

LP 9 - Images et couleurs

Lise Boutenègre & Raphaël Rullan

| Élément imposé – Aberrations chromatiques (manipulation et explication qualitative)

Introduction Pédagogique

| Niveau : 1ère SPCL

Pré-requis

- lentille mince
- image réelle d'un objet réel
- distance focale
- grandissement
- dispersion
- spectres
- Formation d'images par des lentilles : image réelle - image virtuelle

Difficultés

- Bien intégrer le vocabulaire spécifique associé à la formation d'images.
- Tracé des rayons dans les différents cas.
- Ne pas confondre synthèse additive et soustractive.

| **Objectifs** – Reprendre le tracé de rayons lumineux et faire comprendre au travers d'un exemple connu la formation d'une image. Aborder des nouvelles notions et toucher aux limites de ce qu'ils ont vu.

Applications

- **TD** : Etude de l'oeil et de ses défauts. Autre exemple de mise au point.
- **TP** : Utilisation de filtres colorés, synthèse additive, synthèse soustractive.

| **Source** – Optique, Houard ; 1ere Physique chimie, le livre scolaire ; Physique Chimie 1ereS, hachette education ; 2nde physique chimie, Belin ; Physique chimie 1ere enseignement de spécialité, Bordas, L'appareil ; Cours de photographie numérique, René Bouillot

Introduction

Bonjour à tous, aujourd'hui nous allons continuer à parler d'optique géométrique mais principalement de formation d'images par un système que vous connaissez à priori bien : l'appareil photo. J'imagine que vous avez déjà tous pris des photos avec un appareil photo réflex (du moins pas un smartphone). Vous vous êtes probablement cassé la tête avec la mise au point pour avoir une photographie nette. Peut être avez vous également remarqué l'apparition de petits défauts. Défauts que de nombreux logiciels permettent de corriger. Déformations, couleurs qui n'existent pas. De nombreuses aberrations peuvent avoir lieu. Aujourd'hui, nous allons nous intéresser, à partir de ce que nous avons vu la dernière fois à la prise d'une photographie et à l'origine de certaines des déformations.

1 L'appareil photo un système optique

1 Description du dispositif

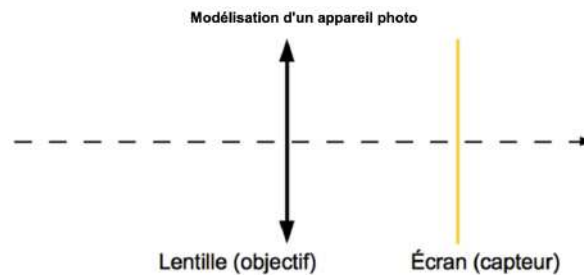


Figure 1 – Schéma simplifié de l'appareil photo (à dessiner au tableau)

Un appareil photo peut être modélisé simplement en associant une lentille mince convergente et un écran. La distance dans un appareil photo réflex entre cet écran et la lentille est variable. C'est communément ce qui est fait lorsque l'on fait la mise au point.

Définition – Mise au point : Mise au point d'un système optique lorsqu'on effectue les réglages nécessaires pour que l'image de l'objet formée sur l'écran soit nette

2 Formation de l'image

On trace les rayons au tableau. Les rayons arrivent sur l'écran dans le plan focal de la lentille. On prend un objet qui n'est pas à l'infini et un objet qui est à l'infini. Tracer le schéma synoptique.

On fait le montage de l'appareil photo. On mesure les positions. On utilise la formule de conjugaison de Descartes.

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

Nous pouvons également calculer le grandissement dans ce cas-ci.

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

On discute des valeurs obtenues. On forme une image réelle, l'objet est réel.

3 Mise au point, profondeur de champ, zoom

On fait plusieurs choses : on change la focale de la lentille. On fait la petite manipulation pour la profondeur de champs.

Dans cette partie nous avons pu voir comment nous formions l'image sur l'écran de l'appareil. Cependant pour l'instant nous n'avons rien décrit de ces rayons, c'est tout bonnement l'aspect géométrique. Plongeons maintenant un peu plus sur le détail de l'image et notamment de la couleur de celle-ci.

2 Couleurs d'une image

1 Interaction entre lumière et objet, vision

Les objets interagissent différemment avec la lumière. Plusieurs phénomènes peuvent avoir lieu :

- **transmission** : la lumière traverse l'objet sans changer de direction
- **diffusion** : la lumière est réémise par la surface de l'objet dans toutes les directions.
- **L'absorption** : la lumière n'est ni diffusée, ni transmise par l'objet mais transformée en une autre forme d'énergie.

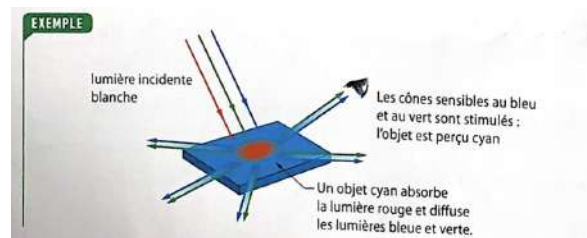


Figure 2 – Caption

Pour un appareil photo la lumière arrive au niveau du capteur et elle est transmise sous forme de signal électrique ce qui nous donne l'image.

Peut être avez vous déjà entendu parler de deux types de synthèses : une soustractive et l'autre additive. Jouons à un petit jeu : exemples sur diapo.

2 Synthèse additive et soustractive

Vous êtes à priori familier de la relation entre la couleur d'une lumière et la longueur d'onde de celle-ci. Nous utilisons tous les jours des lumières colorées. Néanmoins comment est-ce que l'on forme ces couleurs ?

Définition – La superposition de lumières colorées constitue une synthèse additive.

L'œil humain permet de voir la couleur comme la superposition dans certaines proportions de trois couleurs primaires. Le rouge, vert et bleu. Ceci est dû à certaines caractéristiques de notre œil. Les cellules responsables de la couleur sont les cônes (en opposition aux bâtonnets) qui ont une répartition particulière dans l'œil. Ces superpositions produisent des couleurs dites secondaires : le cyan, magenta et jaune.

La couleur perçue d'un objet résulte de la synthèse additive effectuée par l'œil. Elle dépend de la nature de l'objet, de la source de lumière qui éclaire, le chemin de cette lumière, la source de lumière.

Définition – On parle de couleur complémentaire l’une de l’autre si la superposition de ces deux lumières produit une lumière blanche.

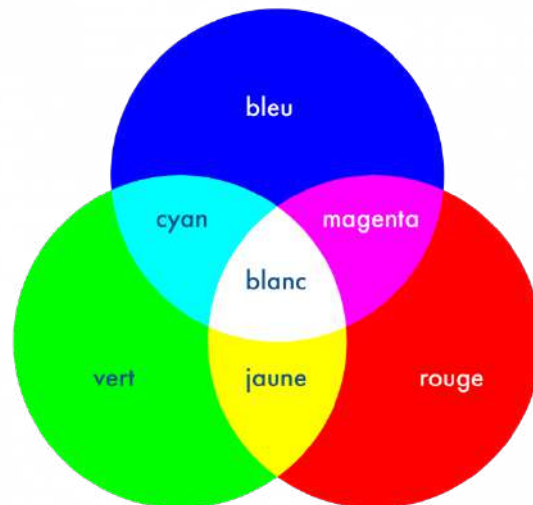


Figure 3 – Synthèse additive

A l'inverse, on peut dans certains cas réaliser des synthèses soustractives. Cela correspond au cas où un filtre coloré est placé sur le trajet de la lumière. La synthèse soustractive est réalisée.

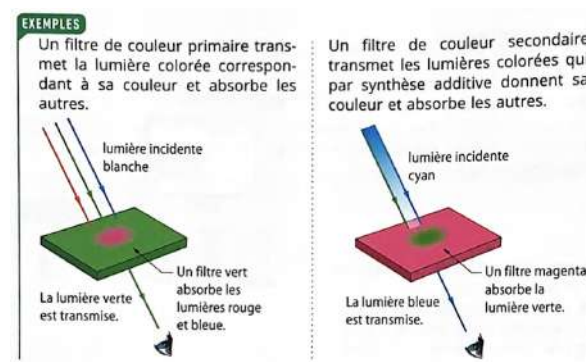


Figure 4 – Caption

Nous avons vu dans cette partie comment nous pouvions avoir les couleurs. Nous avons donc maintenant, l'image et la couleur. Il ne nous reste plus qu'à expliquer les aberrations que nous avons pu voir.

3 Les aberrations optiques

Il y a plusieurs types d'aberrations optiques, néanmoins une des plus courante est l'aberration chromatique. Découvertes par Newton dès le début de l'observation et jugées impossibles à corriger selon celui-ci au XVIIème siècle. Ces aberrations peuvent avoir des implications dans différents domaines : dans la photographie comme nous l'avons vu, mais encore dans l'astronomie notamment. Comment

l'expliquer ?

Nous avons vu que la lumière traversait une lentille. La lumière qui traverse est polychromatique. Peut être avez-vous déjà vu cette pochette de CD bien connu qui est certes stylisée mais qui décrit un véritable phénomène physique bien réel. Si on fait passer de la lumière blanche au travers d'un prisme en verre, on observera une décomposition de la lumière. Cela est dû à une propriété du verre : l'indice de réfraction n du verre dépend en fait de la longueur d'onde de la lumière incidente.

Doc. 3 Indices de réfraction de deux milieux en fonction de la longueur d'onde

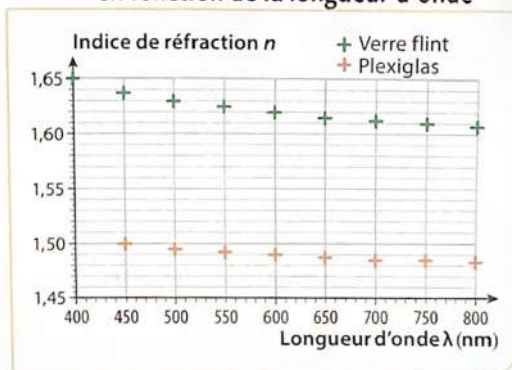


Figure 5 – Caption

C'est un milieu dit dispersif. Et c'est sur cela que se base cette aberration que je vais essayer de vous illustrer.

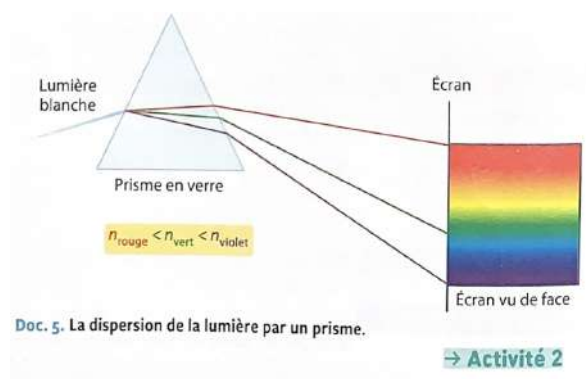


Figure 6 – Caption

On fait la manipulation. On exhibe quelques propriétés. On explique qualitativement.

Maintenant, comment corriger ce type de problème ? Des systèmes existent pour cela, par exemple l'achromat de Fraunhofer qui correspond à l'accollement de deux lentilles, une convergente et une divergente ce qui compense la différence. On utilise deux verres différents, un verre flint (avec du plomb) qui est très dispersif et un verre crown qui l'est très peu. Paramètre qui définit la dispersivité : nombre de Abbe

Conclusion

Ainsi, nous avons pu voir durant cette leçon comment former une image sur un appareil photo et en quoi il était possible de modéliser simplement ce dispositif optique. Comment les couleurs étaient perçues et finalement pourquoi on observait les défauts et comment corriger ceux-ci. Nous verrons par la suite d'autres appareils optiques, chacun avec leur propre limite et leur spécificité. A la prochaine séance, ce sera au tour des yeux.

Manipulation

Matériel

- Projecteur de diapositive, source de lumière blanche
- Trou source environ 1 ou 2 mm
- Diaphragme annulaire de diamètre 12 cm
- Lentille plan convexe L_1 avec $f_1' = +200$ mm
- Lentille de projection L_2 avec $f_2' = +50$ mm
- Ecran
- Achromat de Fraunhofer

Description du montage.

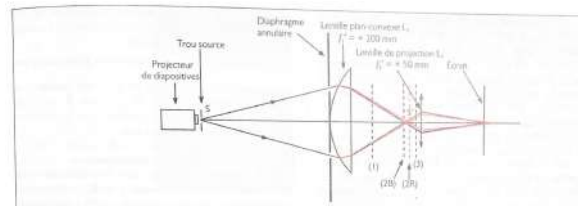


Figure 7 – Montage aberrations chromatiques

On réalise le montage présenté en plaçant le diaphragme à environ 1m de distance pour que le rayon recouvre totalement celui-ci.

Pour observer l'aberration chromatique longitudinale, on place un écran dans le plan contenant l'axe optique de L_1 . Pour observer celle transversale, on introduit un écran parallèlement au plan de la lentille L_1 . On met ici la lentille L_2 pour avoir un grossissement. On peut déplacer la lentille L_2 pour conjuguer le plan SB et SR successivement. On se déplace. On peut regarder que les grossissements ne sont pas les mêmes dans les deux cas. C'est ce qu'on appelle le chromatisme de grandeur.

Explications

En présence du diaphragme, la lentille agit comme un prisme conique tronqué. Les rayons bleus sont plus déviés que les rayons rouges et donc ils convergent plus rapidement.

La formule des lunetiers donne la vergence d'une lentille en fonction de la longueur d'onde :

$$\frac{1}{f'} = (n(\lambda) - 1) \times \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (3)$$

Avec R_1 et R_2 les rayons de courbure de la lentille.

Questions

- Qu'est ce qu'on est sensé observer sur la manipulation portant sur les aberrations chromatiques ? *On peut observer les aberrations transversales & longitudinale ainsi que le fait que les rayons rouges convergent plus que les bleues.*
- Est-ce que pour les observer mieux on n'aurait pas pu intercaler un objet ? *Oui c'est ce qui fait qu'on observe souvent des couleurs au bord d'une lettre*
- Comment aurait on pu le visualiser avec le montage déjà réalisé ? *Avec des filtres ?*
- Comment montrer à des élèves en TP que le rouge et le bleu ne convergent pas au même endroit ?
- Qu'est ce qu'une lentille achromat ? *Deux lentilles accolées avec deux verres différents (flint et crown) l'une divergente et l'autre convergente.*
- Est ce qu'on joue aussi sur l'épaisseur des verres ? *Disposition géométrique à avoir*
- Revenir sur la diapositive sur la réfraction, comment on détermine l'indice de réfraction du verre ?
- En TP comment pourraient ils réaliser cette manipulation ? *Utilisation du disque optique.*
- Relation indice de réfraction/longueur d'onde ? *Loi de Cauchy*
- Diapo absorption des couleurs, reprendre le deuxième exemple ?
- Impression, quel type de synthèse ? Uniquement en système Cyan, Magenta, Jaune, pourquoi cartouche de noir ? *Cartouche de noir permet d'avoir un noir plus intense.*
- Distorsion sur la dernière diapositive, quel type d'aberration ? *Aberrations géométriques*
- Comment retire-t-on les aberrations géométriques ? *Conditions de Gauss, Diaphragme*
- Transmission la lumière traverse l'objet sans changer de direction, contradiction avec Snell-Descartes ? *Peut être plutôt sens que direction.*
- Définition de l'absorbance ? Dépendance ? *Loi de Beer-Lambert ?*
- Différence grandissement/grossissement ? *Que sont sensés représenter les images de la diapositive grossissement ? Il manque les foyers sur les schémas ce qui implique des erreurs entre images virtuelle et réelle.*
- Relation des lunetiers ?
- Lentille système rigoureusement stigmatique ? Qu'est ce que le stigmatisme ?
- Comment réussir à rendre Fourier plus grand ? *Réaliser le zoom d'un appareil photo avec une autre lentille.*
- **Valeur de la république :** Si un élève se brûle avec la lampe en TP d'optique, comment réagissez-vous ? *Envoyer à l'infirmerie avec les délégués.* Si les délégués ne sont pas dans le même groupe. *Faire sortir les élèves de la salle de TP et les mettre sous une autre responsabilité pour ensuite s'occuper de l'élève.*
S'il se brûle, mettre la main sous l'eau et envoyer les élèves à l'infirmerie suivant les directives de l'établissement. Si plus conséquent téléphoner aux personnes compétentes.

Commentaires

Le programme de première générale ne parle pas d'appareil photo. Il aurait fallu se placer en STL-SPCL qui cite l'appareil photo mais l'appareil numérique pas argentique. Dans l'ancien programme il y avait l'appareil photo mais il n'y est plu donc attention. Il aurait été possible de parler des notions de profondeur de champ et autre en STL Mais pas de l'appareil argentique. Faire toujours attention quand on positionne une leçon à ce qui est fait avant et après. Faire le cours à partir de livres mais ne pas oublier de regarder d'autres ressources pour cumuler les sources qui sont écrits par des profs comme vous. Faire attention aux notations F et f (Foyer/Distance focale). Les questions pourraient aller beaucoup plus loin notamment sur les aberrations. Passer sur de l'optique un peu plus adaptable, lentille à focale variable : lunette... Le vocabulaire de l'appareil photo n'est pas au programme donc peut être possible de l'utiliser comme fil conducteur mais sans avoir autant de précision.

Changement de filière effectué. Peut être parties à préciser. Sinon enlever la photographie et partir sur formation d'image.