

LP 10 – Images et couleurs

Manon LECONTE - ENS de Lyon

Dernière mise à jour : 7 juillet 2020

Merci à Arthur Lasbleiz, Solène Legrand, Hélène Piot-Durand-Lecomte et Joachim Galiana pour leur précieuse aide.

Mots-clé : image réelle, image virtuelle, relation de conjugaison, grandissement, synthèse additive, synthèse soustractive, absorption, transmission, diffusion, cônes.

Niveau : 1^{re} enseignement de spécialité

Pré-requis :

- Théorème de Thalès [collège]
- Valeur absolue [2^{de}]
- Réflexion optique [2^{de}]
- Lien entre couleur et longueur d'onde [2^{de}]
- Objets optiques (lentille convergente, objet, image, diaphragme, écran), grandeurs algébriques et tracé des rayons [1^{re}]
- Compétence expérimentale : autocollimation [1^{re}]

Bibliographie :

- *Physique-Chimie 1^{re}* , Belin [Niveau : ★]
- *Physique-Chimie 1^{re}* , Lelivrescolaire [Niveau : ★]
- *Physique-Chimie 2^{de}* , Lelivrescolaire [Niveau : ★]
- Taillet, *Dictionnaire de physique* [Niveau : ★★]
- Description de l'œil, unisciel [Niveau : ★★★]

Plan proposé

I - Image d'un objet par une lentille convergente	3
A/ Formation de l'image	3
B/ Relations de conjugaison et de grandissement	4
II - Couleurs	5
A/ Synthèses additive et soustractive	5
B/ Couleur perçue d'un objet	6
III - La vision humaine	7
A/ Modélisation de l'œil	7
B/ Vision des couleurs	7

Liste de matériel

Vérification de la relation de conjugaison

- Un banc optique gradué ;
- Une source de lumière ;
- Des objets de tailles différentes (des lettres gravées par exemple) ;
- Une lentille mince convergente de distance focale 20 cm ;
- Des supports pour chaque objet optique ;
- Un miroir ;
- Un écran.

Introduction pédagogique

Les élèves ont déjà vu en seconde les lois de Snell-Descartes et l'action d'un prisme sur un rayonnement lumineux. En 1^{re}, on va plus loin dans l'optique géométrique en présentant la formation d'une image par une lentille et les couleurs.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
A) Images et couleurs	
Relation de conjugaison d'une lentille mince convergente. Grandissement. Image réelle, image virtuelle, image droite, image renversée. Couleur blanche, couleurs complémentaires. Couleur des objets. Synthèse additive, synthèse soustractive. Absorption, diffusion, transmission. Vision des couleurs et trichromie.	Exploiter les relations de conjugaison et de grandissement fournies pour déterminer la position et la taille de l'image d'un objet-plan réel. Déterminer les caractéristiques de l'image d'un objet-plan réel formée par une lentille mince convergente. <i>Estimer la distance focale d'une lentille mince convergente.</i> <i>Tester la relation de conjugaison d'une lentille mince convergente.</i> <i>Réaliser une mise au point en modifiant soit la distance focale de la lentille convergente soit la géométrie du montage optique.</i> Capacités mathématiques : Utiliser le théorème de Thalès. Utiliser des grandeurs algébriques. Choisir le modèle de la synthèse additive ou celui de la synthèse soustractive selon la situation à interpréter. Interpréter la couleur perçue d'un objet à partir de celle de la lumière incidente ainsi que des phénomènes d'absorption, de diffusion et de transmission. Prévoir le résultat de la superposition de lumières colorées et l'effet d'un ou plusieurs filtres colorés sur une lumière incidente. <i>Illustrer les notions de synthèse additive, de synthèse soustractive et de couleur des objets.</i>

Figure 1 – Extrait du programme de physique-chimie de première générale.

Difficultés :

- spécifique à l'année 2020 : les élèves n'ont pas vu en seconde la présentation des lentilles, le tracé des rayons et le modèle de l'œil. Il faudra donc ajouter un cours introductif pour présenter ces notions avant de commencer ce cours ;
- appréhender la notion d'image virtuelle → exemple de la loupe ;
- différencier synthèse additive et synthèse soustractive et savoir pour chaque exemple laquelle est en jeu ;
- comprendre que la couleur d'un objet n'est pas absolue et qu'elle dépend du rayonnement incident.

Exemples de TD :

- déterminer une distance focale ou la taille d'un objet à partir des relations de conjugaison et de grandissement ;
- déterminer à quel phénomène est due la couleur d'un objet ;
- analyse de documents sur l'imprimante couleur.

Exemples de TP :

- tester la relation de conjugaison d'une lentille mince convergente ;

- réaliser une mise au point en modifiant soit la distance focale de la lentille convergente soit la géométrie du montage optique ;
- obtenir un rayon lumineux d'une certaine couleur à partir de filtres colorés.

Introduction

Les objets optiques qui ont été présentés au cours précédent et en seconde permettent d'expliquer pourquoi l'œil sain (on dit alors **emmétrope**) voit net et en couleur. C'est justement l'objet du présent cours.

Avant de modéliser l'œil, on montrera comment obtenir une image nette à l'aide d'un dispositif optique et à quoi est due la couleur d'un objet.

- Objectifs** – Déterminer l'origine de la couleur d'un objet.
Comprendre le fonctionnement de l'œil pour former une image nette et colorée.

I - Image d'un objet par une lentille convergente

A/ Formation de l'image

Considérons le dispositif optique suivant :

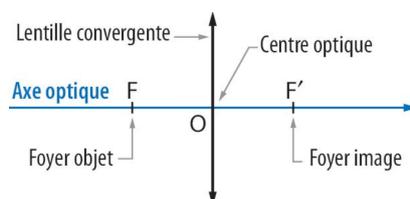


Figure 2 – Dispositif optique composé d'une lentille convergente et d'un écran (**Source** : Belin (p. 316)).

On peut former deux types d'images en fonction de la place de l'objet par rapport au foyer objet de la lentille convergente :

- si l'objet est situé **avant le foyer objet** sur l'axe optique, on forme une **image réelle**, située dans l'espace image, après la lentille convergente sur l'axe optique. Cette image est nécessairement **renversée**, c'est-à-dire dans le sens opposé à celui de l'objet.
- si l'objet est situé **entre le foyer objet et le centre optique** sur l'axe optique, on forme une **image virtuelle**, située dans l'espace objet, avant la lentille convergente sur l'axe optique. Elle ne peut donc pas être observée sur un écran. Cette image est nécessairement **droite**, c'est-à-dire dans le même sens que celui de l'objet, et plus grande que l'objet.

- Remarque** – Les images virtuelles ne le sont pas tant que ça ! C'est grâce à elles que l'on peut agrandir des objets avec une loupe.

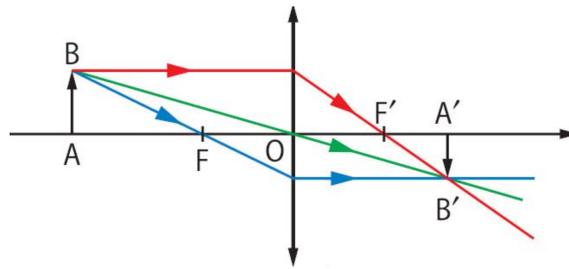


Figure 3 – Formation d'une image réelle à travers une lentille convergente (Source : Belin (p. 316)).

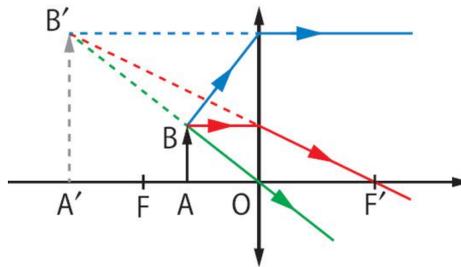


Figure 4 – Formation d'une image virtuelle à travers une lentille convergente (Source : Belin (p. 316)).

B/ Relations de conjugaison et de grandissement

Il existe des relations entre la distance focale et les tailles des images et objets, qui ne sont pas à connaître en classe de 1^{re} mais qui peuvent être utilisées dans des exercices.

Définition – Relation de conjugaison :

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

Attention ! Il faut que f' , $\overline{OA'}$ et \overline{OA} soient exprimées dans la même unité, par exemple en mètres. De plus, $\overline{OA'}$ et \overline{OA} sont des grandeurs algébriques !

On peut vérifier cette relation par l'expérience en mesurant la taille des images réelles formées par des objets de différentes tailles à travers une même lentille convergente. Pour cela, il faut préalablement déterminer la distance focale d'une lentille par autocollimation.

Pour qu'une image soit nette, il faut qu'elle se forme sur un écran ou sur l'œil de l'observateur : il faut que la distance OA coïncide avec la distance entre la lentille et l'écran/l'œil. On voit à travers la relation de conjugaison que l'on peut obtenir une image nette à partir d'une image floue en modifiant la position de l'écran, ou en modifiant la position de la lentille sans toucher ni à l'objet ni à l'écran.

Définition – Relation de grandissement : on définit le **grandissement** γ ,

grandeur sans unité, comme :

$$\gamma = \frac{\overline{AB'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \quad (2)$$

On peut facilement retrouver cette relation avec le théorème de Thalès.

Cette relation permet de prévoir la nature de l'image formée :

- si $\gamma < 0$, l'image formée est renversée ;
- si $\gamma > 0$, l'image formée est droite ;
- si $|\gamma| > 1$, l'image formée est plus grande que l'objet ;
- si $|\gamma| < 1$, l'image formée est plus petite que l'objet.

II - Couleurs

A/ Synthèses additive et soustractive

| **Définition – Synthèse additive** : superposition de lumières colorées.

Les trois **couleurs primaires** associées à la synthèse additive sont le rouge, le vert et le bleu. C'est pour cela qu'on parle de pixels ou d'écrans RGB pour dire qu'ils sont colorés. En effet, à partir de ces trois couleurs primaires, on peut recréer toutes les couleurs. On associe à ces couleurs primaires des **couleurs complémentaires** : le cyan, le magenta et le jaune respectivement. Enfin, la superposition des trois couleurs primaires ou d'une couleur primaire et de sa couleur complémentaire conduit à du blanc. C'est ainsi que l'on crée de la lumière blanche.

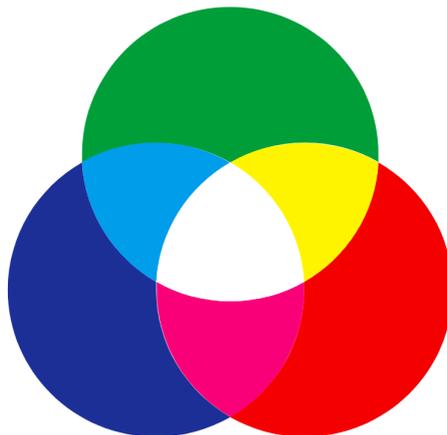


Figure 5 – Les couleurs primaires et leurs couleurs complémentaires en synthèse additive (Source : Lelivrescolaire, 1^{re} (p. 347)).

| **Animation – Synthèse additive des couleurs** (Source : PhET).

Définition – Synthèse soustractive : superposition de filtres colorés sur une même source de lumière.

Les filtres absorbent leur couleur complémentaire (c'est ce que l'on va voir dans le prochain paragraphe), ce qui conduit à une inversion des couleurs primaires et complémentaires par rapport à la synthèse additive. C'est cette synthèse qui est utilisée en peinture et c'est pourquoi les encres colorées des imprimantes sont de couleurs cyan, magenta et jaune. La superposition de ces trois couleurs primaires donne cette fois du noir.

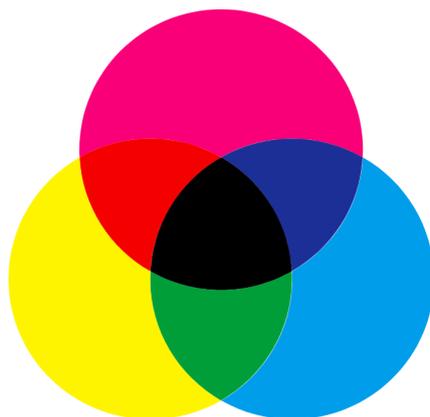


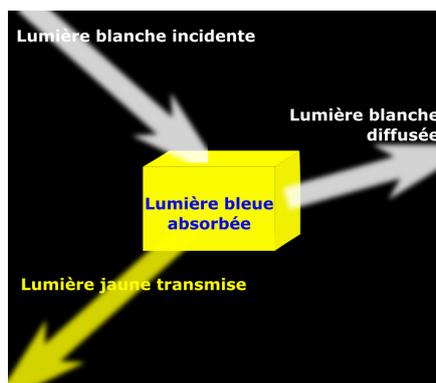
Figure 6 – Les couleurs primaires et leurs couleurs complémentaires en synthèse soustractive (**Source** : Lelivrescolaire, 1^{re} (p. 347)).

| **Animation** – Synthèse soustractive des couleurs (**Source** : labosims).

B/ Couleur perçue d'un objet

Tout objet interagit avec une lumière incidente suivant trois phénomènes :

- **absorption** : l'objet absorbe tout ou partie de la lumière incidente. Si un objet est coloré, il absorbe sa couleur complémentaire ;
- **transmission** : l'objet transmet tout ou partie de la lumière incidente. Si un objet est coloré, il transmet sa couleur ;
- **diffusion** : l'objet réfléchit la lumière incidente dans toutes les directions.



Ainsi, la couleur que l'on perçoit d'un objet n'est pas nécessairement sa propre couleur. On ne perçoit que les couleurs qu'il transmet et qu'il diffuse.

| **Animation** – Perception de la couleur d'un objet (**Source** : labosims).

On peut ainsi, par un jeu de lumière, faire apparaître un objet d'une autre couleur que la sienne.

III - La vision humaine

A/ Modélisation de l'œil

L'œil est un dispositif optique, puisqu'il nous permet d'observer des images. On peut le modéliser de manière simplifiée par l'association d'un diaphragme (iris), d'une lentille convergente (cristallin) et d'un écran (rétine) situé au foyer focal image de la lentille (à 23 mm).

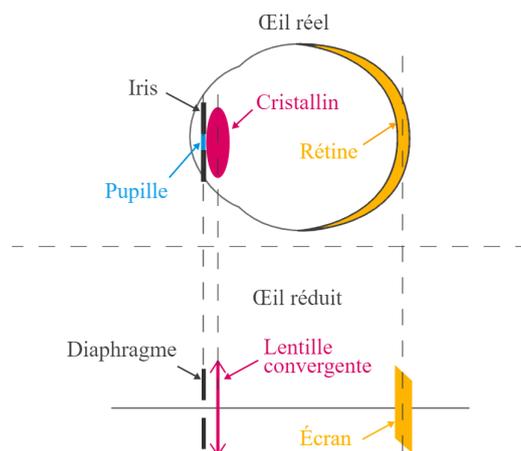


Figure 7 – Modélisation de l'œil par un dispositif optique (**Source** : Lelivrescolaire, 2^{de} (p. 292)).

| **Remarque** – L'iris est loin d'être inutile pour la vision ! Il se dilate lorsque la luminosité est faible pour recevoir plus de lumière sur la rétine et se contracte à l'inverse lorsque la luminosité est trop forte.

B/ Vision des couleurs

La rétine de l'œil humain est recouverte de deux types de cellules :

- les **cônes**, qui détectent les couleurs ;
- les **bâtonnets**, qui détectent l'intensité lumineuse.

L'œil utilise la synthèse additive pour visualiser les couleurs. Les cônes sont donc sensibles à l'une des trois couleurs primaires (rouge, vert ou bleu). C'est ce qu'on appelle la **trichromie**.

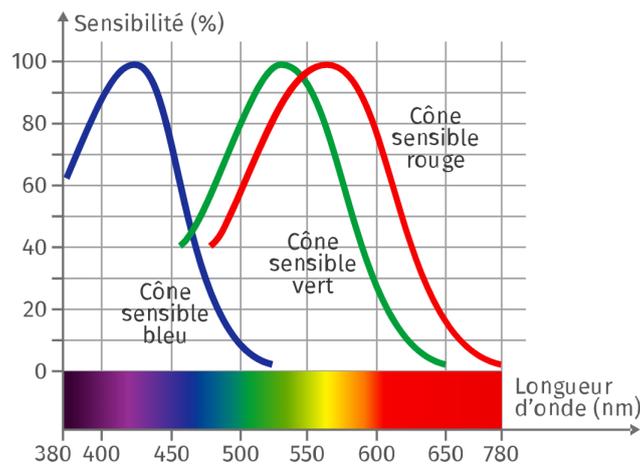


Figure 8 – Sensibilité des cônes en fonction de la longueur d'onde (**Source** : Lelivres-colaire, 1^{re} (p. 343)).

Conclusion

Un objet interagit avec un rayonnement lumineux par absorption, diffusion et transmission. S'il est coloré, il transmet sa couleur et absorbe sa couleur complémentaire. L'absorption sera vue plus en détail dans un prochain cours sur les interactions lumière-matière.

L'œil humain peut être modélisé par la succession d'un diaphragme, d'une lentille convergente et d'un écran. Cet écran est recouvert de deux types de cellules : les cônes et les bâtonnets qui permettent respectivement de visualiser les couleurs par synthèse additive et percevoir l'intensité lumineuse.

Il existe de nombreuses maladies de l'œil. Certaines empêchent un individu de voir net (myopie, hypermétropie, ...) car la distance entre le cristallin et la rétine est différente de la distance focale. D'autres maladies de l'œil empêchent de voir correctement les couleurs (daltonisme) car un des trois types de cônes est déficient.

| **A consulter également** – Houard, *Optique* [Niveau : ★★★]