

Titre : Instruments d'optique

Présentée par : Lolita Bucher

Correcteur : Pauline Yzombard

Date : 18/05/2020

Bibliographie de la leçon :

Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Physique tout en un PCSI	Sanz	Dunod	
Optique, une approche expérimentale	Houard	De boeck	
TD de Clément Sayrin			

Plan détaillé

Niveau choisi pour la leçon : licence.

Pré-requis : Optique géométrique, diffraction, stigmatisme et aplanétisme.

Plan :

- I. Voir à différentes échelles
 - I.1. Les lentilles
 - I.2. Le microscope
 - I.3. La lunette astronomique
- II. Limitations
 - II.1. Limites de résolution
 - II.2. Aberrations des lentilles

Questions posées par l'enseignant

1) D'autres types de lentilles que celles que vous avez présentées ?

Ici j'ai présenté les lentilles sphériques, mais il existe des lentilles paraboliques, lentille cylindrique, lentille asphérique.

1 bis) Une lentille parabolique, quelles conséquences sur les aberrations ?

On n'a plus d'aberration sphérique

2) Avec le microscope, odg de l'infiniment petit ?

L'ordre de grandeur de limite de résolution est $0,2\mu\text{m}$, pour un objectif à immersion ($n=1,50$) d'ouverture numérique $\omega=1,25$ et des radiations de longueur d'onde $\lambda_0=400\text{nm}$.

3) Pouvez-vous rappeler la formule de la limite par diffraction.

4) Où est-ce qu'on place notre oeil ?

On place l'oeil au niveau du cercle oculaire.

5) Pouvez-vous tracer le cercle oculaire ?

Le cercle oculaire est l'image de l'objectif par l'oculaire. On trace les rayons pour les extrémités de la lentille objectif.

6) Dans la déf du Goc où est alpha sur votre schéma ?

L'angle alpha correspond à l'angle sous lequel on voit l'objet au punctum proximum.

7) Différence entre grandissement angulaire et grossissement ?

Un dispositif optique faisant d'un objet à l'infini une image à l'infini est caractérisé par son grossissement G (rapport d'angles).

Un dispositif optique faisant d'un objet à distance finie une image à distance finie est caractérisé par son grandissement γ (rapport de tailles).

Il existe différents types de grandissement :

- grandissement transverse (rapport des tailles perpendiculaires à l'axe optique)
- grandissement longitudinal (rapport des tailles parallèles à l'axe optique)
- grandissement pupillaire (rapport du diamètre de la pupille de sortie sur le diamètre de la pupille d'entrée)
- grandissement angulaire (rapport des angles pour des objets et images à distance finie). Pour des systèmes afocaux, le grandissement angulaire correspond au grossissement.

8) Pourriez vous donner un ordre de grandeur du grossissement pour une Lunette astronomique, si vous regardez la lune en tant qu'amateur, par exemple ?

Typique $\times 40$

9) Pouvoir de résolution : Est-ce que vous pouvez expliquer ce que vous voulez définir avec cet angle teta r ?

téta r correspond au rayon angulaire de la tache d'Airy.

10) Expliquez "aberration sphérique est due à la forme de la lentille" ?

Les rayons passant sur le bord de la lentille ne sont plus dans les conditions de Gauss.

11) Quelles autres aberrations géométriques on a ?

11 bis) Dans votre schéma sur les aberrations géométriques, si l'objet est hors axe ?

On a les aberrations sphériques, de coma, d'astigmatisme, de distorsion.

Si l'objet est hors de l'axe optique on des aberrations de coma.

12) C'est quoi l'astigmatisme ?

Aberration obtenue lorsque la lentille ne présente pas une symétrie axiale n'est pas parfaite.

13) comment corriger aberrations sphériques (autre que diaphragme) ?

14) Qu'est-ce qu'un doublet de lentilles ?

14 bis) Une CV + une DV ?

On corrige les aberrations avec un doublet de lentille convergente + divergente

Cela permet aussi, si bien choisi, de corriger l'aberration chromatique au premier ordre.

15) Télescope, ça utilise des miroirs, vous pouvez présenter un dispositif ?

15bis) Nom du télescope présenté ?

Télescope de Newton

16) Intérêt du télescope (par rapport aux lunettes) ?

16 bis) Le miroir sphérique présente t-il des aberrations sphériques ?

On n'a plus les aberrations chromatiques.

Mais avec les miroirs sphériques on a toujours les aberrations sphériques. On utilise donc des miroirs paraboliques.

17) Aberrations chromatiques sur le télescope ?

Non

18) Si je vous demande d'observer le rayonnement cosmique UV vous choisissez lequel des deux instruments ? Ou IR

18 bis) A quel longueur d'onde coupe le verre ?

UV profond et IR lointain

Donc il vaut mieux utiliser un télescope.

19) Quel est l'intérêt d'avoir des télescopes de plus en plus grands ?

Cela permet d'avoir une image plus lumineuse.

20) Nombre d'ouverture en fonction de la focale et du diamètre du diaphragme ?

20 bis) Indice : Appareil photo, lorsqu'on ferme le diaphragme, est-ce que le nombre d'ouverture augmente ou diminue ?

$N = f/D$

21) Comment faire l'image d'un objet microscopique transparent ?

21) bis Deux types de microscopie, à phase = différence d'intensité lumineuse entre l'objet et le fond. L'autre : à amplitude

On utilise un microscope à contraste de phase. Il modifie le trajet de la lumière de sorte qu'une partie du faisceau est modulée par l'échantillon et pas l'autre. En faisant interférer ces deux faisceaux, on crée un contraste qui permet de visualiser l'échantillon transparent.

22) Pouvoir séparateur de l'oeil ?

1 minute d'arc

Commentaires donnés par l'enseignant

On aurait pu traiter un instrument d'optique particulier (ex microscope) et beaucoup plus développer.

Partie réservée au correcteur

Leçon de Physique: Instruments d'Optiques

La leçon a été placée au niveau Licence, avec des prérequis sur l'optique géométrique, la diffraction et les notions d'aplanétisme et stigmatisme.

Plan présenté :

- I. Voir à différentes échelles
 - I.4. Les lentilles
 - I.5. Le microscope
 - I.6. La lunette astronomique
- II. Limitations
 - II.3. Limites de résolution
 - II.4. Aberrations des lentilles

Ce plan a été choisi et justifié par l'introduction concise pour définir l'intérêt d'un instrument d'optique « observer l'infiniment petit et l'infiniment grand » qu'on ne peut observer à l'œil nu. Une formulation à prendre avec précaution à mon sens. Il est important ici de donner des ordres de grandeurs des objets observés, surtout en microscopie (on n'observe pas encore des quarks au microscope à fluorescence !).

Première partie :

- 1. Les lentilles (minces)

L'étudiante a procédé au rappel des définitions de lentilles minces, convergente et divergente, avec l'exposé du traçage des 3 rayons constructeurs, de façon claire et pédagogique. La question est de savoir si ces rappels, étendus sur environ 7 minutes, sont nécessaires au vu des prérequis énoncés en début de leçon, ou s'ils auraient pu être raccourcis afin de passer plus de temps pour approfondir les autres parties.

J'aurai tendance à dire que puisque l'étudiante a bien mené les tracés de rayons pour les schémas du microscope et de la lunette, en expliquant comment obtenir les images intermédiaires et images finales, les rappels sur les tracés peuvent être effectués à ce moment là, et donc la partie I.1 pourrait être occultée sans porter atteinte à la compréhension globale de la leçon.

- 2. Le microscope

Attention aux traçages des rayons optiques, il faut bien s'entraîner pour être à l'aise le jour J. Les définitions de grossissement commercial et du grandissement transverse pour l'oculaire ont été données correctement, mais il y a eu une petite confusion sur la définition du « grossissement » pour l'oculaire et des différents angles « θ » et « α » des dites définitions. Il apparaît que la distinction entre grossissement (rapport d'angles entre l'angle sous lequel un objet est vu à l'œil nu, et l'angle sous lequel l'objet est vu en utilisant l'instrument d'optique et qui dépend de la position d'observation de l'objet) et grandissement angulaire n'était pas forcément faite par le groupe d'étudiants. Cela peut poser des problèmes quand on n'observe pas un objet à l'infini, comme dans le cas d'un microscope. Aussi, je conseillerais d'être claire quand aux conventions choisies, et de s'y tenir tout le long du cours, en marquant sur les schémas où sont les angles α , α' , θ ou autre, utilisés dans les définitions. Ne pas hésiter à faire un « zoom » des schémas, par exemple, de la partie image intermédiaire + oculaire + image observée à l'infini, pour bien définir les angles, au besoin.

Pour améliorer la discussion sur les microscopes :

- L'étudiante a donné la définition du grossissement commercial pour caractériser la puissance d'un microscope, il serait intéressant de donner des ordres de grandeurs typiques de ces grossissements commerciaux pour les composants du microscope (objectif, oculaire), et de

donner une idée de la taille des objets résolus par des microscopes usuels (fluorescence ou à électron).

- On peut penser à illustrer avec une image d'un objectif x10 ou x40, et expliquer les notations. La définition d'ouverture numérique ou de nombre d'ouverture N (f-number en anglais) serait ainsi la bienvenue pour pouvoir caractériser pleinement un oculaire ou un objectif. L'objectif à immersion a été mentionné en deuxième partie (II.1), mais sans parler de la grand ouverture numérique d'un tel objectif ($ON = n \sin(\alpha)$, et $n = \text{indice de l'huile} > 1$), ce qui est dommage. Ces notions appellent ainsi d'autres notions non abordées ici, tels que le diaphragme de champ et d'ouverture, intéressant pour caractériser un instrument d'optique.
- Si possible dans le temps imparti, penser à placer le cercle oculaire, à en donner la définition et son utilité (l'étudiante a bien su répondre à la question, mais cela peut être ajouté à la leçon sans trop alourdir le discours je pense).

3. La lunette astronomique

Attention à l'introduction historique et des dates des premières lunettes.

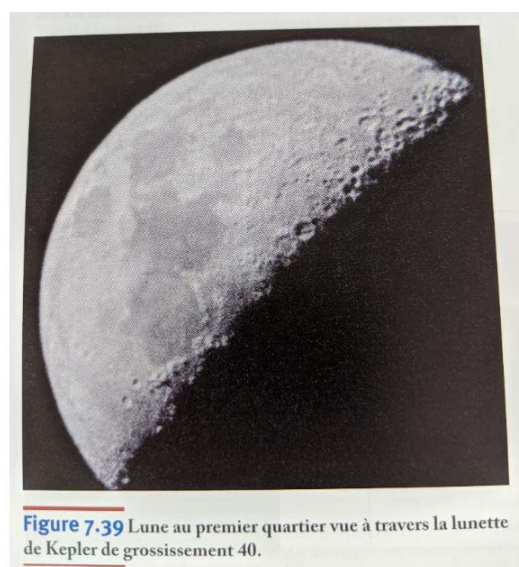
La lunette a deux lentilles minces convergentes a bien été décrite, avec un petit souci de tracé de rayon dû au stress. A s'entraîner, ou pour éviter tout souci le jour-j, les schémas avec les rayons peuvent être déjà préparés, et l'étudiante peut ajouter en « live » les objet, image, et angles sur la figure pour la rendre interactive (par exemple).

Pour améliorer la discussion :

- Un ordre de grandeur sur les grossissements d'images obtenus typique, avec un calcul 'rapide' pour une lunette pourrait être présenté en application. (Avec en tête, grossissement=grandissement angulaire pour des objets observés à l'infini et donc pas de souci de définition et la formule présentée ici par l'étudiante

$$G = \theta' / \theta = - f_{\text{objectif}} / f_{\text{oculaire}}.)$$

- Niveau ressources pédagogiques apportées par l'utilisation d'internet : Des images d'objets célestes observables avec des lunettes d'amateurs, peuvent joliment illustrer les propos.



Par exemple : Houard : Optique, Une approche expérimentale et pratique, chap 7.

II. Les limitations

1. Le pouvoir de résolution

L'étudiante a présenté le critère de Rayleigh de façon légèrement laborieuse, mais en utilisant adéquatement des ressources en ligne pour montrer les trois situations de deux objets observés et séparés plus ou moins l'un de l'autre, ce qui est bien.

Conseil : pour un discours plus clair et éviter les cafouillages, présenter d'abord ce que l'on veut faire ici dans cette partie (soit « énoncer un critère pour affirmer qu'un système optique est à même de former l'image séparée de deux objets distincts »), avant de présenter les résultats des deux tâches d'Airy en expliquant les trois situations différentes schématisées ici.

Pour améliorer :

- A mon sens, ce pouvoir de résolution de l'instrument d'optique doit être mis en perspective avec le pouvoir de résolution de l'œil humain (ou du dispositif d'imagerie après l'instrument, CCD avec x pixels, etc). Le pouvoir de séparation d'un œil emmétrope de $0.7'$ (ou $1'$ pour être large) doit idéalement être connu et utiliser. Si notre instrument d'optique permet de séparer deux objets à $0.025'$, il faut donc un récepteur capable de distinguer à cette résolution là, ou utiliser une loupe (oculaire).

2. Aberrations des lentilles

L'aberration sphérique et l'aberration chromatique ont été ici présentées.

L'aberration sphérique a été illustrée avec deux graphes, présentant un tracé de rayons pour une lentille idéale et pour une lentille réelle. La solution pour présenter ici pour éviter l'aberration a été d'ajouter un diaphragme afin de se placer dans l'approximation de Gauss.

L'aberration chromatique a été présentée également en utilisant un schéma déjà tracé, présenté sur le powerpoint, avec une solution bien expliquée pour compenser cette aberration au premier ordre, qui consiste à avoir pour l'oculaire deux lentilles : un verre de champ et un verre d'œil, non accolés.

Cette partie intéressante était un peu courte pour véritablement aborder les problèmes rencontrés dans les instruments d'optiques et les solutions proposées (un objectif de caméra est rarement composé d'une seule lentille mince, par exemple).

Pour améliorer :

- Rappeler peut être en une phrase l'approximation du domaine paraxial
- Donner une solution pour compenser d'aberration sphérique (doublet lentille CV+DV. Qui peut également compenser l'aberration chromatique du premier ordre si bien choisi !)
- Illustrer l'aberration chromatique et l'aberration sphérique avec une photographie peut être (image sans correction + image avec correction) ? (utilisation des ressources d'internet)
- Être prêt à énoncer d'autres aberrations typiques, telles que la coma, la distorsion ou l'astigmatisme.

Avis général sur la leçon (plan, contenu, etc.)

Plan simple et performant. Exposé avec une voix claire. Mais j'aurais tendance (comme dit plus haut) à épurer la partie sur les lentilles minces pour rentrer dans plus de détails intéressants sur les deux autres systèmes optiques présentés.

Notions fondamentales à aborder, secondaires, délicates

Comme détaillé plus haut (désolée, je n'avais pas le template), les notions fondamentales ont bien été présentées, mais il y a eu quelques imprécisions sur les angles et la notion de grossissement. Je pense également qu'il serait judicieux de mettre en perspective certaines notions, par rapport à l'œil, comme le pouvoir séparateur d'un instrument d'optique, et à quel moment on obtient la limite pour laquelle améliorer l'instrument n'a plus d'utilité, si on n'améliore pas le détecteur

(l'œil/la CCD ; etc).

Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)

Puisque cette année il n'y aura pas d'expériences, peut être est-il judicieux de donner plus d'exemples/d'applications numériques/d'ordre de grandeurs des performances qui peuvent être obtenus avec les instruments d'optiques décrits.

Bibliographie conseillée

Le Houard : Optique, une approche expérimentale et pratique

M. Françon : [Expériences d'optique physique](#)

(plus daté mais intéressant pour les bases)