

MP 7 : Instruments d'optique.

Correcteurs : Anne-Emmanuelle Badel¹ et Vincent De Zotti²

Montage présenté le 17 novembre 2017 par Guillaume Jung

Extraits des rapports du jury

- 2015, 2016, 2017 : Les candidats doivent connaître et comprendre les conditions d'obtention d'images de bonne qualité. L'étude des limitations et de défauts des instruments présentés est attendue. Les candidats doivent comprendre quelles sont les conditions pour que la mesure du grossissement puisse se ramener à la mesure d'un grandissement lorsqu'ils présentent des dispositifs afocaux. Enfin, les candidats peuvent envisager l'utilisation de lunettes de visée afin d'améliorer leurs mesures de distances.
- 2013, 2014 : Les candidats doivent connaître et comprendre les conditions d'obtention d'images de bonne qualité. L'étude des limitations et de défauts des instruments présentés est attendue. De bons exposés ont été observés sur ce sujet.

Commentaires généraux sur le montage

Le montage était globalement de bonne qualité. La présentation était pédagogique et dynamique. Le temps d'exposé a été respecté. Le tableau était soigné et contenait les informations nécessaires.

Le principe des expériences réalisées a bien été décrit et les images formées étaient de bonne qualité. L'évaluation des incertitudes a été discutée.

Il aurait fallu réaliser un peu plus de mesures quantitatives, bien que cela ne soit pas évident pour les montages d'optique. Rappelons que les expériences qualitatives ne sont que peu valorisées par le jury.

Attention également à ce que vous dites au cours de l'exposé. Éviter d'avouer au jury que certaines expériences n'ont pas bien fonctionné en préparation.

Commentaires détaillés du montage

Introduction (1 min)

L'intérêt des instruments d'optique a été présenté.

1 Lunette astronomique

1.1 Principe (1 min)

Le principe de la lunette astronomique a bien été décrit. Les images formées avec l'oeil nu, puis avec la lunette astronomique, étaient de bonne qualité.

1.2 Grossissement (4 min)

La définition du grossissement a été donnée, et sa mesure a permis de retrouver la valeur attendue. Le calcul d'incertitude a bien été mené.

Il serait possible de mesurer le grossissement pour différentes valeurs de focales pour l'une des lentilles, afin de remonter à la seconde focale avec une régression linéaire.

1. anne-emmanuelle.badel@ac-lyon.fr

2. vincent.de_zotti@ens-lyon.fr

1.3 Diaphragmes de champ et d'ouverture - verre de champ (7 min)

Il est très intéressant d'illustrer le principe des diaphragmes de champ et d'ouverture sur la lunette, ainsi que celui du verre du champ. Cependant, il ne faut pas passer trop de temps sur ces expériences qualitatives, au détriment de la seconde partie.

2 Microscope optique

2.1 Principe (3 min)

Les différences entre microscope et lunette ont été données. L'adaptation du montage a bien été réalisée.

2.2 Puissance (16 min)

La mesure de la puissance du microscope a posé quelques problèmes à cause d'une erreur de calcul. Puisque la valeur obtenue lors de la présentation n'était pas cohérente avec la courbe réalisée en préparation, il est bien d'avoir cherché l'origine de cette erreur, même si cela fait perdre un peu de temps pour la suite du montage.

La réalisation d'une régression affine sur la courbe, alors que la dépendance théorique est linéaire, a bien été discutée.

2.3 Limite de résolution en diffraction (7 min)

L'expérience réalisée a été présentée de façon à mesurer la taille d'un pixel du dispositif Caliens. Bien que cette mesure soit intéressante, il serait préférable de remonter au critère de Rayleigh à partir de cette expérience, qui est une notion importante des instruments d'optique.

Le manque de temps n'a cependant pas permis de réaliser une mesure quantitative dans cette partie.

Conclusion (1 min)

L'ouverture sur les instruments d'optique commerciaux qui présentent des grossissements supérieurs est une possibilité.

Questions posées et éléments de réponses

Qu'est-ce qu'une lentille achromat ?

C'est un doublet de lentilles accolées conçues dans des matériaux différents afin de compenser leurs aberrations chromatiques.

Comment mesurer la distance focale d'une lentille par autocollimation ?

L'autocollimation pour une lentille convergente consiste à placer un miroir plan derrière la lentille et parallèlement à celle-ci. On déplace ensuite la lentille afin de former l'image d'un objet (un trou par exemple) sur lui-même, la distance entre la lentille et l'objet correspond alors à la distance focale.

Qu'est-ce que le cercle oculaire ?

C'est l'image de la monture de l'objectif à travers l'oculaire. Il est conseillé de placer l'oeil au niveau du cercle oculaire pour maximiser la lumière reçue, car il correspond à la section la plus étroite du faisceau sortant de l'instrument.

Quel est l'intérêt d'un verre de champ ?

Un verre de champ est une lentille fortement convergente placée au niveau de l'image intermédiaire. Il permet d'augmenter la quantité de lumière sortant de l'objectif qui passe à travers l'oculaire. L'image en sortie de l'instrument est donc plus lumineuse, sans qu'on ait modifié le grossissement.

Quels sont les défauts de l'oeil les plus courants ? Est-ce que le réglage d'un oculaire dépend de l'observateur ?

Un oeil normal voit net entre son *Punctum Remotum* à l'infini, sans accommoder, et son *Punctum Proximum* à 25 cm environ en accommodant. Un oeil hypermétrope voit net de loin, mais flou à partir d'une distance supérieure à 25 cm. Un oeil myope ne peut pas voir net à l'infini, par contre sa vision de près est nette pour une distance inférieure à 25 cm.

Le réglage d'un oculaire dépend de l'observateur car il est adapté à la distance de son *Punctum Remotum* pour lui éviter d'accommoder. Il est possible d'observer à travers un oculaire qui ne correspond pas aux caractéristiques de son oeil, mais cela risque de le fatiguer.

La lentille formant l'oeil inverse l'image de l'objet sur l'écran. Est-ce qu'il se passe le même phénomène dans nos yeux ?

Oui, le cristallin produit des images inversées sur la rétine. Le cerveau inverse ensuite l'image pour la remettre à l'endroit.

Pourquoi une lunette est caractérisée par son grossissement, alors qu'un microscope est caractérisé par sa puissance ?

Une lunette observe un objet à l'infini, qui est défini par un angle, et crée une image à l'infini pour éviter à l'oeil d'avoir besoin d'accommoder. Le paramètre d'intérêt est alors le rapport de ces angles, c'est-à-dire le grossissement.

Dans le cas du microscope, on regarde un objet à une certaine distance, et l'on crée une image à l'infini. Le paramètre d'intérêt est alors le rapport de l'angle en sortie sur la distance à l'objet, c'est-à-dire la puissance.

Qu'est-ce que la profondeur de champ d'un microscope ?

La profondeur de champ est la largeur de la plage sur laquelle un objet produit une image nette en sortie du microscope. On l'augmente en fermant progressivement le diaphragme de champ.

Comment fonctionne le dispositif Caliens ?

Le dispositif Caliens est un capteur CCD, constitué de nombreuses photodiodes. Elles délivrent une tension proportionnelle au flux lumineux qu'elles reçoivent.

Qu'est-ce que le critère de Rayleigh ?

Le critère de Rayleigh postule que deux trous diffractants de diamètre D ne peuvent plus être distingués si le maximum de l'une des taches d'Airy est confondu avec la première annulation de la seconde, donc pour un angle inférieur à :

$$\Delta\theta \approx 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

Conseils et compléments

Les expériences présentées lors de ce montage semblent conformes à ce qui est attendu. Il serait toutefois possible de réaliser un peu plus de mesures quantitatives, notamment en remontant au critère de Rayleigh. On peut l'illustrer à travers l'étude d'une loupe, c'est-à-dire une simple lentille, qui est également un instrument d'optique. Enfin, il est également possible d'étudier d'autres instruments dans ce montage : l'appareil photo, le télescope...

Il faut savoir justifier ou établir toutes les relations théoriques exploitées lors d'un montage, comme par exemple la mesure du grossissement à partir de la taille d'une image avec et sans lunette. N'oubliez pas qu'en optique géométrique une construction adaptée est souvent le meilleur moyen de retrouver une relation.

Lorsque qu'une mesure réalisée devant le jury n'est pas cohérente avec celles réalisées en préparation, il faut prendre quelques minutes pour chercher l'origine de cette erreur et ne pas passer simplement à l'expérience suivante. Si refaire la mesure ne vous donne toujours pas un résultat satisfaisant, il peut être envisageable de recommencer toute la série de mesure devant le jury (3 ou 4 points suffisent généralement).

Le but des expériences réalisées en montage doit être de retrouver une loi physique ou de remonter à une grandeur métrologique. Si vous remontez à la fin à un paramètre qui aurait pu être mesuré plus simplement avec une autre méthode, comme par exemple une distance focale, il est important de préciser que ce n'était pas le but de l'expérience, comme cela a été fait lors de ce montage.

J'en profite pour vous rappeler l'importance de lire les rapports du jury³ pour être au courant des attentes du jury, lors de l'épreuve de montage notamment.

Nous restons à votre disposition par mail si vous avez d'autres questions.

3. sur le site www.agregation-physique.org