc de regarder des images qui défilent à un rythme de plus de 12 images par seconde pour avoir l'impression qu'elles se suivent sans rupture, donnant l'illusion du mouvement**

- L'image animée est née avec les jouets optiques

**le thaumatrope** : jouet inventé par 2 anglais vers 1820-1825. Il s'agit d'un disque sur lequel sont représentés 2 dessins distincts : par exemple, un oiseau d'un côté et de l'autre une cage. Si l'on fait tourner le disque assez rapidement, on peut voir l'oiseau dans sa cage

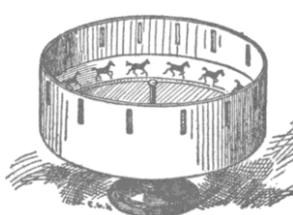


**Le folioscope** (vers 1830) est un petit livret sur les pages duquel on a représenté des images d'un mouvement décomposé. Le mouvement est recomposé par effeuillage du livret entre les doigts.

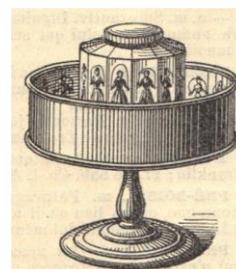
#### le phénakistiscope



#### le zootrope



#### le praxinoscope



## B : Le début du cinéma

- Avant 1926, les films muets étaient tournés et projetés à un débit de **16 images par seconde**.

**Lors de l'enregistrement, la bande de film est constituée d'une suite d'images photographiques des sujets en mouvement, prises tous les 1/16 s.**

Lors de la diffusion, il s'écoule, entre deux images consécutives,  $1/16$  s, durée inférieure à la durée de persistance des impressions rétinienne, l'œil du spectateur juxtapose les images et le mouvement lui paraît continu.

*Remarque : Ce débit d'images limite la taille des bobines. En format 35 mm, une seconde de film à 24 images par seconde correspond à 45 centimètres de pellicule. En 16 images par seconde, on tombe à environ 30 centimètres. C'est une économie de bobine considérable à l'échelle d'un long métrage.*

- Avec l'arrivée du parlant (*The jazz singer* en 1927), l'industrie du cinéma a dû **augmenter la cadence de défilement des images** : à 16 images par seconde, il n'est pas possible de retranscrire les hautes fréquences sonores. La reproduction des aigus exige un défilement plus rapide.

Le choix s'est porté sur une cadence de 24 images par seconde, qui permet non seulement une bonne lecture du son mais aussi une restitution assez naturelle des mouvements à l'écran.

*Remarque : Pour donner l'illusion d'un ralenti, les réalisateurs de cinéma utilisent des caméras qui filment plus de 24 images par secondes. Ensuite, en projetant la pellicule à vitesse normale (24 images par secondes), on obtient un mouvement au ralenti.*

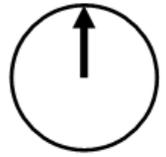
*L'effet inverse (accélééré) est obtenu en filmant avec moins de 24 images par secondes.*

---

## Applications

---

### EX1/



Un disque blanc contient une flèche noire ; il tourne à la vitesse de 3000 tr/min.

**1)**

**1.1.** Donner les définitions :

- de la fréquence de rotation du disque
- de la période de rotation du disque

**1.2.** Quelle relation relie la fréquence et la période ? Donner les unités des grandeurs utilisées dans cette formule

**1.3.** Calculer  $f_{\text{disque}}$  et  $T_{\text{disque}}$ , la fréquence et la période de rotation du disque.

**2)** On éclaire le disque avec un stroboscope

*Un stroboscope est une source lumineuse émettant de façon périodique des éclairs très intenses et très brefs. Il est possible de régler la fréquence des éclairs, notée  $f_{\text{éclairs}}$ , c'est à dire le nombre d'éclairs par seconde.*

On règle la fréquence du stroboscope suivant les cas ci-dessous :

cas (1) :  $f_{\text{éclairs}} = 50 \text{ Hz}$

cas (2) :  $f_{\text{éclairs}} = 5 \text{ Hz}$

cas (3) :  $f_{\text{éclairs}} = 55 \text{ Hz}$

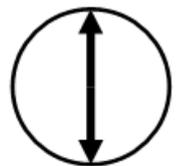
cas (4) :  $f_{\text{éclairs}} = 45 \text{ Hz}$

cas (5) :  $f_{\text{éclairs}} = 100 \text{ Hz}$

cas (6) :  $f_{\text{éclairs}} = 200 \text{ Hz}$

- Dans chacun des cas, calculer la période des éclairs ; décrire ce que l'œil perçoit

### EX2/



Un disque blanc contient 2 flèches noires diamétralement opposées ; il tourne à la vitesse de 25 tours par seconde

**1)** Donner  $f_{\text{disque}}$ , la fréquence de rotation du disque puis calculer la période  $T_{\text{disque}}$  de rotation

**2)** On éclaire le disque avec un stroboscope

On règle la fréquence du stroboscope suivant les cas ci-dessous :

cas (1) :  $f_{\text{éclairs}} = 50 \text{ Hz}$

cas (2) :  $f_{\text{éclairs}} = 100 \text{ Hz}$

- En déduire ce que l'œil perçoit dans chacun des cas

### EX3/

Dans un atelier, on utilise des machines-outils qui tournent rapidement.

Une roue de scie circulaire tourne dans le sens des aiguilles d'une montre. La scie possède un logo représentant une flèche. La roue fait 100 tours par seconde



**1)** Donner la fréquence et la période de rotation de la scie

**2)** L'éclairage de l'atelier est constitué de tubes fluorescents.

*L'éclairage produit par le tube n'est pas continu comme avec une lampe à incandescence. Un tube fluorescent est une sorte de lampe flash qui produit 100 éclairs par seconde et entre chaque éclair, aucune lumière n'est émise.*

**2.1.** Donner la fréquence et la période des éclairs ; en déduire ce que l'œil voit lorsqu'il regarde la scie circulaire qui tourne.

**2.2.** Pourquoi dans un atelier qui utilise des machines-outils qui tournent rapidement, l'éclairage par un tube fluorescent est-il interdit ?

### EX4/

Le ralenti et l'accélération cinématographique sont des artifices grâce auxquels les mouvements à l'écran paraissent beaucoup plus lents ou plus rapides que dans la réalité.

Ils sont utilisés pour obtenir des effets de trucage mais aussi pour l'analyse de phénomènes rapides (mouvements d'un sportif...) ou pour l'analyse de phénomènes lents (croissance d'une plante. . .).

**1)** Supposons que l'on filme à la fréquence de 48 images par seconde, le mouvement d'un sportif pendant 2 s.

**1.1.** Combien de temps dure la projection de cette séquence à la fréquence de 24 images par seconde ? Justifier la réponse.

**1.2.** En déduire si le mouvement du sportif paraît ralenti ou accéléré.

**2)** Une caméra filme à raison d'une image par heure, la croissance d'une plante pendant 30 jours. On projette ensuite à la fréquence de 24 images par seconde le film obtenu.

**2.1.** Combien d'images ont été enregistrées par la caméra au bout de 30 jours ?

**2.2.** En déduire combien de temps va durer la projection. Justifier les réponses.

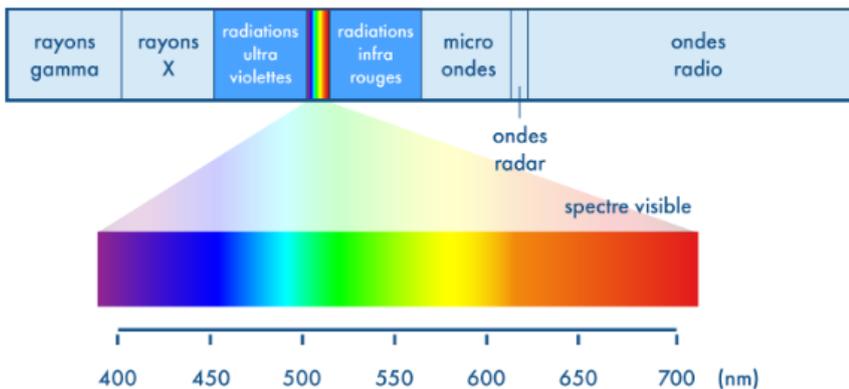
Fiche 4 :

La perception des couleurs

A : Les cellules de traitement de l'information lumineuse

►► Le spectre visible

• L'œil humain détecte les lumières dont les longueurs d'onde sont situées entre 380 780 nm. Il peut percevoir les ondes lumineuses de longueur d'onde inférieure (UV) et supérieure (IR).

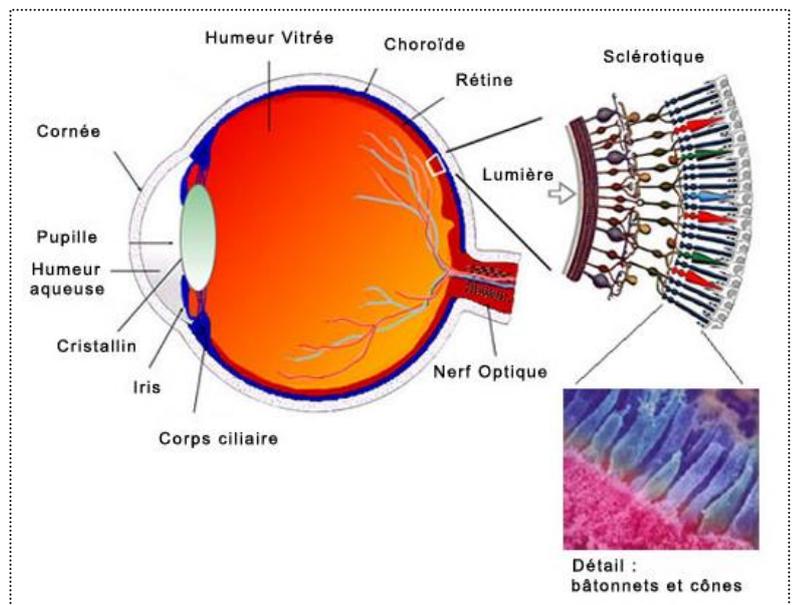


►► Les photorécepteurs de l'œil

• Lorsque les rayons lumineux parviennent à nos yeux, ils sont captés par nos photorécepteurs au niveau de la rétine. L'absorption de photons (grains de lumière) par ces capteurs déclenche une réaction chimique en chaîne, qui induit un signal électrique (influx nerveux) transmis vers le cerveau par l'intermédiaire des nerfs optiques. La rétine comporte deux types de cellules sensorielles :

→ des cellules nerveuses en forme de **bâtonnets** qui permettent de voir dans les faibles conditions d'éclairage (**vision nocturne** ou **vision scotopique**),

→ d'autres en forme de **cônes** adaptées à l'éclairage de la lumière du jour (**vision diurne** ou **photopique**).

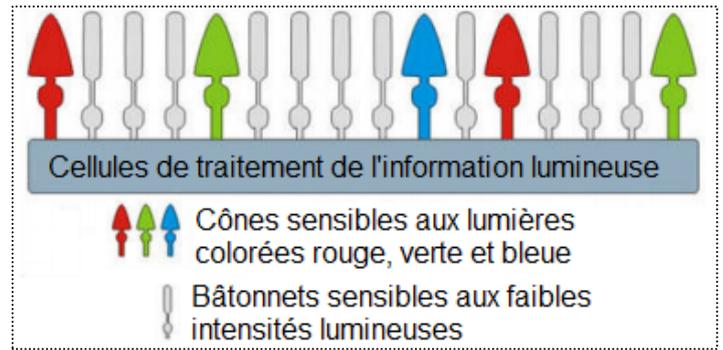


	localisation	nombre	sensibilité	rôle	Vision
bâtonnets	Essentiellement à la périphérie de la fovéa	120 millions	Aux très faibles éclaircissements	Vision nocturne	Permettent de voir les objets en niveaux de gris dans l'obscurité
cônes	Au centre, dans la fovéa	7 millions	Aux lumières colorées intenses	Vision diurne	Permettent la vision des couleurs en journée

## ►► Les bâtonnets

- **Les bâtonnets** qui se répartissent surtout à la périphérie de la **fovéa** sont sensibles aux très faibles éclaircissements. Ils jouent par conséquent un rôle important dans la vision en **faible luminosité**, la nuit par exemple.

- Les bâtonnets sont tous identiques, ils ne permettent donc qu'une vision en nuances de gris. La vision, dans des conditions de faible éclairage, est donc exempte de couleurs. Les bâtonnets ont besoin d'une durée relativement longue pour s'adapter à l'obscurité.

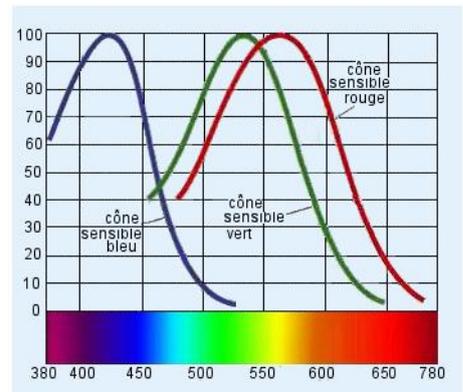


## ►► Les cônes

- **Les cônes** se situent dans la **fovéa**. Ils sont beaucoup moins sensibles que les bâtonnets à la lumière et interviennent donc essentiellement en **vision diurne**

- Les cônes (*et les bâtonnets*) contiennent des pigments, molécules qui absorbent plus ou moins fortement les différentes longueurs d'onde de la lumière. , alors que

- Les cônes peuvent avoir trois pigments différents, dont les maximums d'absorption sont situés vers 430 nm, 530 nm et 560 nm (*les bâtonnets ont tous le même pigment, qui a un maximum d'absorption vers 500 nm*).



Il existe donc trois types de cônes qui présentent chacun une sensibilité spectrale à une région du spectre des couleurs :

- des cônes plus sensibles à la lumière bleue (cônes *S short* car sensibles aux petites longueurs d'onde),
- d'autres plus sensibles à la lumière verte (cônes *M médium* car sensibles aux moyennes longueurs d'onde)
- et d'autres plus sensibles à la lumière rouge (cônes *L long* car sensibles aux grandes longueurs d'onde)

Il est à noter que la dénomination *cônes bleus*, *cônes rouges*, et *cônes verts* ne signifie pas que les cônes bleus ne peuvent détecter que les couleurs bleues, que les cônes rouges ne peuvent détecter que les couleurs rouges...

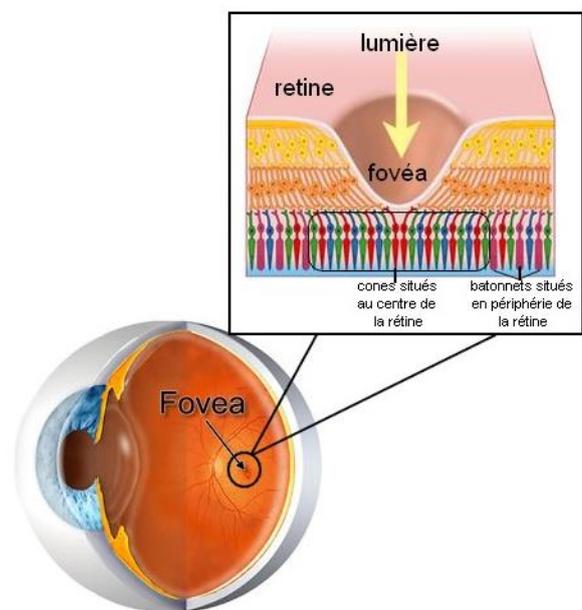
Ainsi, en étudiant les courbes de sensibilité spectrales des cônes, on peut constater que :

- les cônes dits « cônes bleus » sont sensibles majoritairement au bleu mais également au violet et au cyan
- les cônes dits « cônes verts » sont sensibles majoritairement au vert mais également au bleu, cyan, jaune et orange
- les cônes dits « cônes rouges » sont sensibles majoritairement au jaune-oranges mais également au vert, cyan et rouge. Ils tiennent leur nom au fait qu'ils sont les seuls cônes sensibles au rouge.

- Les cônes sont donc les photorécepteurs qui permettent la vision des couleurs pendant la journée. Bien que ces régions soient centrées sur les trois couleurs primaires, elles se chevauchent de manière importante. Les trois types de cônes seront donc stimulés à des degrés divers par une couleur donnée. *Par exemple, une couleur bleue ciel va surtout exciter les cônes bleus, mais également les verts à un degré moindre et très légèrement les rouges. Une lumière jaune ne stimulera que les cônes rouges et les cônes verts. Notre perception des couleurs dépendra donc de la combinaison de ces stimuli.*
- On parle de **trichromatie** de la vision humaine, dans lequel toutes les sensations de couleur sont obtenues par des excitations variées des trois types de cônes et peuvent donc être produites par des mélanges de lumière correspondant aux longueurs d'onde du rouge, du vert et du bleu.

## B : La fovéa

- La fovéa est située près de l'axe optique et reçoit donc les meilleures images. C'est une zone dans laquelle il y a une grande densité de cônes et peu de bâtonnets. C'est elle qui donne les images les plus fournies en détails et en couleurs. Pour examiner un objet, nous devons amener son image sur la fovéa. Pour cela, nous dirigeons notre regard vers lui. La nuit, la fovéa est la zone de la rétine qui est la moins sensible.
- Les bâtonnets sont plus denses sur la périphérie. Pour voir des objets de faible luminosité, nous devons donc les observer en "vision périphérique". Il ne faut surtout pas les fixer!
- Ainsi, de jour, nous avons une bonne vision centrale, en couleurs, avec une acuité visuelle performante et rapide. Par contre, notre vision nocturne est périphérique, avec une zone centrale aveugle correspondant à la fovéa, qui ne comporte pas de bâtonnets. Elle est unicolore et l'acuité visuelle, moins fine, nécessite une seconde pour être à son maximum



## C : Le daltonisme

- Le daltonien ne dispose pas des 3 cônes normaux pour former les couleurs.
- Le daltonien est **achromate** (monochromatisme) : absence totale de perception des couleurs, les cônes de sa rétine sont dépourvus des 3 pigments habituels qui permettent de voir les couleurs : il a une vision en niveaux de gris. Très rare : 1/40 000.
- Le daltonien est **dichromate**, perception de 2 couleurs seulement (1 cône absent) :
  - Si le rouge manque, le sujet est appelé **protanope**
  - Si le vert manque, il est **deutéranope** (le plus fréquent). Les personnes qui sont affectées sont incapables de différencier le rouge du vert. C'est la forme dont était atteint John Dalton.
  - Si le bleu manque, il est **tritanope** (extrêmement rare).
- Le daltonien est **trichromate anormal**, perception des 3 couleurs d'intensités anormales (1 cône déficient) :
  - Si le rouge est déficient, il est appelé **protanomal**,
  - Si le vert est déficient, il est **deutéranomal**,
  - Si le bleu est déficient, il est **tritanomal**.

## D : La vision des animaux

- Comme il est difficile de voir par les yeux des animaux, ce que l'on connaît de leur perception des couleurs reste très subjectif. Par l'étude des différents cônes visuels présents chez les animaux, on arrive toutefois à deviner ce qu'ils peuvent voir :

→ **Le chien** à moins de cônes que nous et ainsi, il est plutôt daltonien, c'est-à-dire qu'il ne perçoit pas toutes les couleurs (le rouge et le vert).

Par contre, sa vision périphérique est 10 fois plus sensible que la nôtre. Ainsi, il percevra plus rapidement quelque chose qui se déplace à ses côtés et possède une vision globale plus importante : il voit plus de choses que nous.

De même, son œil possède plus de bâtonnets par rapport à l'homme et le fond est tapissé d'une couche de cellules (tapetum lucidum) qui agit de la même façon qu'un miroir en concentrant la lumière perçue par la rétine. C'est ce qui donne le reflet un peu métallique des yeux d'un chien lorsqu'il se trouve en face d'une lumière comme une lampe électrique, au même titre que le chat.

→ **Les abeilles** possèdent une vision trichromatique, elles perçoivent le vert, le bleu et les *ultraviolets*. Elles ne distinguent donc pas le rouge. D'autres animaux perçoivent également les ultraviolets, contrairement à l'homme, comme **la langouste**, ou **la tortue**.

→ **Certains oiseaux** sont quadrichromiques, (ils perçoivent 4 couleurs). **Certains papillons** peuvent voir jusqu'à 5 couleurs et beaucoup plus pour certains **poissons**.

→ D'autres encore perçoivent *l'infrarouge* (c'est-à-dire la chaleur émise par un objet ou un organisme), comme certains **serpents**.

Spectre de lumière vue par un chien



Spectre de lumière vue par un humain



## Fiche 5 : La synthèse additive des couleurs

### A : La synthèse additive de la lumière

• La synthèse additive des couleurs, consiste à superposer sur un écran des faisceaux de lumière de différentes couleurs

#### ►► Obtenir une lumière blanche à partir de lumières colorées

▪ Lorsque l'on observe le spectre de la lumière blanche obtenue après la traversée d'un prisme ou d'un réseau, on observe trois couleurs principales : les couleurs rouge, bleue et verte

• Trois faisceaux de lumière ROUGE, BLEUE et VERTE, de même intensité lumineuse, superposés sur un écran, forment un faisceau de lumière blanche

• Ces couleurs sont appelées couleurs primaires

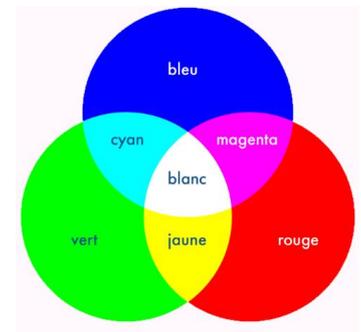
#### ►► Obtenir une lumière colorée à partir d'autres lumières colorées

▪ Lorsque l'on superpose sur un écran, deux faisceaux de lumière de couleur primaire, on obtient les couleurs secondaires :

↳ La superposition d'une lumière de couleur **ROUGE** et d'une lumière de couleur **BLEUE** donne une lumière de couleur **MAGENTA**

↳ La superposition d'une lumière de couleur **ROUGE** et d'une lumière de couleur **VERTE** donne une lumière de couleur **JAUNE**

↳ La superposition d'une lumière de couleur **BLEUE** et d'une lumière de couleur **VERTE** donne une lumière de couleur **CYAN**



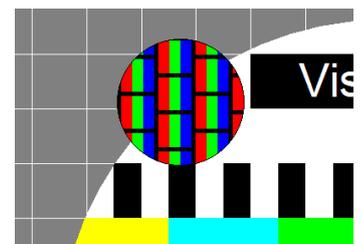
### B : La synthèse additive des couleurs au service des écrans lumineux

#### ► Les pixels

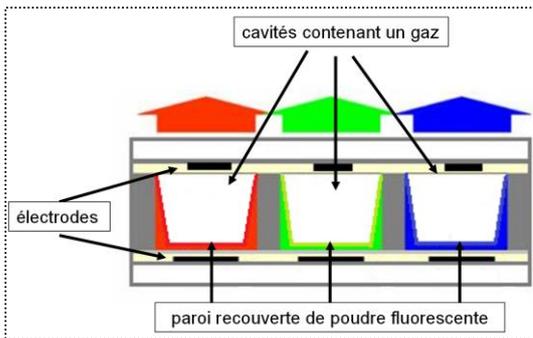
▪ Lorsque l'on observe un écran lumineux (écran de portable), on observe des petits rectangles de couleurs rouge, verte et bleue : **des luminophores**.

▪ L'association de 3 luminophores forme **un pixel**

▪ En réglant l'intensité lumineuse de chaque luminophore, on obtient, par synthèse additive dans l'œil, une gamme très étendue de couleurs



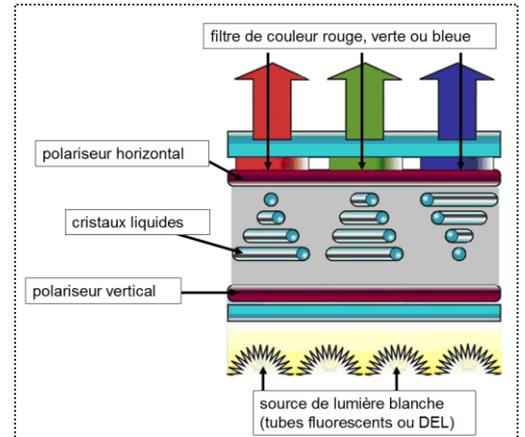
## ► Ecran plasma



- Dans un téléviseur à écran plasma, un sous-pixel fonctionne exactement comme les tubes fluorescents :
  - une décharge électrique se produit entre deux électrodes.
  - le gaz (sous la forme d'un plasma) émet des rayons UV
  - les UV sont absorbés par la couche fluorescente qui réémet de la lumière visible rouge, verte ou bleue

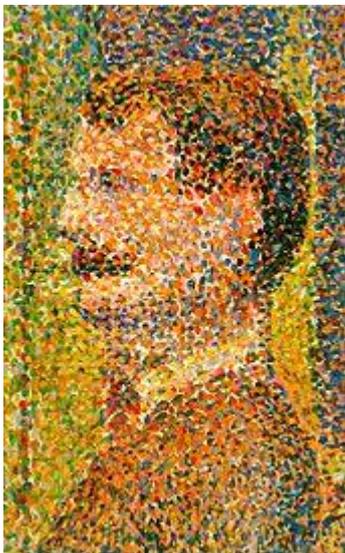
## ► Ecran LCD

- Dans un téléviseur à écran LCD, l'association « polariseurs-cristaux liquides » joue le rôle d'un « store » qui laisse passer plus ou moins la lumière provenant de sources de lumières blanches. Cette lumière arrive ensuite sur des filtres rouge, vert ou bleu.



## C : La synthèse additive des couleurs au service de l'art

- Vers les années 1880, l'impressionnisme commença à s'essouffler, Renoir l'avait mis à sec, selon ces propres termes. Cette crise se transforma en réaction déterminée quand une nouvelle génération d'artistes essaya de la résoudre par un changement d'orientation. Quelques artistes comme Georges Seurat et Paul Signac se penchèrent sur des théories de la couleur d'Eugène Chevreul.



Le mélange des pigments sur la palette et l'utilisation pure du blanc faisait rapidement vieillir les teintes. Afin d'éviter les salissures du temps et l'inexactitude des couleurs, il remplaça le mélange mécanique de la palette par un mélange optique.

Il utilisa alors la technique de « **pointillisme** » qui consiste à peindre par petites touches brèves et égales, posées à intervalles réguliers. Ces points de couleur pure sont juxtaposés (ou divisés) ; sur la toile au lieu d'être mélangés sur la palette. Cette division des tons doit assurer une luminosité plus intense, surtout si les lois des couleurs complémentaires et des contrastes sont bien observées (rouge-vert, orange-bleu, jaune-violet), le noir étant banni.

Cette technique remplace le mélange mécanique de la palette par un mélange optique. Les couleurs sont constituées par la juxtaposition de petites touches de couleur pures. L'œil du spectateur

devient le lieu du mélange, il restitue par les lois de l'optique et sans parasite extérieur, la perception naturelle des éléments.

La peinture devient une vraie analyse scientifique où chaque nuance doit être systématiquement décomposée en certains tons de base. Cet « art scientifique » s'avère un travail épuisant : Seurat mettra souvent un an à peindre une toile, après des dizaines d'ébauches...



## Applications

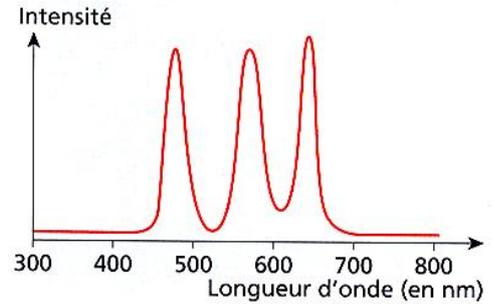
### EX1/

Les DEL sont généralement presque toute monochromatiques, mais il existe cependant des DEL blanches.

1) Une DEL monochromatique peut-elle être blanche ?

2) La courbe spectrale d'une DEL blanche est donnée sur la figure précédente ; à quelle couleur chaque maximum de cette courbe correspond-il ?

3) Pourquoi la DEL apparaît-elle blanche ?

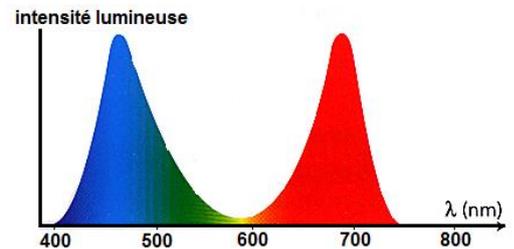


### EX2/

Le document ci-contre représente le profil spectral d'une lampe d'aquarium

1) Quelles sont les couleurs des radiations de la lumière émise

2) Quelle sera la couleur perçue



### EX3/

Chaque pixel d'un écran d'ordinateur est constitué de 3 sous-pixels rouge, vert et bleu qui peuvent prendre chacun 256 intensités lumineuses différentes (la valeur 0 pour un sous pixel correspond à l'absence de lumière émise par celui-ci et la valeur 255 correspond à la brillance maximale)

1) Montrer que cet écran permet d'obtenir plus de 16 millions de couleurs différentes

2) Indiquer les couleurs restituées par les pixels suivants :

	Pixel 1	Pixel 2	Pixel 3	Pixel 4	Pixel 5	Pixel 6	Pixel 7	Pixel 8
Sous-pixel rouge	0	255	255	255	255	0	0	0
Sous-pixel vert	0	255	0	255	0	255	255	0
Sous-pixel bleu	0	255	0	0	255	0	255	255

Fiche 6:

# La synthèse soustractive des couleurs

## A : La synthèse soustractive de la lumière

► La synthèse soustractive des couleurs, consiste à placer devant un faisceau de lumière, un (ou plusieurs) filtre(s) coloré(s) afin de soustraire à la lumière incidente une (ou plusieurs) couleur(s)

### ►► Les filtres de couleurs

► Un filtre traversé par de la lumière absorbe certaines couleurs et en transmet d'autres

► La couleur du filtre donne la couleur de la lumière transmise

*Filtres traversés par de la lumière blanche*

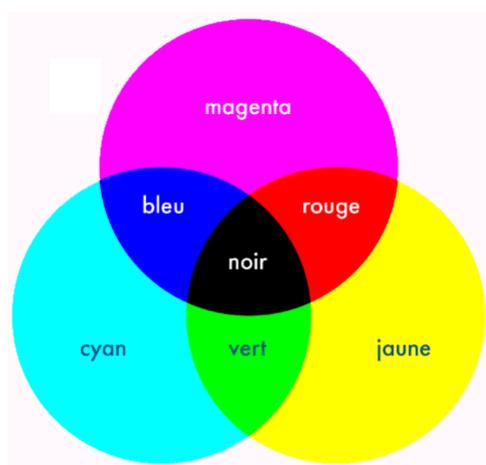
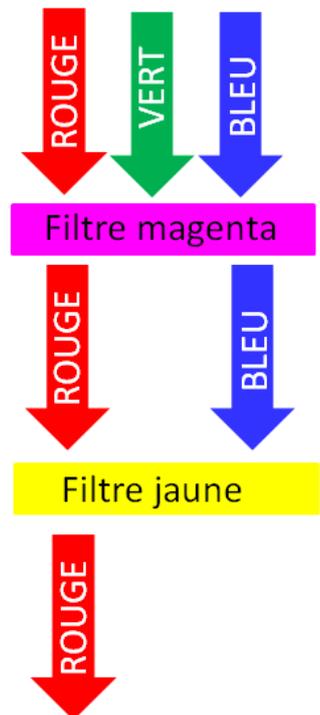
	Couleurs transmises	Couleurs absorbées
Rouge	rouge	bleue et verte
Bleu	bleue	rouge et verte
Vert	verte	bleue et rouge
Jaune	rouge et verte	bleue
Cyan	bleue et verte	rouge
Magenta	bleue et rouge	verte

Exemples :

→ Lorsqu'une lumière blanche traverse deux filtres superposés, de couleur **jaune** et **cyan**, la lumière transmise est de couleur **verte** (les couleurs rouge et bleue sont absorbées par les filtres)

→ Lorsqu'une lumière blanche traverse deux filtres superposés, de couleur **jaune** et **magenta**, la lumière transmise est de couleur **rouge** (les couleurs verte et bleue sont absorbées par les filtres)

→ Lorsqu'une lumière blanche traverse deux filtres superposés, de couleur **magenta** et **cyan**, la lumière transmise est de couleur **bleue** (les couleurs rouge et verte sont absorbées par les filtres)



Remarque :

-la lumière est complètement absorbée par 2 (ou 3) filtres de couleurs primaires.

## B : Applications dans la vie courante

### ►► La couleur en imprimerie ou en peinture

▪ La synthèse soustractive est utilisée en peinture et par les imprimantes couleurs : la superposition de pigments ou d'encre absorbe certaines couleurs de la lumière blanche et en transmet d'autres.

#### Remarque :

- Les pigments remplacent les filtres de la partie précédente

#### Exemples :

Si on mélange de la peinture jaune et de la peinture magenta :

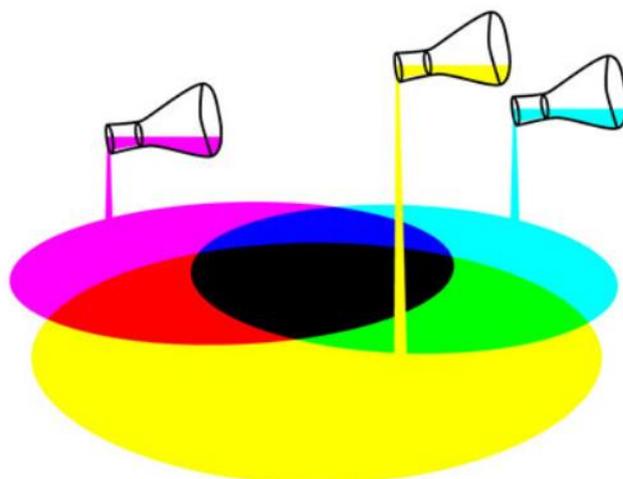
- la matière composant la **peinture jaune** transmet les couleurs rouge et verte et **absorbe la bleue**
- la matière qui compose la **peinture magenta** transmet les couleurs rouge et bleue et **absorbe la verte**
- **Le mélange de peinture jaune et magenta absorbe les couleurs bleue et verte et transmet la rouge**  
→ le mélange sera rouge

#### Attention !

Les trois couleurs secondaires de la synthèse additive (**le cyan, le magenta et le jaune**) sont appelées communément « couleurs primaires de la synthèse soustractive »

▪ Une imprimante contient 4 cartouches d'encre : jaune, cyan, magenta et noire. Le mélange, en différentes proportions, des ces trois couleurs permet de restituer l'ensemble des couleurs perceptibles

	Couleurs des encres envoyées par l'imprimante
Pour imprimer du magenta	Magenta
Pour imprimer du cyan	Cyan
Pour imprimer du jaune	Jaune
Pour imprimer du bleu	Cyan et magenta
Pour imprimer du rouge	Jaune et magenta
Pour imprimer du vert	Jaune et cyan
Pour imprimer du noir	Noire



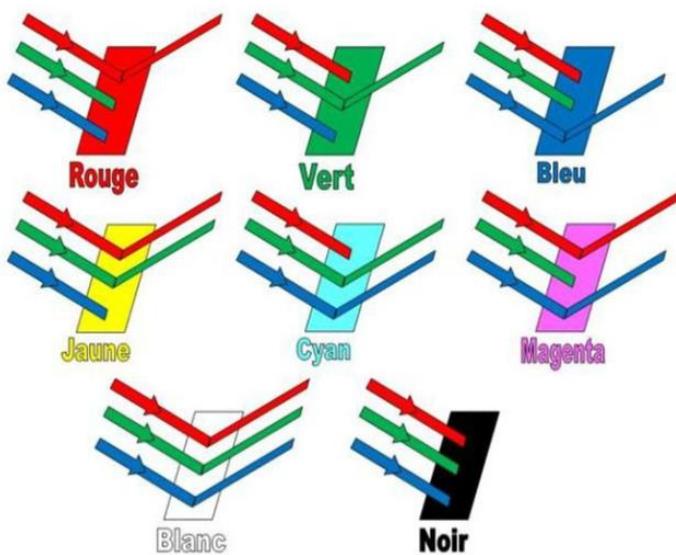
## ►► La couleur des objets

- Les objets qui nous entourent sont visibles car ils nous envoient de la lumière ; cette lumière provient d'une source extérieure (soleil, lampe..)
- Notre œil perçoit des objets colorés car les pigments composant leur surface, telle un filtre, absorbent et diffusent certaines des radiations de la lumière incidente

► **Un objet n'a pas de couleur propre : celle-ci dépend de la lumière qu'il reçoit et des radiations qu'il absorbe**

► **Un objet éclairé par de la lumière, absorbe certaines couleurs et en transmet d'autres**

► **La couleur d'un objet est la superposition des couleurs transmises, renvoyées**



Exemples :

**(1) Eclairée par une lumière blanche, *une tomate est vue rouge***

- car elle absorbe les couleurs bleues et vertes
- car elle transmet la couleur rouge

Si la tomate est éclairée par une lumière jaune ou magenta, **elle sera également vue rouge** car les lumières jaune (R+V) et magenta (R+B) contiennent du rouge.

Si la tomate est éclairée par une lumière bleue, verte, ou cyan, **elle sera vue noire.**

**(2) Eclairée par une lumière blanche, *un citron est vu jaune***

- car il absorbe la couleur bleue
- car il transmet les couleurs rouge et verte

Si le citron est éclairé par une lumière magenta ou rouge, **il sera vu rouge**

Si le citron est éclairé par une lumière verte ou cyan, **il sera vu vert**

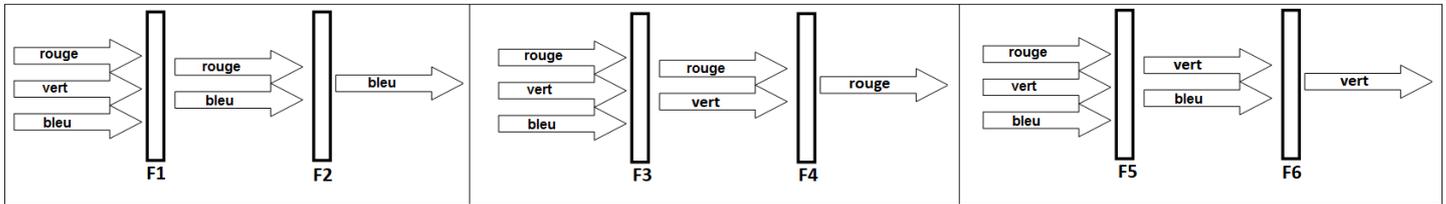
Si le citron est éclairé par une lumière jaune ou rouge, **il sera vu jaune**

Si le citron est éclairé par une lumière bleue, **il sera vu noir**

## Applications

### EX1/

Indiquer la couleur des filtres ci-dessous



### EX2/

On dispose de 6 filtres colorés de couleur rouge, verte, bleue, cyan, magenta et jaune.

**1)** Devant un faisceau de lumière cyan, on place l'un après l'autre les 6 filtres colorés.

Donner la couleur de la lumière transmise

**2)** Refaire la même question, si le faisceau de lumière est magenta.

**3)** Refaire la même question, si le faisceau de lumière est jaune.

### EX3/

« Dans la vallée d'Elah » est un film dans lequel un policier, Tommy Lee Jones, recherche les assassins de son fils. Selon les témoins, une voiture verte a été vue, de nuit, sur les lieux du crime.

Le policier recherche cependant une voiture bleue en disant : « une voiture bleue, vue sous un éclairage jaune est verte »

- Cette affirmation est-elle correcte ?

### EX4/

Un citron éclairé en lumière blanche est jaune

- Donner la couleur du citron lorsque que l'on place des filtres de différentes couleurs devant la lampe de lumière blanche : filtres bleu, rouge, vert, jaune, cyan et magenta.

### EX5/

De quelle couleur sera le camion de pompier dans un tunnel éclairé par une lumière jaune? Même question pour la voiture de gendarmerie qui le suit.

### EX6/

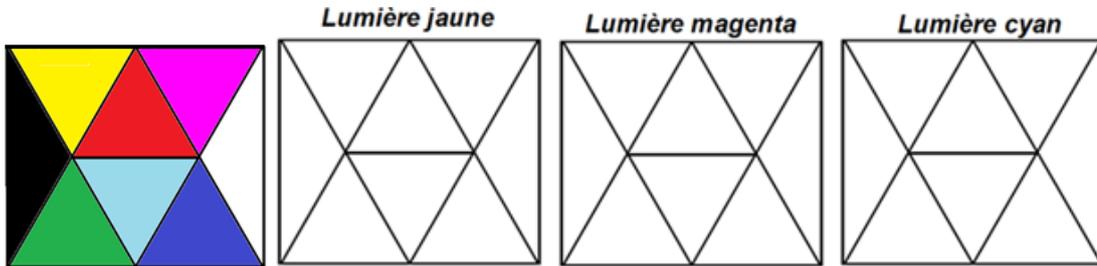
Un peintre dispose de tubes de peinture blanche, rouge, jaune, bleue et cyan.

- Quelle peinture doit-il mélanger avec la peinture jaune pour obtenir du noir ?

- Même question pour obtenir du noir avec la peinture rouge.

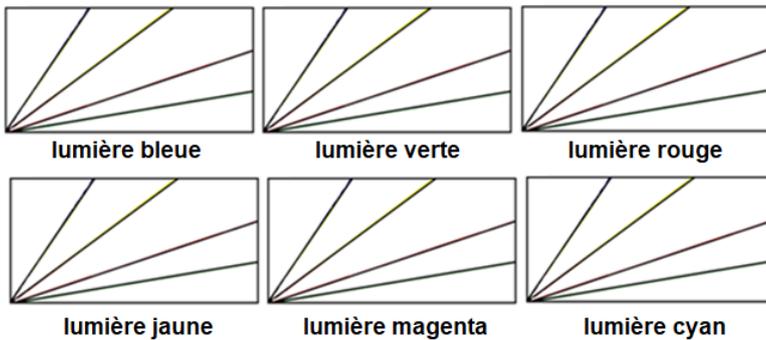
**EX7/**

Une figure colorée est éclairée en lumière blanche ; colorier les 3 figures ci-dessous suivant l'éclairage en lumière magenta, lumière cyan et lumière jaune



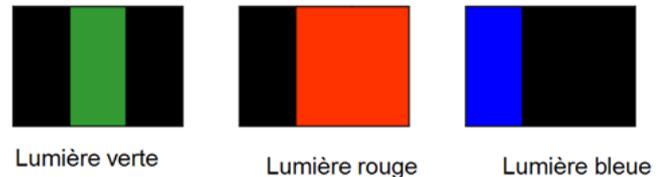
**EX8/**

On donne ci-dessous, le drapeau des Seychelles ; donner la couleur du drapeau lorsqu'il est éclairé par différentes lumières



**EX9/**

Un drapeau tricolore à bandes verticales, d'un pays de l'Union Européenne, est éclairé par 3 sources lumineuses colorées bleue, verte et rouge.



- représenter le drapeau éclairé en lumière blanche.



**EX10/**

On observe la figure ci-contre avec une paire de lunettes particulière possédant un verre teinté rouge et un verre teinté vert

- Indiquer ce que l'on voit au travers de chacun des verres

**EX11 /**

Une imprimante contient 4 cartouches d'encre : jaune, cyan, magenta et noire.

On désire imprimer la fleur ci-contre

- Pour chacun des éléments de la figure (pétales rouges et magenta, cœur jaune, feuilles vertes, fond bleu), déterminer quelles seront les encres utilisées par l'imprimante

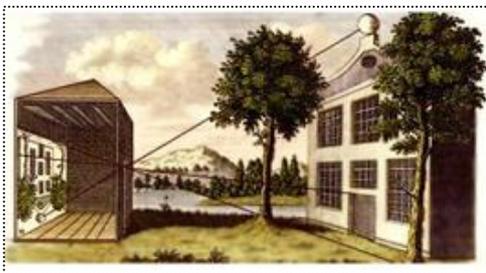


## Fiche 1 : De la chambre noire à l'appareil photographique

• Depuis son invention la photographie a évolué au fil des nombreuses innovations technologiques et techniques dans les domaines de l'optique, de la chimie, de la mécanique, de l'électricité, de l'électronique et de l'informatique. Retraçons les grandes étapes de l'histoire de la photographie, des premiers clichés à l'avènement de la photo numérique.

• La chambre noire apparaît déjà dans les écrits d'Aristote. Elle constituera une étape déterminante pour l'avancée des découvertes en photographie. Elle fut d'abord utilisée en astronomie en vue d'observer les éclipses solaires.

Au **IV<sup>e</sup> siècle av. J.C.**, le philosophe grec **Aristote** décrivait le fonctionnement d'une éclipse solaire qu'il avait étudiée à l'intérieur d'une pièce obscure dont un des murs comportait un petit trou: les rayons du soleil pénétraient par le trou situé dans le mur et projetaient une image inversée (de haut en bas et de droite à gauche) sur le mur d'en face.



mécanisme de la vision humaine.

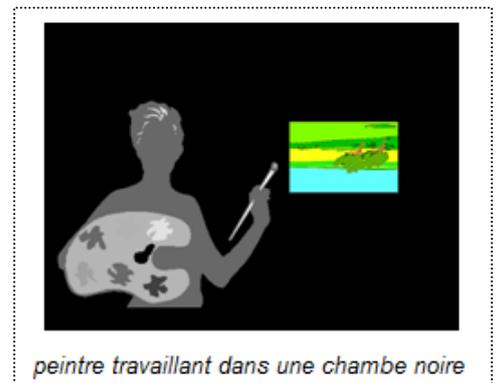
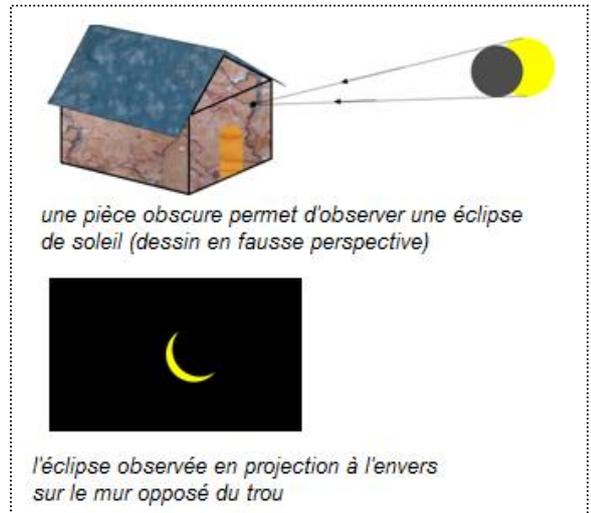
En **1515**, cet homme de science italien explique : « en laissant les images des objets éclairés pénétrer par un petit trou dans une chambre très obscure, tu intercepteras alors ces images sur une feuille blanche placée dans cette chambre. [...] Mais ils seront plus petits et renversés. »

À l'époque de la Renaissance, le dispositif de la chambre noire était utilisé par les artistes pour peindre des paysages en respectant les proportions.

Le petit trou est appelé « **sténopé** » (du grec *stenos*, étroit et *opê*, trou).

• Cependant, l'image donnée par la chambre noire n'était pas très bonne : soit floue, soit sombre, soit trop petite, selon les conditions d'observation. C'est l'Italien **Girolamo Cardano** qui, vers **1550**, a l'idée géniale de placer devant le trou une lentille convergente : ainsi l'image est à la fois nette et lumineuse, ce qui est un progrès considérable. Peu après, un autre Italien, **Daniele Barbaro**, invente un dispositif de « diaphragme », qui permet de faire varier la taille du trou et donc la luminosité de l'image.

• Plusieurs artistes se servirent de cette camera obscura pour tracer leurs dessins sur papier calque car elle rend la perspective facile ! Ainsi fut découvert l'ancêtre de la caméra et de l'appareil photographique.



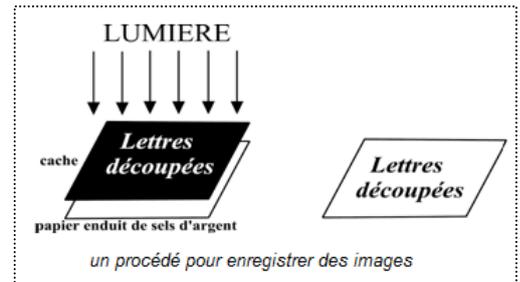


- Au **XVII<sup>e</sup> siècle**, on commence à construire des chambres noires portables, simples boîtes en bois peintes intérieurement en noir et munies d'une lentille, d'un diaphragme et d'un verre dépoli comme écran. En utilisant des lentilles de différentes distances focales, on obtient des grossissements différents. Cela commence vraiment à ressembler à un appareil photographique !

- Tout sera fait pour améliorer la qualité de l'image de la *camera obscura*. On y ajoute d'autres lentilles, on adjoint des miroirs inclinés à 45° pour redresser l'image. La machine, qui devait à ses débuts être portée par deux personnes, finira, au XVIII<sup>e</sup>, dans le creux de la main.

- Pourtant, il reste un problème de taille : comment enregistrer l'image ? La réponse est apportée par les chimistes, au XVIII<sup>e</sup> siècle, quand ils découvrent que c'est l'action de la lumière qui fait noircir petit à petit certaines substances comme les sels d'argent. Grâce à cette propriété, on peut donc enregistrer des images en noir et blanc.

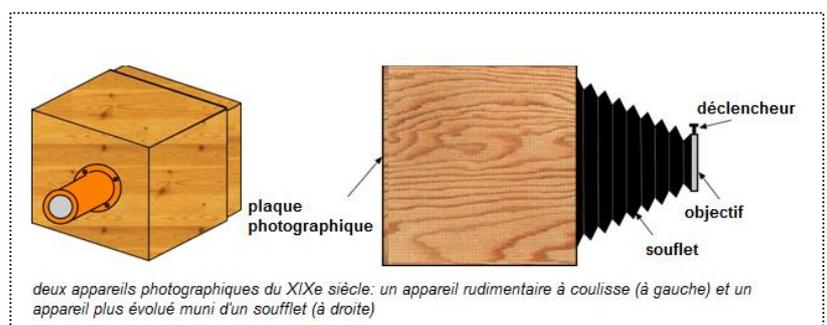
En plaçant le papier sensible au fond d'une chambre noire, il semble donc possible de prendre des « photographies ». Hélas, les images ainsi formées disparaissent assez rapidement dès que l'on sort le papier sensible de l'appareil, à cause de la lumière ambiante qui finit par le faire noircir entièrement : il est donc impossible de les conserver. Les chimistes du XVIII<sup>e</sup> siècle cherchent donc, mais en vain, à « fixer » l'image, c'est-à-dire à éliminer les sels sensibles non exposés lors de la prise de vue, de façon à ce qu'il n'y ait plus de noircissement possible.



- C'est à partir de **1822**, enfin, que le Français **Nicéphore Niepce** tente les toutes premières photographies (qu'il appelle « **héliographies** ») : pour cela il utilise comme substance sensible à la lumière du « bitume de Judée », une sorte de goudron qui a la propriété de se transformer – notamment de durcir et de devenir insoluble – là où elle a été exposée. Il suffit donc à Niepce de plonger la plaque photographique dans un solvant approprié pour éliminer le bitume non exposé et il reste l'image en noir et blanc. Le procédé au bitume de Judée a tout de même un

sérieux inconvénient : il faut un temps de pose très long, au minimum quinze minutes et parfois jusqu'à plusieurs heures, suivant l'intensité de l'éclairage ! De plus, l'image manque beaucoup de qualité car les nuances de gris sont mal rendues. **En 1826**, la première véritable photo est réalisée après huit heures de pose : la fameuse « Vue du Gras »

- Niepce s'associe avec un artiste décorateur nommé **Louis Daguerre** et, ensemble, ils poursuivent les recherches. **En 1837**, quatre ans après la mort de Niepce, Daguerre met au point des plaques photographiques recouvertes d'iodure d'argent, une substance beaucoup plus sensible que le bitume de



Judée et qui donne des images très nettes : ces plaques seront appelées « **daguerréotypes** ». À partir de cette époque, le métier de photographe se développe rapidement et les photographies, en particulier les portraits, deviennent très appréciés du public. Les scientifiques en font également grand usage, notamment les astronomes.

En fait, le mot « photographie » n'existe pas encore : il ne sera créé qu'en 1839

- Ensuite, tout au long du XIX<sup>e</sup> siècle puis au XX<sup>e</sup> siècle, les inventeurs ne vont cesser d'améliorer d'une part les appareils photographiques, d'autre part et surtout les pellicules sensibles. On peut citer, par exemple :
  - en 1839, les premières photographies sur papier à l'iodure d'argent, par l'Anglais Fox Talbot (brevet déposé en 1841),
  - en 1844, le premier appareil panoramique couvrant un champ de 150°, grâce à un objectif de 20 mm de distance focale,
  - en 1848, la première photographie en couleur (mais on ne réussit pas encore à la fixer, il faudra attendre encore quelques années),
  - en 1864, la première lampe flash à ruban de magnésium,
  - en 1871, la mise au point d'une surface au gélatino-bromure, substance très sensible qui se contente d'un temps d'exposition très court, de l'ordre du 1/10<sup>e</sup> de seconde ou même moins (ces photographies sont alors baptisées des « instantanés »),
  - en 1887, la première pellicule dont le support est en matière plastique,
  - en 1924, l'invention du « photomaton »,
  - en 1940, les premiers appareils à obturateur synchronisé avec le flash,
  - en 1945, le premier appareil à mise au point automatique...
- De nos jours, la photographie évolue encore : ainsi les appareils dits « numériques » n'utilisent pas de pellicule : l'image est transformée par un capteur sensible en une suite de chiffres qu'il est facile de stocker dans une mémoire informatique (disquette, cédérom, disque dur d'ordinateur etc

---

## Applications

---

### EX1/

A l'aide du texte précédent, répondre aux questions suivantes :

- 1)** Décrire une chambre noire ; qu'appelle-t-on le sténopé ?
- 2)** Expliquer simplement le fonctionnement d'une boîte noire. Faire un schéma de ce dispositif en faisant apparaître les rayons lumineux qui expliquent la formation d'une image.
- 3)** Quelle a été la première utilisation de la chambre noire ?
- 4)** Quelles sont les caractéristiques de l'image obtenue par rapport à l'objet observé (taille, sens, netteté, luminosité) ?
- 5)** Quel est l'intérêt de ce dispositif pour un peintre ?
- 6)** Quelles améliorations ont été apportées à la chambre noire au XVI<sup>e</sup> siècle, par les italiens Cardano et Barbaro ? Quelles en ont été les conséquences sur les caractéristiques de l'image ?
- 7)** Que fait-on varier lorsque l'on change la distance focale de la lentille de la boîte noire ?
- 8)** Quel support doit-on encore ajouter pour obtenir une photographie de l'image formée ? Quelle propriété doit avoir ce support ?

9) Quel inconvénient avait la première substance utilisée sur les ancêtres des pellicules photos ?

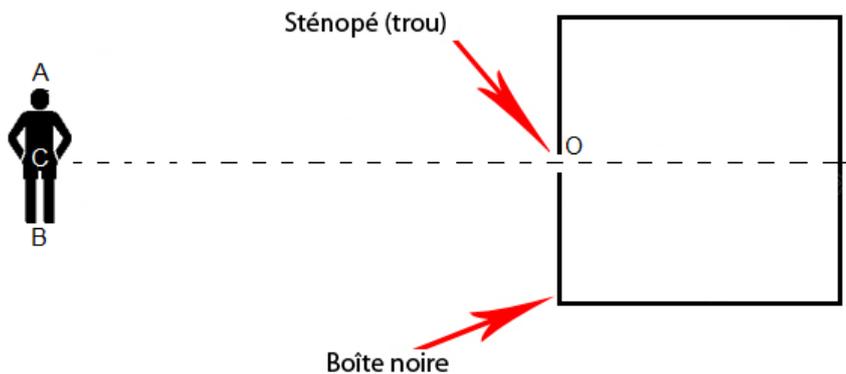
10) Quelle amélioration a été apportée sur le support ? Et par qui ? Mais quel était encore l'inconvénient majeur ?

11) Quelle amélioration apporte Louis Daguerre ?

12) Par quoi est remplacée la pellicule photo à la fin des années 80 ?

## EX2/

1) Montrer, à l'aide du schéma ci-dessous, pourquoi l'image  $A'B'$  d'un objet  $AB$  est inversée sur l'écran d'une chambre noire munie à son entrée d'un sténopé.



2)

2.1. Trouver une relation entre les grandeurs  $AB$ ,  $A'B'$ ,  $OC$ , et  $OC'$ .

2.2. Comment sera la taille de l'image sur l'écran de la boîte noire, si la distance séparant l'objet de la boîte est la même que la profondeur de la boîte ?

2.3. Comment varie la taille de l'image si on allonge le boîtier de la chambre noire ?

2.4. Si la distance entre l'objet et l'ouverture est de 14 cm et si la profondeur de la chambre noire vaut 10 cm, quelle sera la taille de l'image obtenue sur l'écran de cet objet qui a une taille de 8 cm ?

2.5. A quelle distance de la boîte se trouve un objet de 6 cm de hauteur si on observe dans une chambre noire de profondeur 15 cm, une image de hauteur 2 cm ?

3) L'image est peu lumineuse ; l'agrandissement du sténopé permet de la rendre plus lumineuse mais présente l'inconvénient de la rendre floue.

- Expliquer, à l'aide de schémas, pourquoi l'image devient floue lorsque le diamètre du sténopé augmente

## Fiche 2 : Présentation des appareils photographiques

▪ A l'aide du film projeté, répondre aux questions suivantes :

### ↳ [Les différents types d'appareils photos](#) (→ 2 min 40)

- Quels sont les différents types d'appareils photos actuels ?

### ↳ [Formation de l'image sur le capteur](#) (→ 3 min 40)

- Comment est l'image qui se forme sur la rétine (pour l'œil) ou sur la pellicule ou le capteur CCD (pour l'appareil photo) ?

### ↳ [Petit historique](#) (→ 4 min 22)

- Quelle est la date de la 1<sup>ère</sup> photo prise par Nicéphore Niepce ?

- De quoi était composée la 1<sup>ère</sup> plaque photographique sensible à la lumière ? et la seconde ?

- Quelle est la date de l'apparition de la 1<sup>ère</sup> pellicule photo ?

### ↳ [La visée](#) (→ 5 min)

- Quel problème peut-on avoir lorsque l'on regarde dans le viseur d'un appareil compact ?

- Pourquoi ce problème ne se pose-t-il pas avec un appareil reflex

### ↳ [La mise au point](#) (6 min → 7 min 50)

- Comment appelle-t-on la mise au point automatique dans les compacts ?

- Quel est l'inconvénient de cette mise au point sur ces appareils compacts ?

- Que se passe-t-il dans l'appareil photo lors de la mise au point ?

### ↳ [Les objectifs et les focales](#) (→ 11 min 24)

- Les appareils photos peuvent avoir différentes focales ; donner des exemples

- Comment appelle-t-on les appareils photos avec une petite distance focale ?

- Comment appelle-t-on les appareils photos avec une grande distance focale ? Que permettent-ils de prendre en photo ?

- Comment varie l'angle de champ (limite de l'étendue, en degrés de la scène prise en compte) de la photo avec la focale de l'appareil ?

- De quel paramètre dépend également l'angle de champ ?

- Un zoom optique est une optique à focale variable ; les objectifs des compacts numériques peuvent avoir des focales variant de 6 à 18 mm ; que dit-on alors pour le zoom ?

- Quel est l'inconvénient d'un zoom numérique ?

↳ Luminosité et sensibilité des capteurs (→ 12 min 22)

- Que devait-on changer dans les appareils photo argentiques suivant la luminosité de l'extérieur ?
- Que change-t-on dans les appareils photos numériques suivant la luminosité de l'extérieur ?
- Quel inconvénient apparaît dans le cas de l'utilisation d'un capteur à très forte sensibilité ?

↳ Le diaphragme (→ 13 min 40)

- Qu'est ce que le diaphragme de l'appareil photo ?
- Que permet le diaphragme de l'appareil photo
- Que se passe-t-il si le diaphragme est trop ouvert lors d'une forte luminosité ?
- Que se passe-t-il si le diaphragme n'est pas assez ouvert lors d'une faible luminosité ?

↳ La vitesse d'obturation (→ 15 min 55)

- Qu'appelle-t-on temps de pose ou vitesse d'obturation,
- Comment faut-il régler le temps de pose lors d'une forte luminosité, lors d'une faible luminosité ?
- Quel problème pose la prise de vue d'un sujet mobile lors d'une faible luminosité ?
- Dans le tableau récapitulatif suivant, barrer les termes inexacts

	Sensibilité capteur	diaphragme	Temps de pose
Faible luminosité	<i>Faible / Forte</i>	<i>Petit / Grand ouvert</i>	<i>Important / Faible</i>
Forte luminosité	<i>Faible / Forte</i>	<i>Petit / Grand ouvert</i>	<i>Important / Faible</i>

↳ La profondeur de champ (→ 17 min 40)

- Qu'appelle-t-on profondeur de champ ?
- Comment varie la profondeur de champ suivant la focale de l'appareil ?

↳ Le capteur (→ 20 min 33)

- De quoi est constitué le capteur CCD
- Que se passe-t-il lorsque la lumière frappe une cellule du capteur ?
- Qu'a-t-on rajouté aux cellules du capteur pour qu'elles soient sensibles aux couleurs ?

↳ La compression et la résolution (→ 22 min 55)

- Que peut-on faire pour que les photos prises prennent moins de place lors du stockage dans la carte mémoire ?
- Que change-t-on lorsque l'on choisit de prendre une photo avec une moins grande résolution ?
- Comment sont les photos compressées ou prises avec une faible résolution lors de l'impression ou lors de l'observation sur un écran d'ordinateur ?

# Fiche 3 : Les appareils photographiques numériques

## A : Description générale de l'APN

• Un appareil photographique numérique (APN) comprend :



- **un objectif** constitué d'un groupe de lentilles, convergentes et divergentes, mais qui globalement se comporte comme une lentille convergente de distance focale  $f$ .

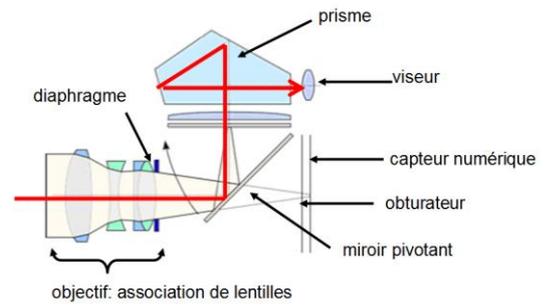
La distance focale dépend de l'agencement spatial et du type de lentilles.

- **Un diaphragme** qui règle la quantité de lumière entrant dans l'appareil

- **Un obturateur**, situé derrière l'objectif qui permet de choisir la durée de l'exposition de l'image sur le capteur ; il règle la quantité de lumière qui parviendra au capteur



- **Un capteur numérique** (remplaçant les pellicules des appareils argentiques) : c'est le capteur numérique qui « capte » la lumière lorsque la photo est prise



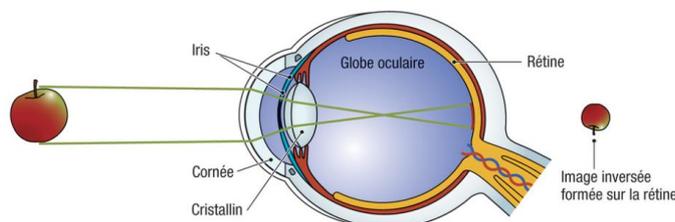
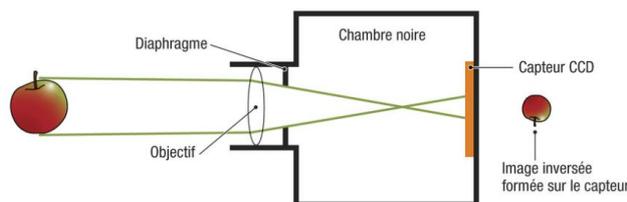
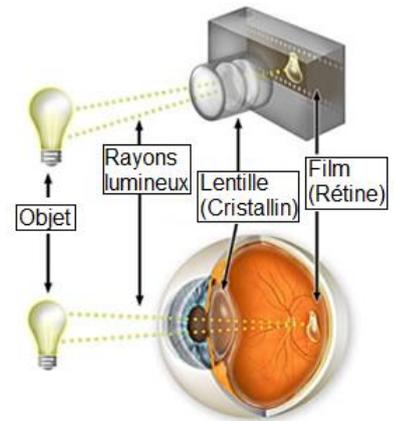
## B : Modèle optique de l'APN

L'appareil photographique peut être modélisé simplement avec :

- une lentille convergente
- un écran
- un système contrôlant la quantité de lumière entrante

↳ Analogie avec l'œil

	<b>Appareil photo</b>	<b>Œil</b>
<b>Lentille convergente</b>	<i>Objectif</i>	<i>Cornée/cristallin</i>
<b>Dispositif contrôlant la lumière</b>	<i>Diaphragme</i>	<i>Iris</i>
<b>écran</b>	<i>Capteur CCD</i>	<i>Rétine</i>



## C : L'objectif

• Les objectifs sont constitués par des associations de lentilles différentes, taillées dans des verres spéciaux, aux indices de réfraction bien déterminés. Cette association permet de corriger les nombreux défauts (aberrations géométriques et chromatiques) que présente toute lentille. Nous assimilerons ce groupe de lentilles à **une lentille unique de focale  $f$**

### ►► La mise au point

« Cette lentille unique » se déplace dans le corps de l'objectif lors de la mise au point

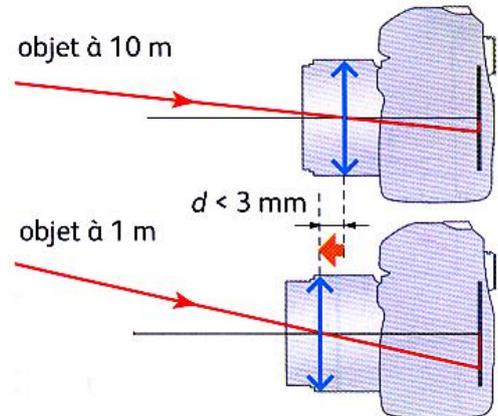
► **Lorsqu'un appareil photographie un objet proche, on doit effectuer une mise au point.**

Lors de la mise au point :

**On déplace les lentilles de l'objectif par rapport au capteur**

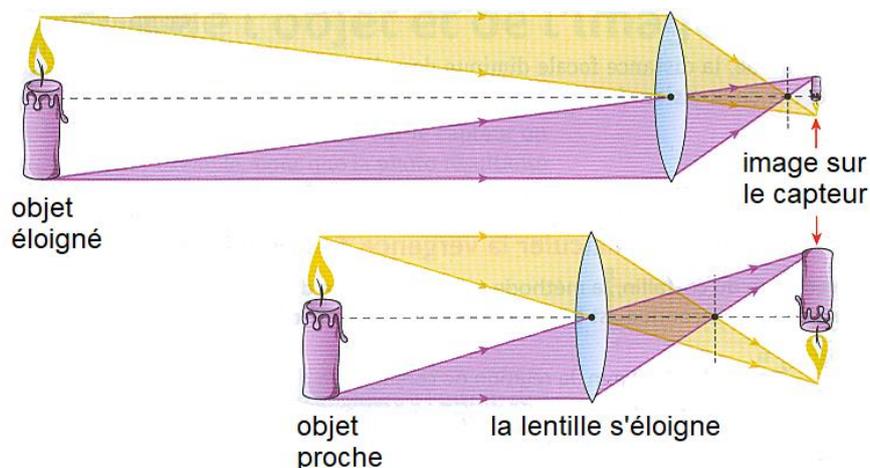
► Lorsque l'on photographie un objet très éloigné ou un paysage, la distance lentille-capteur est égale à la distance focale.

► Lorsque l'objet se rapproche, la distance lentille-capteur augmente (*plus l'objet est proche, plus la distance lentille-capteur est grande*)



### Exemple :

- Lorsqu'un appareil photo ayant un objectif de 50 mm prend en photo un paysage éloigné, la distance séparant la lentille du capteur est de 50 mm.
- Lorsqu'il prend en photo proche, la lentille s'éloigne du capteur, la distance lentille-capteur devient supérieure à 50 mm
- Donc pour un « 50 mm », la distance lentille-capteur  $d \geq 50$  mm :
  - $d = 50$  mm pour les photos des objets éloignés (paysage)
  - $d > 50$  mm pour les photos des objets proches



## ► Zoom optique et zoom numérique

### ▪ Le zoom optique :

**Le zoom optique est un objectif dont on peut faire varier la focale ; il s'agit donc d'un zoom réel qui agrandit l'image ; il utilise la totalité du capteur**

Le zoom est construit de façon à faire avancer une ou plusieurs lentilles à l'intérieur même du fût. Ce changement fait alors varier le centre optique de l'objectif et change donc sa focale.

Cela permet d'avoir, dans un seul et même objectif, plusieurs focales afin de disposer de plusieurs angles de champ et de grossissements différents.

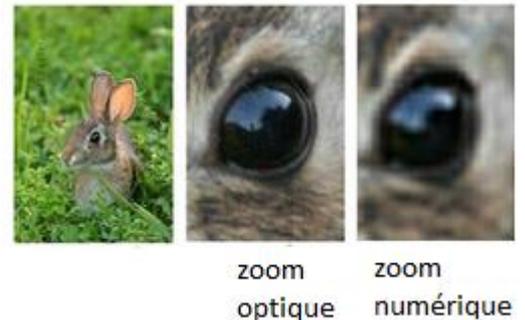
Sur les boîtiers reflex, les zooms se présentent sous la forme d'un objectif, allant d'une focale à une autre plus grande (24 à 70 mm par exemple). On trouve également des zooms bien plus puissants, allant du très grand angle à la longue focale (18-200 mm) : les ultra-zooms.



### ▪ Le zoom numérique :

**Le zoom numérique est un grossissement artificiel de l'image.**

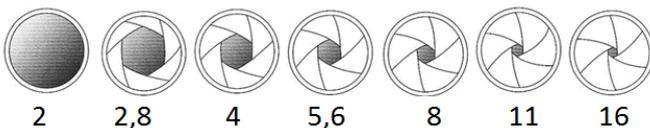
Le zoom numérique est indépendant de celui optique. Il est géré par l'appareil et le logiciel intégré au boîtier. Ce type de zoom altère cependant la qualité de la photographie. Il correspond en fait à un recadrage de l'image directement à la prise de vue.



Ce recadrage, qui n'est qu'un grossissement d'une partie de l'image, est donc la raison directe d'une apparition de pixels de plus en plus gros et du manque de détails lorsque l'on zoome trop

## D : Le diaphragme

les nombres d'ouverture



• Le diaphragme est un mécanisme présent sur l'objectif, dont le fonctionnement est semblable à celui de l'iris de l'œil. Composé de fines lamelles qui se chevauchent, il permet d'ajuster la quantité de lumière traversant l'objectif. Il est caractérisé par un nombre n (sans unité) appelé **nombre d'ouverture** (ou plus simplement **ouverture**)

$$n = \frac{f}{d}$$

*f* : focale de l'objectif  
*d* : diamètre de l'ouverture du diaphragme

**Attention** : plus le nombre d'ouverture est petit, plus le diamètre d'ouverture est grand, plus la quantité de lumière entrant dans l'appareil photo est importante

Ainsi si le photographe veut diminuer la surface ouverte du diaphragme, il doit augmenter le nombre d'ouverture

## E : L'obturateur



Le temps d'ouverture de l'obturateur contrôle la durée d'exposition

• L'obturateur peut être situé au centre de l'objectif ou juste devant le film. Il est composé de lamelles métalliques qui se recouvrent mutuellement, dont le but est de laisser passer la lumière ou non.

Lors de l'appui sur le déclencheur, l'obturateur s'ouvre puis se referme. La durée durant laquelle il reste ouvert est appelée **temps de pose** (ou **vitesse d'obturation**),

- un long temps de pose permet d'exposer longtemps la surface du capteur, ce qui est utile pour les scènes peu lumineuses.

- Un court temps de pose permet d'exposer très peu de temps le capteur, ce qui est utile pour les scènes très lumineuses ou rapides.

Les valeurs habituelles trouvées sur les appareils numériques sont les suivantes :

1/4000, 1/2000, 1/1000, 1/500, 1/250, 1/125, 1/60, 1/30, 1/15, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2

## Applications

**Relations des lentilles minces :**

$$(1) \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$$

$$(2) \frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB} = \gamma$$

$\gamma$  : grandissement de la lentille

### EX1/

Un objectif, de distance focale **50,0 mm**, est réglé sur un objet situé à **3,00 m**

**1)** En utilisant les relations des lentilles minces, calculer la distance séparant la lentille du capteur.

**2)** Calculer le grandissement correspondant.

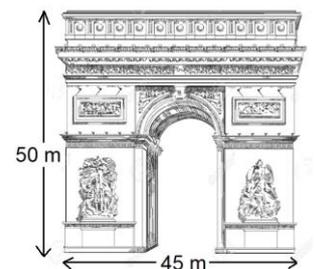
**3)** L'objet photographié est une personne mesurant **1,80 m** ; si la pellicule est un film de format **24 x 36 mm**, le photographe doit-il prendre la photo en hauteur ou en largeur ?

### EX2/

Un photographe désire prendre en photo l'Arc de Triomphe en se plaçant au milieu des champs Elysées à 500 m de l'Arc. Il utilise un téléobjectif de focale 135 mm qui permet de grossir l'image. La taille du capteur est de 22,2 mm x 14,8 mm.

**1)** calculer la distance séparant la lentille du capteur après la mise au point ; que constate-t-on ? Que peut-on dire de la position de l'objet par rapport à la lentille ?

**2)** Calculer le grandissement du système optique puis en déduire les dimensions de l'image sur le capteur. L'image de l'Arc de Triomphe est-elle entièrement contenue sur le capteur ?



### EX3/

L'objectif d'un appareil photo porte l'inscription  $f = 50 \text{ mm}$ .

1)

**1.1.** Quelle distance sépare le capteur de l'objectif, modélisé par une lentille mince convergente, lorsqu'on photographie un paysage ?

**1.2.** Si le photographe désire prendre ensuite en photo un visage proche de l'appareil, l'objectif s'éloigne-t-il ou se rapproche-t-il du capteur CCD, lors de la mise au point ?

2) Le photographe prend en photo un visage placé à **1,0 m** de l'objectif.

**2.1.** Calculer la distance séparant la lentille du capteur.

**2.2.** De quelle distance se déplace l'objectif lorsque l'on passe d'une mise au point d'un paysage éloigné à une mise au point d'un visage situé à 1,0 m ?

### EX4/

L'objectif d'un appareil photo, modélisé par une lentille mince convergente, a une distance focale de **50 mm**. Cette lentille peut se déplacer suivant son axe optique pour effectuer la mise au point ; le déplacement maximal est égal à **5,0 mm**.

1) A quelle distance du centre optique de la lentille se trouve le capteur lorsque l'on photographie un paysage éloigné ?

2)

**2.1.** Quelle est la distance maximale entre le centre optique de la lentille et le capteur ?

**2.2.** Quelle est, dans cette situation, la distance qui sépare l'objet à photographier de la lentille ?

3) Peut-on avec cet appareil, photographier en gros plan une fleur en plaçant l'objectif à **40 cm** de celle-ci ?

### EX5/

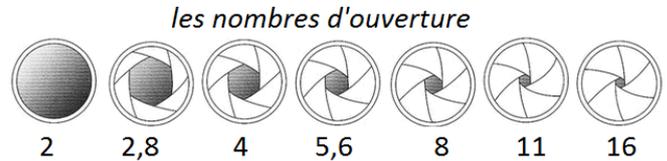
Un objectif « grand angle » est modélisable par une lentille mince convergente de distance focale **28 mm**. Il permet la mise au point des objectifs situés entre **80 cm** et l'infini.

1) Quelle est la distance entre le centre optique de la lentille et le capteur si la mise au point est faite à l'infini ?

2) Même question pour une mise au point à 80 cm

## EX6/ ouverture du diaphragme

Pourquoi les nombre d'ouverture varient-ils si bizarrement ?



1)

**1.1.** Donner la formule permettant de déterminer la surface  $S$  d'un cercle en fonction de son rayon  $r$

**1.2.** Donner la formule permettant de déterminer la surface  $S$  d'un cercle en fonction de son diamètre  $d$

2) Un objectif de focale 50 mm a un nombre d'ouverture  $n = 2$

**2.1.** Calculer le diamètre  $d$  de l'ouverture du diaphragme ; Calculer la surface  $S$  de l'ouverture du diaphragme

**2.2. On désire avoir une surface d'ouverture  $S'$ , 2 fois plus petite que  $S$**

- Calculer la nouvelle surface  $S'$  d'ouverture

- En déduire le diamètre  $d'$  de l'ouverture du diaphragme ; montrer que  $d' = \frac{d}{\sqrt{2}}$

- En déduire le nouveau nombre  $n'$  du diaphragme ; montrer que  $n' = n \times \sqrt{2}$

3) Conclure en recopiant (et en complétant ou en choisissant la bonne proposition) :

Plus le nombre d'ouverture  $n$  est grand, plus le diaphragme a une **grande/petite** surface d'ouverture

Lorsque l'on passe d'un nombre d'ouverture  $n$  à un autre suivant :

- le nombre d'ouverture est **multiplié/divisé** par  $\sqrt{2}$

- le diamètre d'ouverture est **multiplié/divisé** par  $\sqrt{2}$

- la surface ouverte du diaphragme est **multiplié/divisé** par .....

## EX7/ le temps de pose

Un APN possède les temps de pose suivants :

1/2000, 1/1000, 1/500, 1/250, 1/125, 1/60, 1/15, 1/8, 1/4, 1/2, 1

1) Donner la définition du temps de pose

2) Recopier les phrases suivantes, en choisissant la bonne proposition :

Lorsque l'on passe d'un temps de pose à un temps de pose suivant,

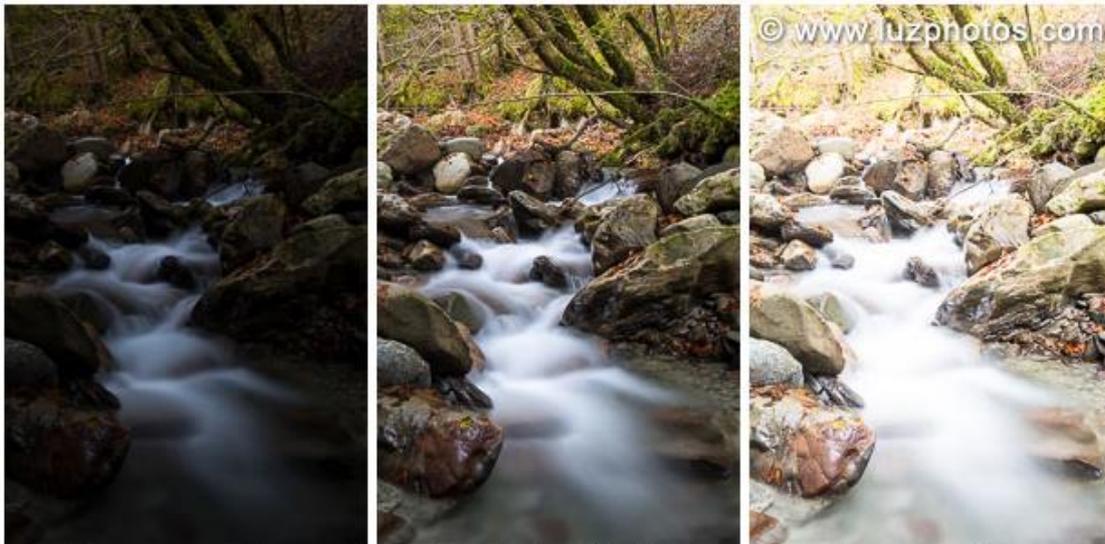
- on **augmente/diminue** le temps de pose

- la durée de l'ouverture est **multiplié/divisé** par .....

## Fiche 4 : Les caractéristiques d'une photo

↳ Quelles sont les principales caractéristiques d'une photo et comment peut-on les modifier ?

### A : L'exposition de la photo



Sous-exposition

Expo. équilibrée

Surexposition

- L'exposition représente la quantité de lumière nécessaire au capteur CCD pour donner une image fidèle et détaillée de la scène photographiée.
- Lorsque le capteur ne reçoit pas assez de lumière, la photo apparaît trop sombre, elle est dite **sous-exposée**.

Lorsque le capteur reçoit trop de lumière, la photo apparaît trop claire, elle est dite **surexposée**.

En photographie, l'exposition est influencée par:

**-l'ouverture du diaphragme**

**- le temps de pose**

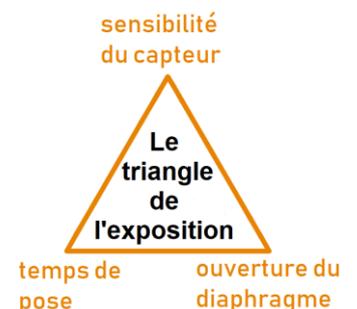
↳ Plus on augmente le diamètre d'ouverture du diaphragme, plus la quantité de lumière qui rentre dans l'appareil est importante.

↳ Plus on augmente le temps de pose, plus la quantité de lumière qui rentre dans l'appareil est importante.

**Donc lorsque l'on augmente le temps de pose, il faut également diminuer le diamètre d'ouverture du diaphragme si l'on ne veut pas une photo surexposée.**

Remarque :

L'exposition d'une photo dépend également de la sensibilité du capteur (valeur donnée en ISO) ; plus la sensibilité est importante, plus le temps nécessaire à l'exposition d'une image diminue

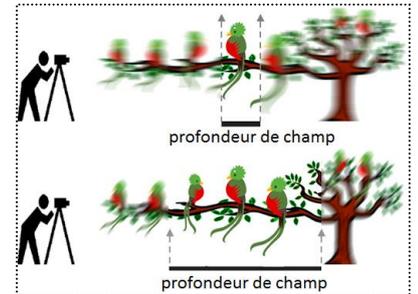
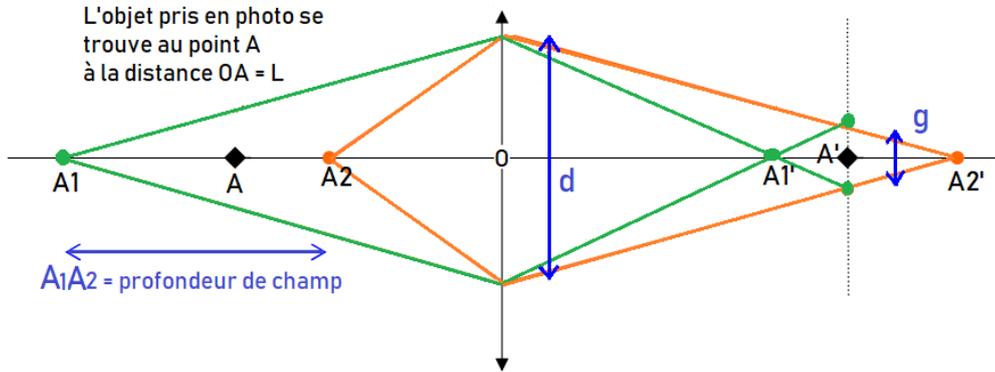




## B : La profondeur de champ

• On désire prendre en photo un objet se trouvant au point A (posons  $OA = L$ ) : la mise au point est faite.

↳ L'image est obtenue nette en  $A'$  qui se trouve sur le capteur.



Un point  $A_1$  (ou un point  $A_2$ ) situé avant (ou après) A formera une tache sur le détecteur.

↳ Si la taille de la tache est inférieure à la taille des cellules du capteur, les images traitées seront nettes. La distance  $A_1A_2$  est appelée profondeur de champ

↳ **La profondeur de champ correspond à la zone de netteté de l'image** : c'est la distance séparant le premier plan net du dernier plan net d'une photographie, c'est la distance  $A_1A_2$

• On peut montrer que la profondeur de champ vérifie la relation :

$$A_1A_2 \approx \frac{2 \times g \times L^2}{d \times f} \quad \text{ou} \quad A_1A_2 \approx \frac{2 \times g \times L^2 \times n}{f^2}$$

Avec :

$g$  = taille des cellules du capteur

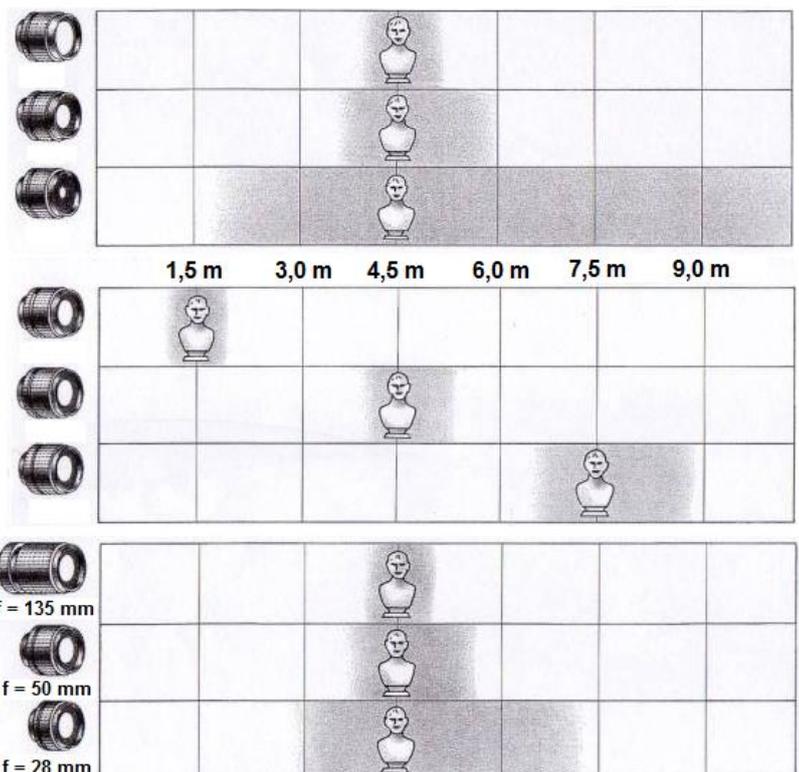
$L$  = distance entre l'objet principal photographié et l'appareil photo

$n$  = ouverture du diaphragme ( $n = \frac{f}{d}$ )

$d$  = diamètre d'ouverture du diaphragme

$f$  = focale de l'objectif

Paramètres ayant une influence sur la profondeur de champ :



▪ Cas (1)

- Les APN ont la même focale.
- Le sujet se trouve à la même distance de l'appareil

▪ Cas (2)

- Les APN ont la même focale.
- Le diaphragme à la même ouverture

▪ Cas (3)

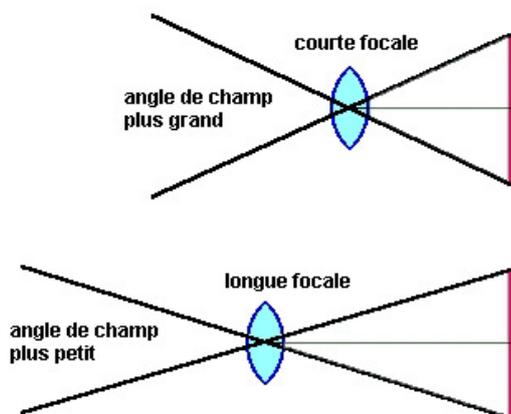
- Le diaphragme à la même ouverture
- Le sujet se trouve à la même distance de l'appareil

## C : L'angle de champ



- L'angle de champ est l'angle maximal que va pouvoir capter le dispositif optique de l'appareil photo. Si cet angle est grand, on photographie une grande zone, s'il est petit, on ne photographie qu'un détail

- Dans les illustrations suivantes, une même scène est photographiée du même endroit mais avec des focales différentes.



f = 12 mm

113°



f = 24 mm

74°



f = 50 mm

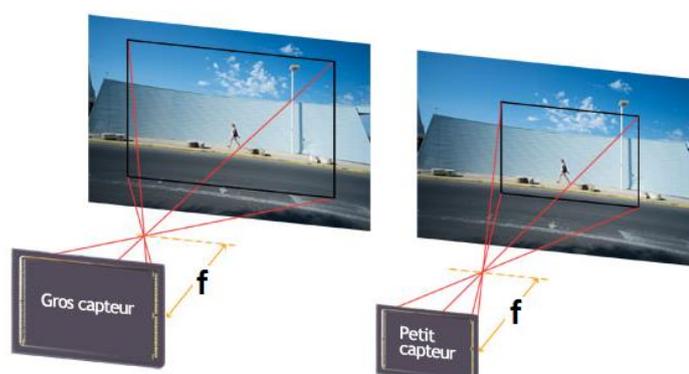
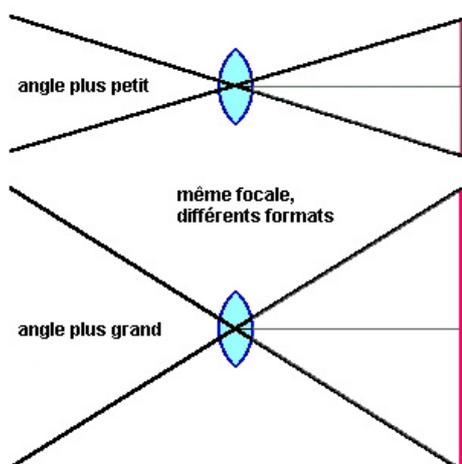
40°



f = 105 mm

19°

- Dans les illustrations suivantes, une même scène est photographiée du même endroit mais avec des capteurs de tailles différentes.



24x36 mm



15,9x23,6 mm



13x17,3 mm



4,6x6,13 mm

## Applications

### EX1/ La profondeur de champ

1)

**1.1.** Donner la définition de la profondeur de champ d'une photo

**1.2.** Recopier les phrases suivantes, en choisissant la bonne proposition :

↳ Lorsque l'on désire que le sujet et l'arrière-plan d'une photo soient nets tous les deux, il faut une **grande/ petite** profondeur de champ

↳ Lorsque l'on désire que le sujet d'une photo se détache sur un arrière-plan flou, il faut une **grande/petite** profondeur de champ

2) Paramètres modifiant la profondeur de champ

**2.1.** D'après les formules donnant la valeur de la profondeur de champ, indiquer les paramètres qui permettent de modifier la profondeur de champ

**2.2.** La figure donnée dans le paragraphe sur la profondeur de champ, permet-elle de confirmer la réponse précédente ?

**2.3.** Recopier les phrases suivantes, en choisissant la bonne proposition :

↳ Plus le nombre d'ouverture du diaphragme est grand, plus la profondeur de champ est **petite/importante**

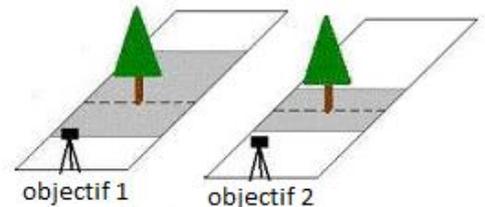
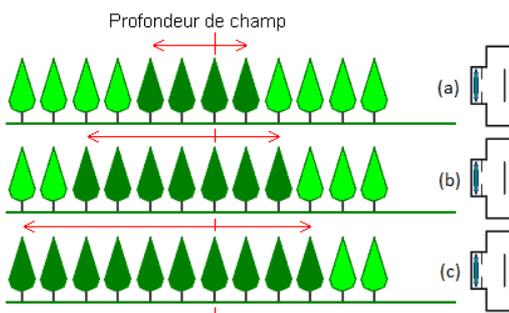
↳ Plus la surface d'ouverture du diaphragme est grande, plus la profondeur de champ est **petite/importante**

↳ Plus le sujet est éloigné de l'appareil, plus la profondeur de champ est **petite/importante**

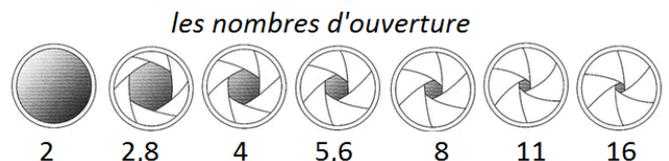
↳ Plus la focale est importante, plus la profondeur de champ est **petite/importante**

3)

**3.1.** Indiquer quel est l'objectif qui a la plus grande distance focale



**3.2.** Indiquer dans quel cas l'ouverture du diaphragme est-elle la plus importante



### EX2/ L'exposition

Les différents temps de pose d'un appareil sont :

**1/2000 ; 1/1000 ; 1/500 ; 1/250 ; 1/125 ; 1/60 ; 1/30 ; 1/15 ; 1/8 ; 1/4 ; 1/2 ; 1**

Les différents nombre d'ouverture de l'appareil sont **2 ; 2,8 ; 4 ; 5,6 ; 8 ; 11 ; 16**

▪ L'exposition H d'une photo est égale au produit de l'éclairement E (= quantité de lumière entrant dans l'appareil photo) par le temps de pose  $\Delta t$  (= durée de l'ouverture du diaphragme)

$$H = E \times \Delta t \text{ avec } E \text{ en lux, } \Delta t \text{ en s et } H \text{ en lux.s}$$

1)

**1.1.** Lorsque l'on passe d'un temps de pose à un suivant, le temps de pose augmente-t-il ou diminue-t-il ? Est-il multiplié par 2 ou divisé par 2 ?

**1.2.** Par quel nombre faut-il multiplier un nombre d'ouverture pour avoir le suivant ? Comment varie alors la surface d'ouverture du diaphragme ?

**1.3.** Si on double le temps de pose  $\Delta t$  d'une photo, comment doit varier la surface d'ouverture du diaphragme (si on désire garder l'exposition H d'une photo constante) ?

**1.4.** Justifier cette affirmation « Quand on double le temps d'exposition, on retrouve les mêmes conditions d'exposition en augmentant d'un cran la valeur du nombre d'ouverture n »

2)

**2.1.** Une photo est prise avec l'ouverture 2,8 et le temps de pose 1/125

- Donner d'autres valeurs de l'ouverture et du temps de pose qui permettent d'avoir la même exposition lumineuse

**2.2.** Une photo a été prise avec le réglage  $n_1 = 5,6$  et le temps de pose  $T_1 = 1/250$ . Si l'ouverture choisie est  $n_2 = 11$  quel temps de pose faut-il choisir pour avoir la même quantité de lumière ?

**EX3/ profondeur de champ et exposition**

Nombre d'ouverture	2	2,8	4	5,6	8	11	16	22
Temps de pose(s)	1/4	1/8	1/16	1/30	1/60	1/125	1/250	1/500



1) Quelle photo a la plus grande profondeur de champ ?

2) Parmi les focales suivantes quelle es celle qui donne la plus grande profondeur de champ ?

A : 15 mm B : 35 mm C : 80 mm D : 150 mm

3) Le photographe utilise un objectif standard pour réaliser la 1ère photo. Le nombre d'ouverture est de 16. Le temps de pose est de 1/60 s. Parmi les réglages suivants quel est le réglage nécessaire pour obtenir la 2ième photo.

A : (125 ; 22) B : (30 ; 11) C : (125 ; 11) D : (30 ; 22) Justifier.

**EX4/ l'angle de champ**

1) Donner la définition de l'angle de champ (ou champ de vision)

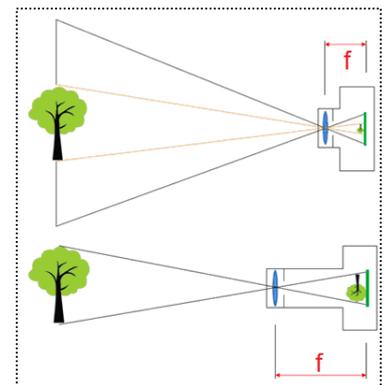
2) Quels sont les 2 paramètres qui modifient l'angle de champ ?

3) Recopier les phrases suivantes, en choisissant la bonne proposition :

↳ Lorsque la focale augmente, le champ de vision **diminue/augmente** et le grossissement est plus **petit/important**

↳ Lorsque la focale diminue, le champ de vision **diminue/augmente** et le grossissement est plus **petit/important**

↳ Pour une même focale, un capteur plus petit a un champ de vision plus **petit/grand**



### EX5/

Un appareil photographique affiche un temps de pose de  $1/500$  s pour une ouverture  $n = 8$ . On modifie les réglages de diaphragme pour la même prise de vue, dans les mêmes conditions d'éclairage.

**1)** Déterminer le temps de pose affiché si le diaphragme est réglé sur  $n = 11$  puis sur  $n = 5,6$ .

**2)**

**2.1.** Analyser la photographie obtenue avec le réglage correspondant au couple ( $1/1000$  s,  $N = 8$ ).

**2.2.** Analyser la photographie obtenue avec le réglage correspondant au couple ( $1/250$  s,  $N = 8$ ).

### EX6/

Un photographe photographie un cycliste qui se déplace à la vitesse de  $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

**1)** Calculer la distance parcourue par le cycliste pendant la prise de vue, si le réglage du temps de pose est de :  $1/30$  s ou  $1/250$  s

**2)** Si on admet qu'un déplacement inférieur à 3 cm environ du cycliste permet une photographie figée, quel réglage de temps de pose peut-on proposer ?

**3)** Deux photographes, situés côte à côte, mettent au point sur le même objet. L'un a « ouvert » à 22, l'autre à 11. Expliquer ce que cela signifie. Lequel a le plus de chance d'obtenir une image nette ? Justifier.

### EX7/

Avec des pellicules (ou capteur) de sensibilités différentes (valeurs en ISO), il faut plus ou moins de lumière pour obtenir une photo correctement exposée. Dans le système ISO, si la valeur en ISO double, il faut deux fois moins de lumière pour obtenir la même exposition de la prise de vue.

**1)** Une pellicule de 100 ISO est-elle plus sensible qu'une pellicule de 200 ISO ? Faut-il augmenter ou diminuer le nombre d'ISO lors de la prise de vue en plein soleil ou à la tombée de la nuit ?

**2)** La quantité de lumière nécessaire pour une bonne exposition d'une photo dépend de la sensibilité de la pellicule et est obtenue par un choix judicieux du nombre d'ouverture  $N$  et du temps de pose  $t$ .

**2.1.** Parmi les associations de valeurs suivantes (voir tableau), certaines sont équivalentes du point de vue exposition de la pellicule ? Lesquelles ? Justifier les réponses.

n	2	2,8	4	5,6	2	2
sensibilité en ISO	100	200	200	200	400	800
t (en s)	$1/125$	$1/125$	$1/500$	$1/30$	$1/125$	$1/1000$

**2.2.** En admettant que ce sont ces groupes de valeurs (déterminées précédemment) qui correspondent à la "bonne exposition", pour quelle situation aura-t-on :

– une photo sur exposée

– une photo sous exposée ?

**3)** Si plusieurs associations ( $N$ ,  $t$  et sensibilité de la pellicule) sont "équivalentes" pour l'exposition de la pellicule, sont-elles pour autant totalement "équivalentes" pour la prise de vue? Justifier la réponse

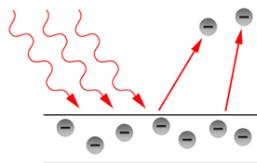
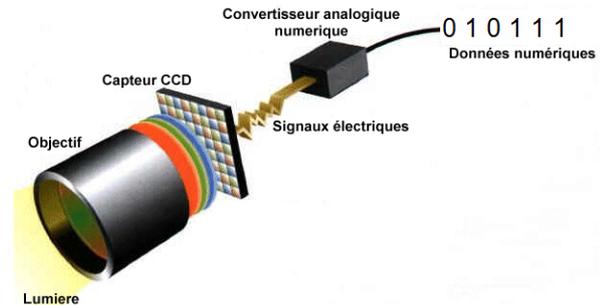
Fiche 5 :

# Le capteur CCD

• Sur les appareils photo numériques, le film argentique des appareils photos argentique est remplacé par un capteur, le capteur CCD ou CMOS. Le capteur est le cœur de l'appareil photo numérique. C'est grâce à ce support que l'on peut enregistrer et voir nos photos sur support informatique.

Etudions ici le capteur CCD...

Le capteur CCD (Charge-Coupled Device ) est un capteur photoélectrique qui convertit une information lumineuse en un signal électrique qui peut être ensuite numérisé.



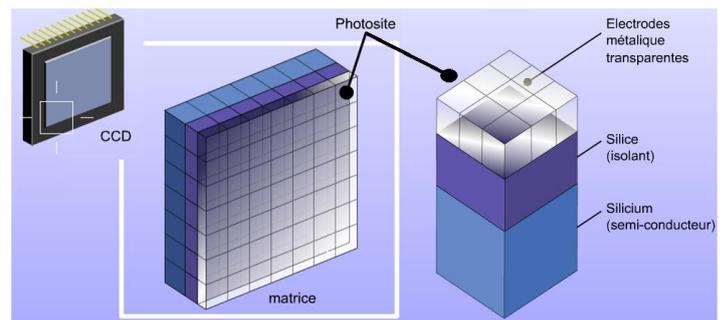
En physique, l'effet photoélectrique désigne l'émission d'électrons par un matériau soumis à l'action de la lumière.

## A : Structure de base d'un capteur CCD

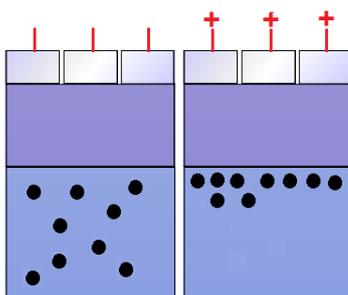
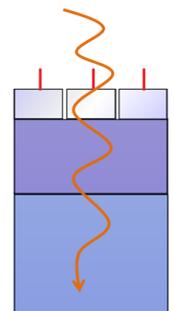
• La surface du capteur CCD est composée d'une multitude de cellules sensibles à la lumière appelées cellules photosensibles ou photosites, de quelques micromètres de côté. Elles sont placées les unes à côté des autres et constituent la matrice du capteur CCD, composée de lignes et de colonnes.

Chaque photosite est composé de 3 couches :

- La couche inférieure est composée d'un semi-conducteur : le silicium
- La couche intermédiaire en silice est un isolant thermique
- La couche supérieure, exposée à la lumière est composée d'électrodes métalliques transparentes



• Lorsqu'un rayon lumineux atteint un photosite, il traverse les électrodes et l'isolant transparent à la lumière. Les photons lumineux percutent les atomes de silicium présents dans la couche inférieure. L'énergie des photons permet alors d'arracher des électrons aux atomes de silicium. Ces électrons sont alors libres et se déplacent aléatoirement dans le silicium.



électrons arrachés des atomes de silicium par les photons incidents

Un potentiel positif appliqué aux électrodes permet d'attirer et de stocker tous les électrons libres dans la zone haute de la sous couche semi-conductrice, l'isolant électrique intermédiaire les empêchant de rejoindre les électrodes.

Plus un photosite reçoit de lumière donc de photons, plus il a d'électrons piégés : **il reste à dénombrer ces électrons pour connaître la quantité de lumière qui a atteint la cellule !!**

## B : Le transfert des charges dans le capteur

- CCD signifie en français *Dispositif à Transfert de Charge*.

En effet, le fonctionnement du CCD fait intervenir le stockage et le transfert de charges électriques : le dispositif stocke et déplace des électrons.

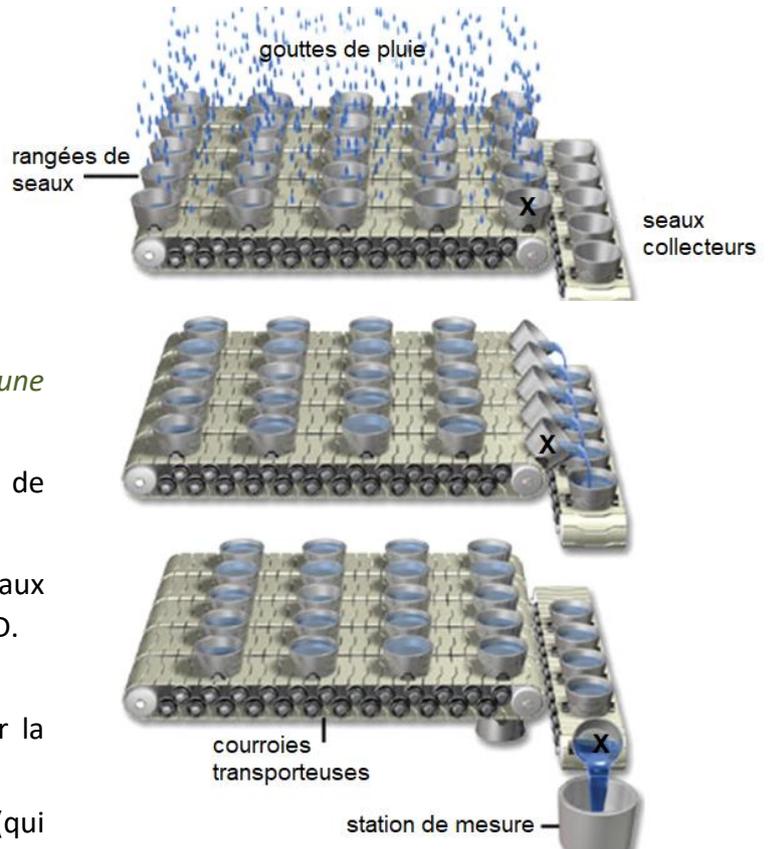
↳ *Comment le système compte-t-il les électrons dégagés par l'action de la lumière ?*

Pour comprendre le fonctionnement d'un CCD, faisons **une petite parenthèse « pluviométrique » !**

*Afin de déterminer la quantité d'eau que reçoit chaque m<sup>2</sup> d'un grand champ, on répartit régulièrement des seaux en les alignant parfaitement.*

*Pendant la pluie, l'eau s'accumule dans les seaux.*

*Lorsque la pluie cesse, des courroies transportent les rangées de seaux. Quand une rangée atteint l'extrémité du champ, les seaux se déversent dans d'autres seaux collecteurs qui transportent l'eau à une station de mesure où le contenu est mesuré.*



*évaluation de la quantité d'eau récupérée dans le seau X*

Et maintenant revenons à notre matrice de photosites...

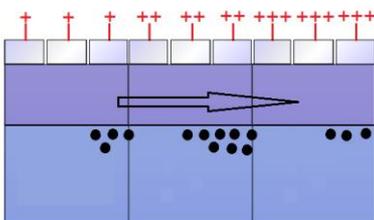
- Les gouttes de pluie qui s'accumulent dans les seaux sont analogues aux photons entrants frappant le CCD.

Les photosites remplacent les seaux.

Le système de pluviométrie permet de déterminer la quantité d'eau qui tombe sur chaque m<sup>2</sup> du terrain.

Le capteur CCD va, grâce à ses photosites (qui remplacent les seaux), déterminer la quantité de lumière qui arrive sur chaque cellule, en comptant les électrons dégagés dans le silicium.

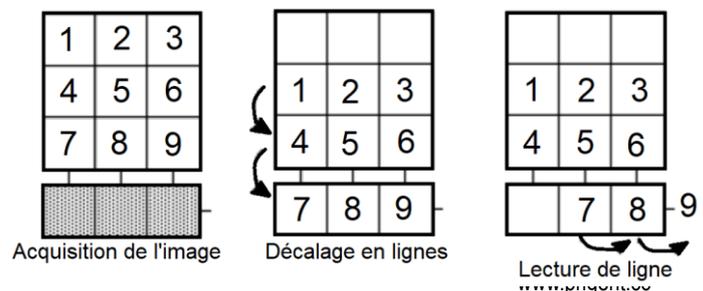
Une fois la pose terminée, les électrons piégés sont déplacés de cellule en cellule jusqu'à un dispositif de comptage : **c'est le transfert des charges**



*les électrons se déplacent de photosite en photosite grâce à la variation des potentiels des électrodes*

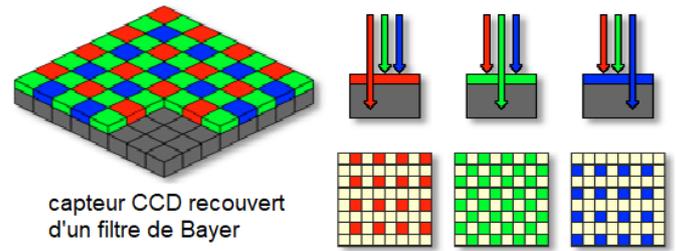
Les électrodes permettent de transférer les électrons d'une cellule à une autre. En faisant varier le potentiel des électrodes alternativement d'un potentiel faible à un potentiel plus fort, celles-ci peuvent successivement attirer les électrons. Il est ainsi possible de transférer par paquets les électrons de chacune des cellules afin d'en déterminer la charge.

- Ensuite, le convertisseur analogique/numérique convertit le signal analogique donné par le capteur en données binaires.



## C : La restitution des couleurs

- Un pixel, plus petit point d'une image, peut avoir une certaine couleur. Un pixel est normalement composé de 3 sous-pixels, chacun capable de restituer une variance de la couleur primaire qui lui est attribuée : rouge, vert et bleu. La couleur du pixel change en fonction de l'intensité de chaque sous-pixel par synthèse additive.



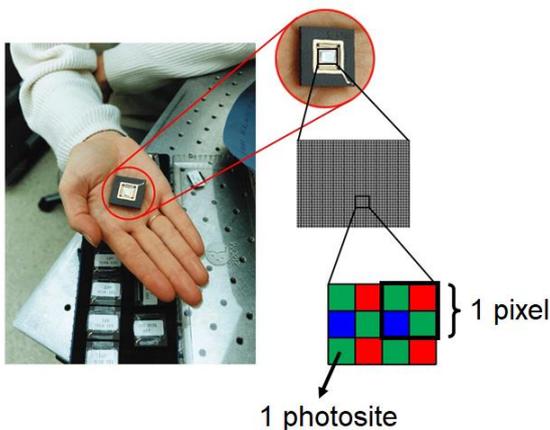
- Pour que le capteur CCD puisse créer une image en couleur, il lui faut posséder plusieurs photosites pour un pixel et que chaque photosite n'accumule que la lumière d'une couleur primaire. Ainsi, par synthèse additive, on obtiendrait une couleur pour le pixel.

On dispose donc sur la surface de la matrice du CCD, un filtre (Filtre de Bayer) afin que chaque photosite ne reçoive qu'une composante (rouge, bleue ou verte) de la lumière blanche.

Dans le cas d'un capteur CCD, 4 photosites formeront le pixel de l'image

Un pixel est donc maintenant composé de 4 surfaces photosensibles : un photosite sensible (grâce au filtre) au bleu, un photosite sensible au rouge et 2 photosites sensibles au vert.

Afin que l'image restituée par le capteur soit la plus proche possible de l'image vue par l'œil (qui est plus sensible au vert), le capteur possède 2 photosites verts.



## D : La taille des capteurs et des pixels



- Sur le marché « grand public », on trouve plusieurs tailles de capteur, qui vont de 24x36mm pour les reflex, à 4,6x6,13 mm pour certains compacts.

- La taille du capteur a une incidence directe sur l'angle de champ de l'objectif que l'on utilise. Un grand capteur a ainsi un plus grand angle de champ qu'un capteur plus petit avec un objectif identique. La profondeur de champ est également plus petite avec un grand capteur de 24x36mm.

- La taille du capteur a une influence sur la taille des pixels.

Ainsi si un capteur numérique possède 24 millions de pixels, on peut montrer que sur un capteur 24x36 mm, la taille du pixel sera d'environ 6  $\mu\text{m}$  alors que sur un capteur 15,9x23,6 mm, sa taille sera d'environ 4  $\mu\text{m}$ .

- Lorsque les pixels sont plus petits, il apparait un effet de grain sur les photos lors de l'agrandissement (cet effet est appelé « *bruit numérique* »)



## E : Définition et résolution

- Les termes résolution et définition sont souvent confondus ; il y a pourtant une différence !
  - ↳ **La définition** d'une image (ou d'un capteur) s'exprime en pixels : c'est le nombre de pixels contenus dans l'image.  
Ainsi un capteur d'APN qui produit 4000 pixels sur le grand côté de l'image et 3000 sur le petit côté aura donc une définition de  $6000 \times 4000 = 24\ 000\ 000 = 24$  millions de pixels
  - ↳ **La résolution** est un nombre de pixels par pouce.  
Elle s'exprime en trois unités équivalentes :
    - En dpi (Dots Per Inch),
    - En ppi (Points Per Inch)
    - En ppp (Points Par Pouce)

*Remarque : sachant qu'un pouce est égal à 2,54 cm, on peut calculer une résolution en pixels par centimètre (bien que ce ne soit pas dans les habitudes !)*

*Ainsi pour une résolution de 200 dpi on aurait 79 pixels par cm*