

Chapitre 17

Images et couleurs

17.1 Image d'un objet par une lentille convergente	120
17.1.1 Représentation d'une lentille convergente	120
17.1.2 Propriétés d'une lentille convergente	120
17.1.3 Construction de l'image d'un objet à travers une lentille convergente	121
17.1.4 Relation de conjugaison et grandissement	122
17.1.5 Modèle de l'oeil	122
17.2 Couleurs	123
17.2.1 Détection des couleurs par l'oeil	123
17.2.2 Interaction objet-lumière	124
17.2.3 Synthèse additive	124
17.2.4 Synthèse soustractive	124
17.2.5 Couleur perçue d'un objet	124

DANS ce second chapitre, on se propose d'étudier la physique des images et des couleurs. Il sera vu une partie appelée optique géométrique, qui consiste à définir comment se forme l'image d'un objet à travers une lentille convergente. Puis nous verrons la notion de couleur, les propriétés de la lumière qui lui sont associées, et comment l'on peut former les différentes couleurs par synthèse additive ou soustractive.

17.1 Image d'un objet par une lentille convergente

Une **lentille mince** est un élément optique constitué d'un milieu transparent (comme le verre) avec des faces qui peuvent être planes ou sphériques. Son rôle est de dévier la trajectoire des rayons lumineux qui la traversent. Il existe des lentilles **convergentes** et **divergentes**. Nous nous contenterons d'étudier ici les lentilles minces convergentes.

17.1.1 Représentation d'une lentille convergente

Une lentille convergente est définie par son **centre optique** O , son **foyer objet** F et son **foyer image** F' . On représente la lentille convergente par une double flèche verticale, perpendiculaire à l'**axe optique** qui joue le rôle d'axe de symétrie de la lentille. Il passe donc par le centre optique.

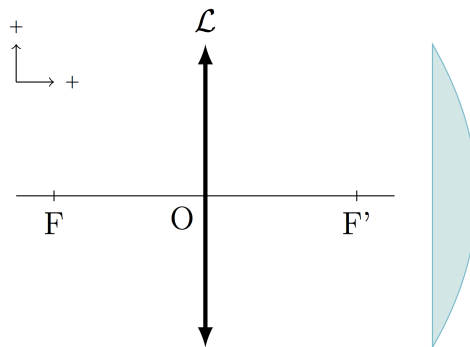


Figure 17.1 – Représentation schématique d'une lentille convergente

17.1.2 Propriétés d'une lentille convergente

- Tout rayon passant par le centre optique O n'est pas dévié.
- Tout rayon passant par le foyer objet F ressort de la lentille parallèle à l'axe optique.
- Tout rayon parallèle à l'axe optique ressort de la lentille en passant par le foyer image F' .

On appelle **distance focale** f' (en m) la distance séparant le foyer objet du centre optique (ou le centre optique du foyer image). On définit également la **vergence** C (en **dioptries** δ) qui est l'inverse de la distance focale **exprimée en mètres**.

Distance focale et vergence

$$f' = OF = OF'$$

f' la distance focale (en m)

$$C = \frac{1}{f'}$$

C la vergence (en dioptries δ)

Comme on peut le voir sur la figure 17.1, les axes sont orientés positivement vers le haut et vers la gauche. La conséquence de cela est que toutes les grandeurs utilisées en optique géométrique sont des **grandeurs algébriques**. Une grandeur algébrique \overline{AB} possède une norme (la longueur AB) et un sens (de A vers B).

17.1.3 Construction de l'image d'un objet à travers une lentille convergente

Soit un objet AB situé en amont d'une lentille convergente. Pour construire l'image $A'B'$ de cet objet à travers la lentille, il suffit d'utiliser 2 des 3 rayons remarquables définis précédemment. De plus, il est important d'**orienter** les rayons lumineux. Si l'image peut être formée sur un écran derrière la lentille, on dit alors que l'image est **réelle et renversée**. On a alors $\overline{OA'} > 0$. Si l'image se forme du même côté que l'objet, on dit qu'elle est **virtuelle et droite**, et alors $\overline{OA'} < 0$.

Il existe quatre cas de figures à bien connaître :

- L'objet est situé à l'infini
- L'objet est situé avant le plan focal objet
- L'objet est situé dans le plan focal objet
- L'objet est situé entre le plan focal objet et la lentille

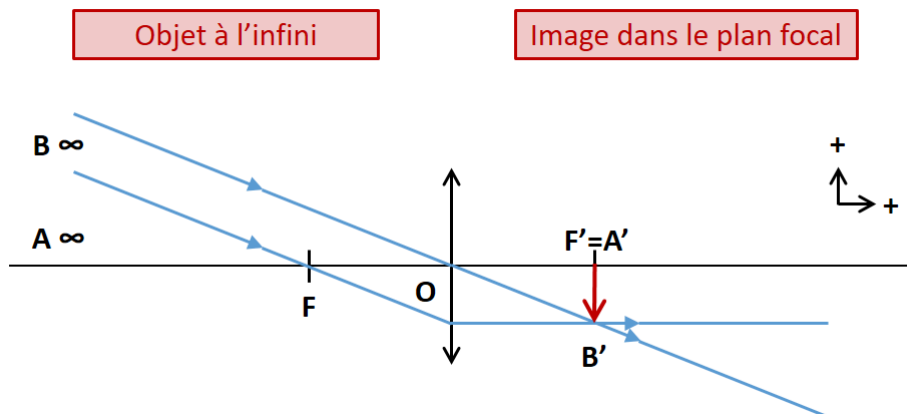


Figure 17.2 – Image à travers une lentille convergente d'un objet situé à l'infini

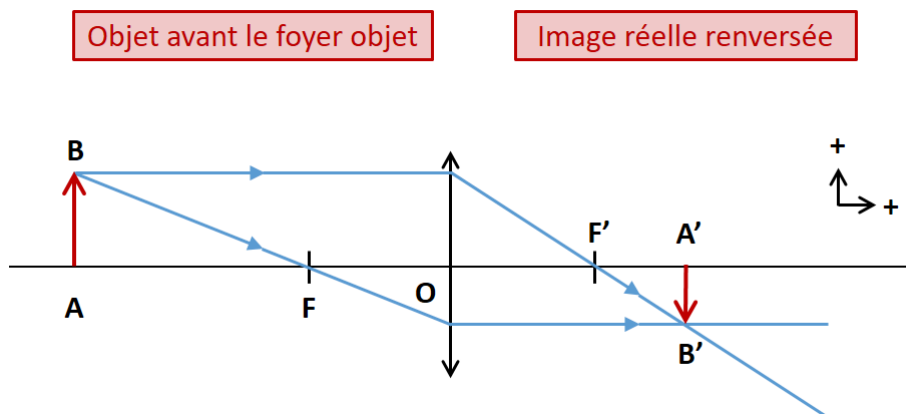


Figure 17.3 – Image à travers une lentille convergente d'un objet situé avant le plan focal objet

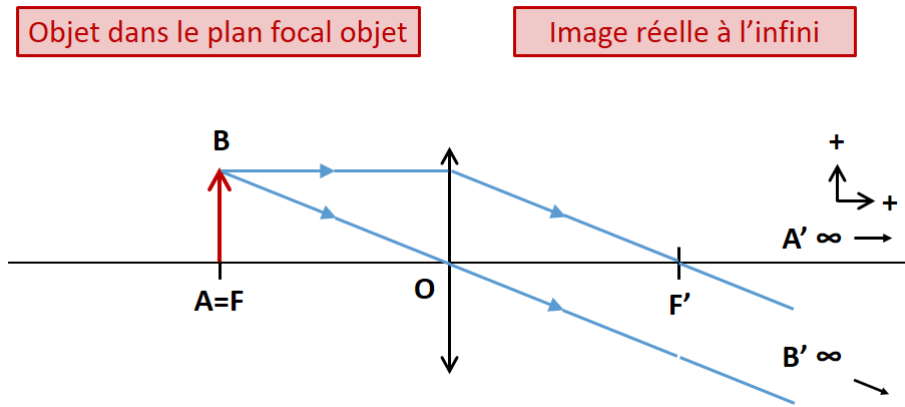


Figure 17.4 – Image à travers une lentille convergente d'un objet situé dans le plan focal objet

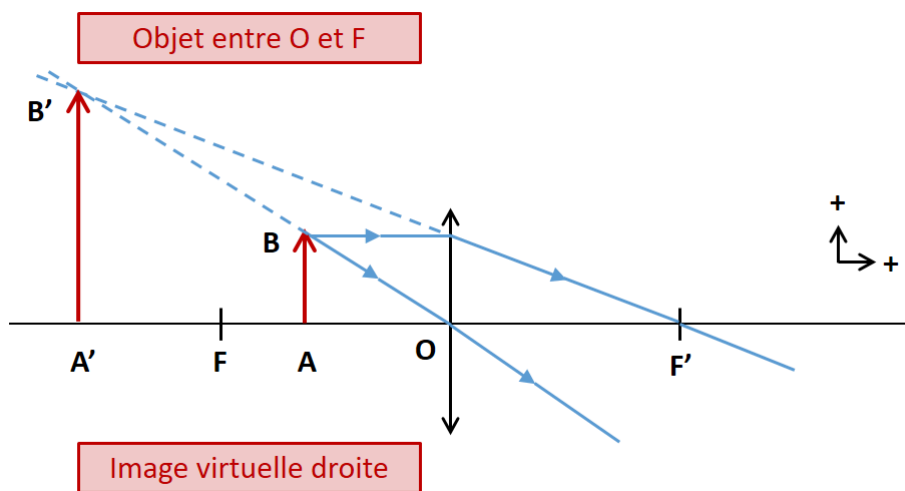


Figure 17.5 – Image à travers une lentille convergente d'un objet situé entre le plan focal et la lentille

17.1.4 Relation de conjugaison et grandissement

Maintenant que l'on sait comment tracer l'image d'un objet à travers une lentille convergente, il convient d'aborder une approche quantitative. Pour cela, il existe deux relations fondamentales en optique géométrique : la **relation de conjugaison** et le **grandissement**.

Relation de conjugaison

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

Grandissement

$$\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA} \quad (17.1)$$

- Si $\gamma > 0$, l'image est droite
- Si $\gamma < 0$, l'image est renversée
- Si $|\gamma| > 1$, l'image est plus grande que l'objet (agrandissement)
- Si $|\gamma| < 1$, l'image est plus petite que l'objet (réduction)

17.1.5 Modèle de l'oeil

L'oeil, d'un point de vue optique géométrique, est constitué essentiellement de trois éléments importants : l'**iris**, le **cristallin** et la **rétine**. Ces éléments jouent respectivement le rôle de **diaphragme**, **lentille convergente** et d'**écran**.

La distance entre le cristallin et la rétine reste constante. En revanche, il est possible de modifier la courbure du cristallin, ce qui revient à modifier la distance focale de la lentille. C'est le phénomène d'**accommodation**. C'est ce qui nous permet de voir net un texte que l'on regarde d'assez près et qui nous paraît flou initialement. Bien sûr, il y a une limite et l'on ne peut accommoder que sur une zone bien définie.

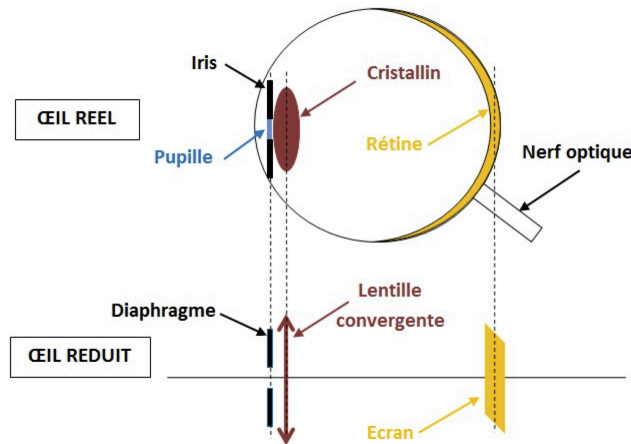


Figure 17.6 – Schéma de l'œil réel et de l'œil dans son modèle réduit

17.2 Couleurs

La couleur que l'on perçoit d'un objet résulte d'un ensemble de paramètres tels que la nature de la source de lumière, de notre œil, ainsi que du fait que l'objet ait absorbé et/ou diffusé la lumière provenant de la source. Nous allons décrire l'ensemble de ces différents phénomènes dans cette section.

17.2.1 Détection des couleurs par l'œil

La rétine de l'œil est constituée de **photodétecteurs**. Ce sont des cellules **photosensibles** (sensibles à la lumière) et il en existe deux types :

- Les **bâtonnets**, insensibles à la couleur mais sensibles aux faibles luminosités. Ils assurent la vision nocturne.
- Les **trois cônes**, sensibles aux luminosités des **couleurs primaires : Rouge, Vert et Bleu** (cf. figure 17.7)

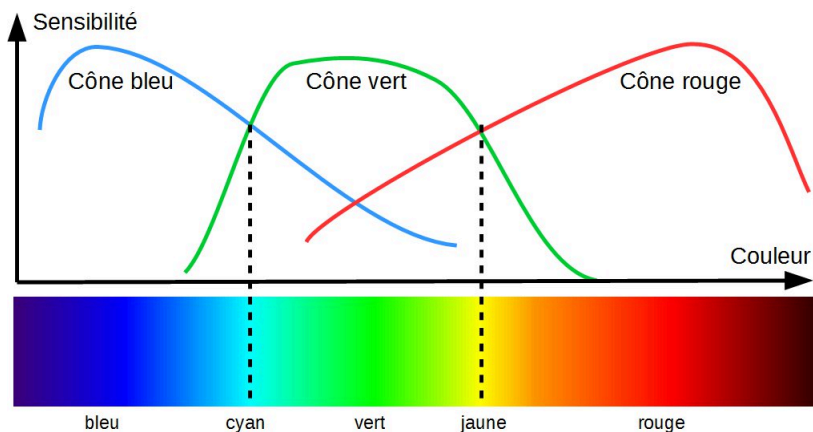


Figure 17.7 – Sensibilité des trois cônes de la rétine

Le cerveau interprète la couleur de l'objet en fonction de l'intensité avec laquelle sont stimulés chacun des trois cônes. Le **daltonisme** est une anomalie qui affecte la perception des couleurs à cause de la déficience d'un ou plusieurs cônes.

17.2.2 Interaction objet-lumière

Lorsqu'un objet reçoit de la lumière provenant d'une source, il peut, en fonction notamment de sa taille, interagir plus ou moins avec cette lumière. On peut rencontrer les phénomènes de **transmission**, **diffusion** et **absorption** de la lumière.

- On parle de **transmission** lorsque l'objet "laisse" passer la lumière sans interagir avec,
- de **diffusion** lorsque l'objet émet la lumière qu'il reçoit dans toutes les directions ou presque,
- et d'**absorption** lorsque l'objet absorbe l'énergie de la radiation lumineuse et la convertit sous une autre forme d'énergie.

17.2.3 Synthèse additive

Chaque couleur correspond à une radiation monochromatique, c'est-à-dire constituée d'une unique longueur d'onde. Les **couleurs primaires** sont le **rouge**, le **vert** et le **bleu**.

La synthèse additive consiste à superposer deux ou trois couleurs primaires pour obtenir une autre couleur. La figure 17.8 montre les différentes couleurs que l'on peut obtenir. Ce procédé est celui utilisé pour les écrans de télévision ou d'ordinateur.

17.2.4 Synthèse soustractive

Par opposition, la synthèse soustractive consiste à partir d'une source de lumière blanche (donc composée de toutes les couleurs), et de placer sur son trajet un ou plusieurs filtres colorés qui **absorbent** partiellement ou totalement une ou plusieurs couleurs. Les couleurs primaires de la synthèse soustractive sont le **cyan**, le **magenta** et le **jaune**. Ce sont les **couleurs complémentaires** du rouge, du vert et du bleu.

Ce procédé est par exemple utilisé dans les imprimantes.

La figure 17.8 suivante résume les couleurs obtenues par synthèse additive et soustractive.

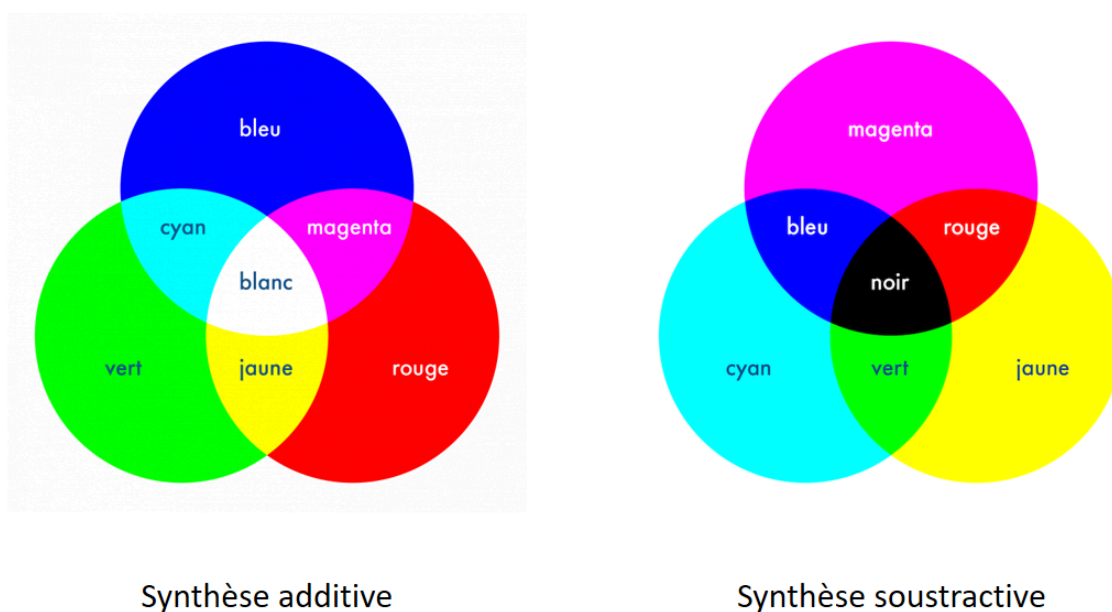


Figure 17.8 – Schéma bilan des couleurs obtenues par synthèse additive et soustractive

17.2.5 Couleur perçue d'un objet

La couleur perçue d'un objet est le fruit de la couleur **diffusée** par celui-ci. Elle dépend donc des couleurs provenant de la source de lumière et de celle(-s) qu'il absorbe(-ent).

Le tableau de la figure 17.9 résume les différentes possibilités de couleurs perçues en fonction de la

couleur de l'objet et de celle de la source de lumière (les initiales R, V, B, C, M, J, W, N désignent respectivement les couleurs Rouge, Vert, Bleu, Cyan, Magenta, Jaune, Blanc et Noir).

Objet éclairé	Couleur des sources de lumière							
	R	V	B	C	M	J	W	N
R	R	N	N	N	R	R	R	N
V	N	V	N	V	N	V	V	N
B	N	N	B	B	B	N	B	N
C	N	V	B	C	B	V	C	N
M	R	N	B	B	M	R	M	N
J	R	V	N	V	R	J	J	N
W	R	V	B	C	M	J	W	N
N	N	N	N	N	N	N	N	N

Figure 17.9 – Bilan de la couleur perçue d'un objet en fonction de la source de lumière et de la couleur réelle de l'objet