

TP : Anneaux de Newton (202772)

Le but de ce TP est l'observation et l'étude des anneaux de Newton. Il propose tout d'abord une observation simple en lumière monochromatique ainsi que la détermination du rayon de courbure du dioptre sphérique du dispositif. Le complément de filtres interférentiels permet l'étude des anneaux de Newton en lumière blanche et la caractérisation de filtres à l'aide du dispositif Ovisio.

INTRODUCTION

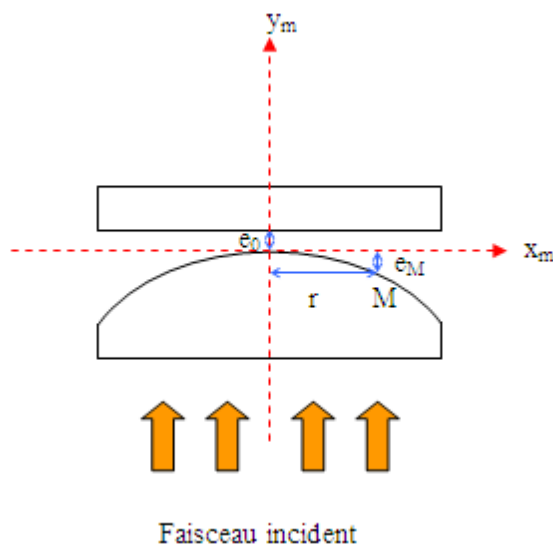
C'est en 1704 que Newton mit pour la première fois en évidence la formation d'interférences sous la forme d'anneaux, qu'on appellera par la suite anneaux de Newton. Ce phénomène a pu être expliqué, notamment grâce aux travaux de Fresnel, au début du XVIII^e siècle. Les interférences entre deux ou plusieurs ondes cohérentes peuvent être obtenues grâce à de nombreux dispositifs (dispositif des trous d'Young, interféromètre de Michelson, interféromètre de Fabry Pérot, bi prisme de Fresnel...). Nous nous intéresserons dans ce TP à l'étude du dispositif de Newton, constitué d'une lame plane et d'une lentille plan convexe.

RAPPELS THEORIQUES

Les anneaux de Newton sont obtenus grâce à des interférences localisées (c'est-à-dire se produisant au sein d'une surface S , par opposition aux interférences non localisées, se produisant dans le volume où deux faisceaux cohérents se superposent) à l'aide du dispositif suivant :

Ce dispositif est composé d'une lame plane et d'une lentille plan convexe faiblement convergente (sur la figure, le rayon de courbure de la lentille a été volontairement diminué). L'ensemble constitue une lame d'air dont l'épaisseur $e_0 + e_M$ dépend de la position selon l'axe O_x .

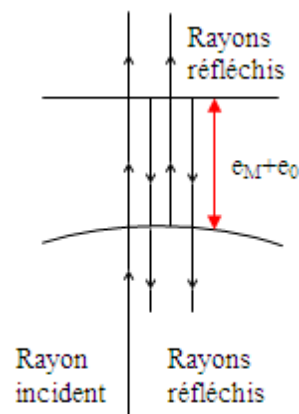
On éclaire le dispositif avec un faisceau monochromatique, normal aux dioptries plans. Les dioptries étant réfléchissantes, chacun d'eux réfléchit une partie du rayonnement, l'autre étant transmise. De ce fait, des réflexions multiples ont lieu au sein du dispositif : de ces réflexions naissent un ensemble de faisceaux dits cohérents (faisceaux de même fréquence et dont la différence de phase est constante au cours du temps). Ces faisceaux lumineux peuvent donc interférer et former une figure d'interférences. Ces interférences sont dites localisées car elles sont observables dans une surface bien définie (formée par l'intersection des rayons lumineux réfléchis d'une part et transmis d'autre part), qui est située près du dispositif.



Le dispositif réfléchit une partie du rayonnement et transmet le reste : les interférences peuvent donc être observées en réflexion ou en transmission.

L'intensité en un point M du plan où se produisent les interférences vaut

$I(M) = I_0 (1 + \cos(\frac{2\pi\delta}{\lambda}))$ où δ est la différence de marche entre les différents rayons lumineux se rencontrant au point M (ici, on ne considérera que deux rayons, l'intensité de ceux dus à plus de deux réflexions au sein du dispositif étant négligeable). On peut remarquer sur le schéma ci-contre que les différents rayons réfléchis par le dispositif ne parcourent pas la même distance. La différence de marche vaut $2n_0e_M + \lambda/2$ pour les rayons réfléchis et $2n_0e_M$ où n_0 est l'indice de l'air (considéré comme égal à 1 par la suite).



Pour trouver la position des minimums d'intensité, on cherche les conditions pour lesquelles $I(M) = 0$, c'est-à-dire $\frac{2\pi\delta}{\lambda} = (2n + 1)\pi$ (pour les maximums d'intensité, on a la condition $\frac{2\pi\delta}{\lambda} = 2n\pi$). On peut alors montrer les relations suivantes, donnant la position des minimums et maximums d'intensité (où R est le rayon de courbure du dioptre sphérique, r_n la distance entre le point M et l'axe Oy_m):

	Transmission	Réflexion
Minimums d'intensité	$r_n^2 = \lambda R n + \frac{R\lambda}{2} - 2e_0 R$	$r_n^2 = \lambda R n - 2e_0$
Maximums d'intensité	$r_n^2 = \lambda R n - 2e_0$	$r_n^2 = \lambda R n + \frac{R\lambda}{2} - 2e_0 R$

Les différentes relations ci-dessus définissent des équations de cercle de rayon r_n , ce qui explique la forme en anneaux de la figure d'interférences.

MATERIEL UTILISE DURANT CE TP

Composition (202772)

- Banc :
 - Prismax longueur 150 cm
 - 4 cavaliers simples
 - 1 cavalier à réglage latéral
 - 2 pieds demi-lune
- Source : vapeur de Sodium Bas-profil 18W
- Ecran blanc métallique gradué 200 x 200 mm
- Composants :
 - 1 condenseur double \varnothing 80 mm, f+75 mm
 - 1 lentille convergente \varnothing 80 mm, f +200 mm
 - 1 système à anneaux de Newton réglable
- Montures : 2 porte-composants \varnothing 80 mm protégés (contre-baguées)
- Documentation : manuel d'expériences



Complément Mesures (202773)

- 1 cavalier long
- 1 pied ½ lune à réglage vertical
- Source : halogène 75W
- Système Ovisio
- Composants \varnothing 40mm :
 - 1 filtre interférentiel @ 436 nm
 - 1 filtre interférentiel @ 446 nm
 - 1 filtre interférentiel @ 778 nm
 - 1 filtre anticalorique
- Montures : 1 porte-composant rotatif à barillet
- Manuel d'expériences

➤ **Manipulation 1 : Observation des anneaux de Newton en lumière monochromatique et détermination du rayon de courbure du dioptre sphérique.**

Dans cette première manipulation, nous allons observer les anneaux de Newton à l'aide d'un dispositif identique à celui décrit dans la partie théorique et une lampe à vapeur de sodium. On considérera cette source comme étant monochromatique, émettant une radiation de longueur d'onde $\lambda=589\text{nm}$. Un condenseur permet de focaliser la lumière émise par la lampe.

Brancher la lampe à sodium : il faut alors attendre quelques minutes avant que celle-ci émette une lumière orange de manière intense. Placer au milieu du banc optique le système permettant de former des anneaux de Newton et focaliser sur ce dernier la lumière émise par la lampe à sodium à l'aide du condenseur.

Observer la surface du dispositif : s'il est correctement réglé, vous pouvez observer une alternance d'anneaux sombres et oranges concentriques. Dans le cas contraire, un réglage du système est nécessaire. Pour ce faire, le dispositif possède trois vis qui permettent de modifier la distance entre la lame plane et la lentille ainsi que leur orientation. Dévisser complètement les trois vis puis les visser petit à petit en changeant régulièrement de vis de manière à centrer le système d'anneaux (le centre du système d'anneaux devient alors visible). Une fois le système centré, vous pouvez observer un défilement des anneaux (les anneaux semblent apparaître au centre et grandir au fur et à mesure du vissage. Cesser le vissage au moment où une résistance commence à apparaître sur chacune des vis : les anneaux doivent alors être circulaires (une déformation éventuelle des anneaux est dû à une pression non uniforme sur le dispositif).



Attention : une fois le dispositif réglé, ne plus agir sur les vis de réglage durant le reste du TP. Cela pourrait modifier la pression appliquée sur la lentille plane sphérique et donc le rayon de courbure du dioptre sphérique.

On souhaite maintenant projeter sur un écran l'image de ces anneaux afin de pouvoir mesurer leur rayon et ainsi vérifier la loi d'évolution du rayon des anneaux sombres en réflexion : $r_n^2 = \lambda Rn - 2e_0R$

On peut remarquer que le système proposé fonctionne aussi bien en transmission qu'en réflexion. Compléter le montage en proposant un moyen de former, à l'aide de la lentille de distance focale 200mm, l'image des anneaux en réflexion (c'est-à-dire, l'image du faisceau réfléchi par le dispositif) avec un grandissement de -1. Pour cela, placer la lentille et l'écran sur le banc optique et orienter le dispositif d'anneaux de Newton de manière à former une image nette du faisceau réfléchi.

Décrire alors le système d'anneau observé à l'écran. Le rayon des anneaux sombres semble-t-il suivre la loi décrite dans la partie théorique ? Le dispositif utilisé fonctionne-t-il en division d'amplitude ou division du front d'onde ? Expliquer pourquoi les anneaux, durant le réglage, peuvent être observés déformés. En déduire une des applications possibles pour un tel dispositif.

Pour former l'image de la figure d'interférence avec un grandissement de -1, on utilise un montage $2f/2f$. On observe à l'écran un système d'anneaux sombres et orangés qui ont tous le même centre. Les anneaux sont de plus en plus fins et de plus en plus resserrés à mesure qu'on s'éloigne du centre. Or, la théorie prévoit que le rayon r_n du n ème anneau (en partant du centre de la figure) soit proportionnel à \sqrt{n} . L'écart entre le rayon de deux anneaux successifs diminue si on considère des anneaux de plus en plus éloignés du centre, ce qui concorde avec la théorie.

Le dispositif des anneaux de Newton est basé sur deux optiques partiellement réfléchissantes qui ont pour effet de modifier l'amplitude du faisceau incident sans modifier ses propriétés géométriques. Il s'agit donc d'un dispositif à division d'amplitude.

Durant le réglage, les anneaux pouvaient être vus déformés car la lame plane et la lentille ne sont pas tout à fait parallèles (du fait du vissage inégal des trois vis). De ce fait, pour une distance r fixe, l'épaisseur de la lame d'air parcourue n'est pas identique, ce qui implique une différence de marche non uniforme. Cela modifie les conditions d'interférence et donc la position des minimums et maximum d'intensité. Les anneaux sont donc vus déformés.

Un tel dispositif peut donc permettre de vérifier la planéité de lames planes en l'utilisant dans un dispositif d'anneaux de Newton. La déformation des anneaux de Newton obtenus peut alors donner une idée de la qualité de la lame, voir une estimation quantitative des défauts.

Placer maintenant une seconde lentille de focale 200mm sur un cavalier demi-lune et former l'image du faisceau transmis par le dispositif (sans changer l'orientation de ce dernier) : pour cette manipulation, le grandissement importe peu.

Comparer le système d'anneaux alors obtenu avec le précédent : en particulier, quelle remarque pouvez-vous faire sur le contraste et la succession des anneaux ?

On remarque que le système d'anneaux obtenu est exactement complémentaire au premier : les anneaux sombres dans le premier cas sont lumineux dans le second et inversement. Cela est dû à la complémentarité entre un faisceau transmis et un faisceau réfléchi (si on néglige l'absorption, on retrouve l'intensité du faisceau incident en sommant l'intensité du faisceau transmis et celle du faisceau réfléchi).

On peut de plus noter que le contraste de la figure obtenue en transmission est plus faible que celui de la figure en réflexion : en effet, les anneaux « sombres » de la figure en transmission ont une légère teinte orangée (qui est beaucoup plus prononcée que pour les anneaux de la figure en réflexion).

On se propose maintenant de vérifier de manière quantitative la relation $r_n^2 = \lambda R n - 2e_0 R$ où r_n est le rayon du n ème anneau sombre. R est le rayon de courbure du dioptre sphérique de la lentille plan convexe du dispositif et λ la longueur d'onde du faisceau incident. Un contraste élevé favorisant la mesure du rayon des anneaux, on utilisera donc la configuration d'observation en réflexion pour les mesures.

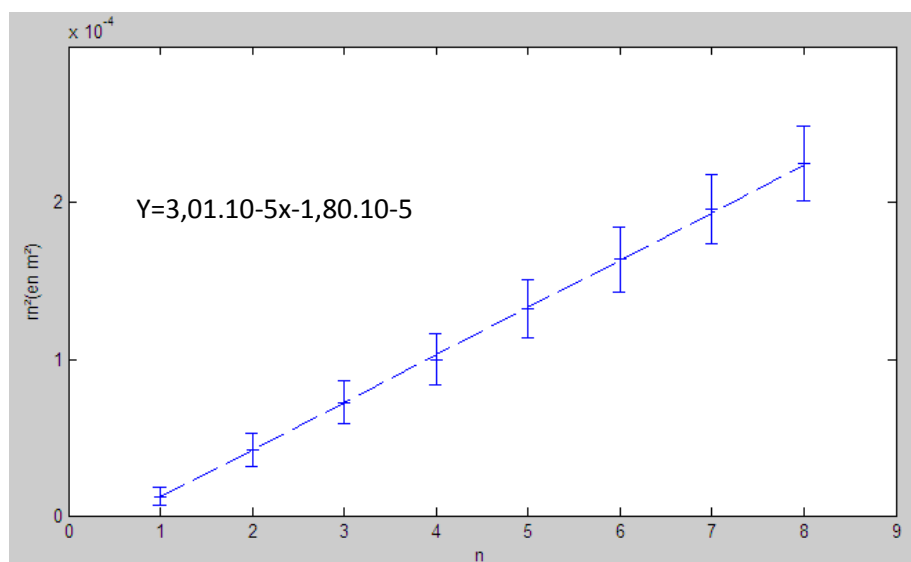
En négligeant le terme $2Re_0$, calculer le rapport $\frac{r_{n+1}}{r_n}$. Mesurer pour $n \geq 2$ le rayon des anneaux de Newton visibles sur la figure obtenue en réflexion et vérifier que les rapports correspondent bien à ceux déterminés en théorie.

Si on néglige le terme $2e_0 R$, le rapport $\frac{r_{n+1}}{r_n}$ devient $\sqrt{\frac{n+1}{n}}$. En mesurant les rayons des anneaux sombres à l'écran, on obtient les résultats ci-contre. Les écarts avec les valeurs théoriques sont assez faibles et semblent confirmer l'adéquation entre les rapports mesurés et la valeur théorique $\sqrt{\frac{n+1}{n}}$. La relation $r_n^2 = \lambda R n$ semble donc être bien vérifiée.

n	$Rn(\text{en m})$	$\frac{R_{n+1}}{R_n}$	$\sqrt{\frac{n+1}{n}}$	Ecart relatif
2	$6,50.10^{-3}$	1,31	1,22	-6,77%
3	$8,50.10^{-3}$	1,18	1,15	-1,89%
4	$1,00.10^{-2}$	1,15	1,12	-2,86%
5	$1,15.10^{-2}$	1,11	1,1	-1,21%
6	$1,28.10^{-2}$	1,1	1,08	-1,66%
7	$1,40.10^{-2}$	1,07	1,07	-0,22%
8	$1,50.10^{-2}$	1,05	1,06	1,01%
9	$1,58.10^{-2}$			

On se propose maintenant de retrouver le rayon de courbure ' R ' à partir de la loi $r_n^2 = \lambda R n$. Lorsqu'on observe la figure sur un écran à l'aide d'un montage avec un grandissement γ , ce dernier intervient dans la relation, qui devient alors $r_n^2 = \gamma^2 R n \lambda$

Tracer le graphe $rn^2 = f(n)$ en faisant apparaître les barres d'incertitude. Expliquer la forme du graphe obtenu. A l'aide de ce dernier, donner une estimation de la valeur de 'R' et de l'incertitude sur cette valeur (prendre en compte l'incertitude sur le grandissement γ).



Le graphe de $rn^2 = f(n)$ obtenu est une droite. Cela s'explique par la relation donnée dans les rappels théoriques, qui peut se réécrire $r_n^2 = kn$ où 'k' est le coefficient directeur de la droite obtenue. Grâce à ce dernier, on peut retrouver le rayon de courbure 'R' de la lentille du dispositif.

On a $R \approx 51m$. L'incertitude sur cette mesure peut être obtenue grâce à un modèle de régression linéaire (qui donne l'incertitude sur la pente k de la droite) en prenant en compte l'incertitude sur la mesure de r_n

(on a $r_n^2 = 2 r_n \Delta r_n$)

On obtient alors $\Delta R = \left| \frac{k}{\gamma^2 \lambda^2} \right| \Delta \lambda + \left| \frac{1}{\gamma^2 \lambda} \right| \Delta k + \left| \frac{k}{\gamma^3 \lambda} \right| \Delta \gamma \approx 7m$.

(on peut négliger l'incertitude sur λ).

L'incertitude sur le grandissement provient d'une part du positionnement du dispositif sur le banc et d'autre part de l'incertitude sur la distance focale de la lentille convergente utilisée dans le montage

Finalement, on trouve $R=51 \pm 7m$

On peut aussi, pour déterminer l'incertitude sur k, tracer les deux droites de coefficient directeur maximal et minimal passant par les barres d'incertitudes. On peut remarquer que la droite possède une ordonnée à l'origine. Ce terme peut provenir de l'épaisseur e_0 négligée dans la question : la relation est en réalité $r_n^2 = \lambda R n - 2e_0$, ce qui implique une droite avec pour ordonnée à l'origine $-2e_0$.

Reprendre l'étude précédente en mesurant cette fois ci le diamètre des anneaux. Commenter les résultats obtenus et conclure sur la méthode la plus précise.

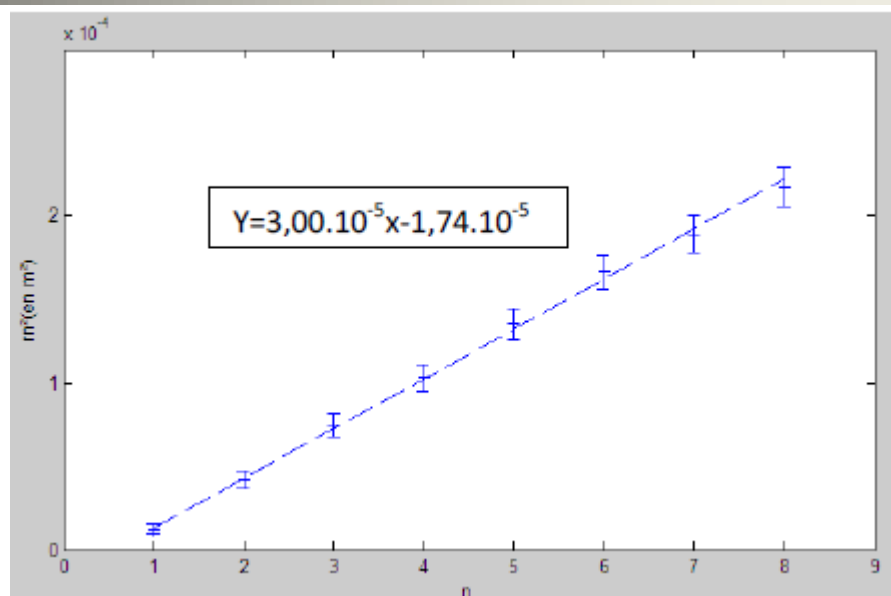
On applique la même méthode que précédemment, en prenant cette fois $r_n = D_n/2$

On obtient le graphe ci-dessus. On remarque que les barres d'incertitude sont plus faibles que lors de l'étude précédente: le fait que les mesures soient faites sur le diamètre limite la dispersion des mesures car l'incertitude relative $\frac{\Delta r_n}{r_n}$ est diminuée.

En effet, on a $\Delta r_n^2 = 0,5 d_n \Delta d_n$, avec l'incertitude sur la mesure de, qui la même que l'incertitude sur la mesure de r_n : l'incertitude relative sur r_n est donc environ divisée par 2.

Le coefficient directeur 'k' de cette droite est toujours égal à $R\lambda$. On en déduit

$R = 51\text{m} \pm 5\text{m}$. Cette méthode donne des résultats un peu plus précis et fiable, de fait de la méthode de mesure qui donne des incertitudes moins élevées sur r_n .



Le principal inconvénient de ce montage est que le diamètre des anneaux est assez faible, ce qui limite la précision des mesures. Pour augmenter le diamètre des anneaux sur l'image obtenue à l'écran, on peut réaliser un montage avec un grandissement 'γ' inférieur à -1. Pour cela, modifier le montage de manière à ce que le grandissement de l'image sur l'écran soit de -2. Le rayon r_n du nième anneau obtenu sur l'écran est alors égal à (en négligeant toujours e_0).

Mesurer le diamètre des anneaux de l'écran et tracer le graphe $rn^2 = f(n)$. En déduire une nouvelle estimation de la valeur de 'R' et de l'incertitude sur cette valeur. Comparer les résultats avec ceux obtenus avec le montage précédent.

Pour réaliser un montage avec un grandissement de -2, on utilise la relation sur le grandissement et la relation de conjugaison : on a d'une part

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \Rightarrow \overline{OA'} = 2 \overline{OA}$$

On en déduit $OA = -30\text{cm}$ et $OA' = 60\text{cm}$.

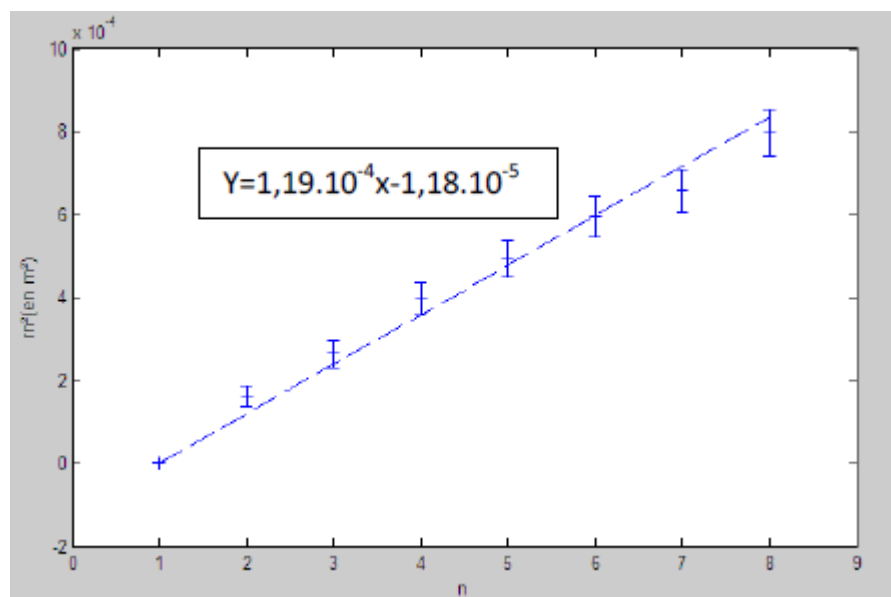
On applique la même méthode que précédemment pour déterminer la valeur de 'k'.

Le coefficient directeur de la droite tracée est donné par $R\lambda\gamma^2$.

On en déduit $R \approx 51\text{m} \pm 4\text{m}$. Pour déterminer l'incertitude sur 'R', on utilise la relation

$$\Delta R = \left| \frac{1}{\gamma^2 \lambda} \right| + \left| \frac{1}{\lambda \gamma^3} \Delta \gamma \right| \approx 4\text{m}$$

Cette méthode, du fait de l'incertitude sur le grandissement, ne donne pas des résultats significativement plus précis que la méthode précédente.



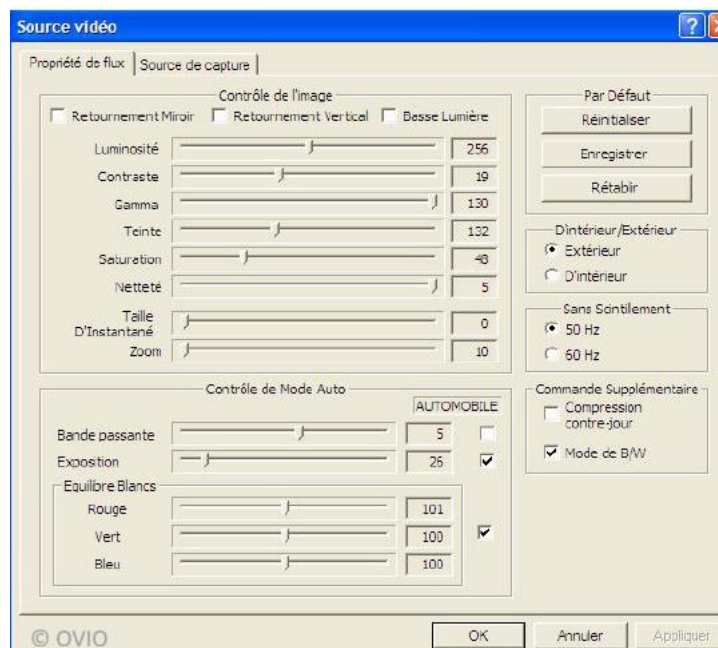
MANIPULATION 2: Détermination de la longueur d'onde de filtres interférentiels avec le système Ovisio.

Grâce aux anneaux obtenus avec la lampe à vapeur de sodium, nous avons pu déterminer le rayon de courbure 'R' du dispositif système d'anneaux de Newton. Grâce à cette donnée, nous allons maintenant mesurer la longueur d'onde de divers filtres interférentiels à l'aide du système Ovisio.

Afin de prendre en main le logiciel Ovisio, on se propose de déterminer à nouveau le rayon de courbure du dioptre sphérique, cette fois ci à l'aide de la caméra numérique et du logiciel. Pour cela, on se replace dans les conditions d'observation telles que le grandissement de l'image sur l'écran soit de -1.

Placer tout d'abord sur le cavalier de 10cm le support réglable pouvant contenir la caméra et l'écran, puis placer le tout sur le banc, à la place de l'écran métallique utilisé jusqu'alors. Brancher la caméra au port USB de l'ordinateur et lancer le logiciel Ovisio. Quelques secondes sont nécessaires au logiciel pour configurer la caméra numérique. Une fois la configuration terminée, deux fenêtres apparaissent : la fenêtre « vidéo » montre l'image filmée par la caméra et la fenêtre « profils et mesures » permet d'afficher l'intensité détectée par la caméra selon un axe préalablement choisi (nous aborderons ce point dans la suite du TP).

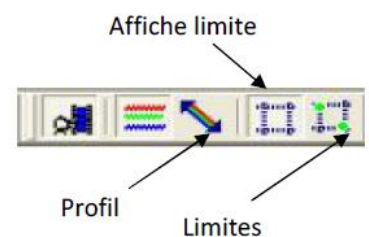
Cliquez sur la fenêtre « vidéo » pour que celle-ci soit active cliquez sur l'onglet réglages puis source. La fenêtre suivante s'affiche :



Celle-ci permet de régler les paramètres de la caméra. Vérifier que les paramètres affichés correspondent à ceux que vous pouvez voir sur la figure précédente.

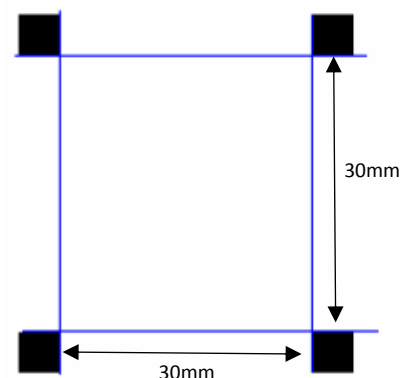
Une fois ces paramètres entrés, il faut étalonner la caméra pour pouvoir effectuer des mesures de distance. Pour ce faire, nous allons utiliser l'image de l'écran possédant quatre carrés noirs. Observer l'image de l'écran donnée par le logiciel et repérer les quatre carrés noirs.

Si besoin, régler la distance entre la caméra et l'écran pour améliorer la netteté de l'image (pour améliorer la netteté, on peut aussi tourner l'objectif de la caméra).



La distance entre deux carrés noirs situés sur un même côté est de 3cm. Dans la barre d'outils, cliquez sur l'icône « affiche limite » pour afficher deux traits horizontaux et deux traits verticaux. A l'aide des boutons gauche et droit de la souris, déplacer les repères de manière à obtenir le résultat de la figure située à droite.

Ensuite, cliquez sur le menu outil puis calibrage. La fenêtre affichée vous permet d'entrer la distance entre les repères que vous venez de placer. Entrez en mm la distance entre les repères horizontaux puis celle entre les repères verticaux (qui sont de 30 mm). Une fois le calibrage terminé, décocher l'option « limites » en cliquant sur l'icône profil.



Le système Ovisio est maintenant calibré pour pouvoir effectuer des mesures de distance.

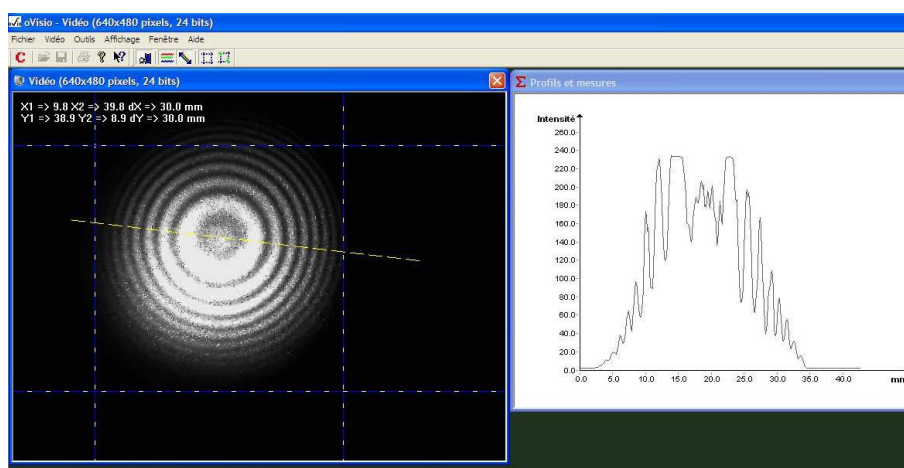


Remarque : ne plus modifier la distance écran/caméra ni la netteté car cela fausserait les mesures (en cas de modification, un nouveau calibrage est alors nécessaire).


Observer avec le logiciel l'image de l'écran donnée par la caméra numérique. Un réglage de certains paramètres est peut être nécessaire pour une observation optimale pour cela, cliquer sur la fenêtre vidéo pour que celle-ci soit active, puis aller dans le menu réglage puis source. Dans le menu qui s'affiche alors, modifier le paramètre exposition pour que l'image soit de la meilleure qualité possible (c'est-à-dire, une image avec un nombre maximal d'anneaux clairs visible tout en distinguant nettement les anneaux sombres).

Une fois ce paramètre réglé, il est possible d'observer un profil d'intensité de l'image selon la direction souhaitée. Dans la barre des tâches, cliquer sur l'icône profil. Celui-ci permet alors de positionner sur l'image un axe qui déterminera la direction selon laquelle sera fait le profil d'intensité : pour le positionner, cliquer avec le bouton droit (cela positionne un point de l'axe) puis avec le bouton gauche (cela positionne le second point de l'axe). Une fois l'axe positionné, l'intensité de l'image en fonction de la position sur l'axe précédemment fixé s'affiche dans la fenêtre « profils et mesures ». Vérifier que l'unité sur l'axe des ordonnées est bien le mm : si ce n'est pas le cas, cliquer sur l'icône configuration (C) puis sur l'onglet graphique. Le menu « affichage en » indique l'unité de l'axe des abscisses du profil d'intensité : la modifier si celle-ci n'est pas en mm.

Observer alors le profil d'intensité obtenu si on choisit un axe dirigé selon un diamètre des anneaux lumineux concentriques figurant sur l'écran. Il est possible que le profil d'intensité soit décalé en ordonnée. Dans ce cas, occulter le faisceau lumineux incident puis aller dans le menu réglage puis source. Régler alors le paramètre luminosité de manière à ce que l'intensité (qui doit alors être constante si la luminosité ambiante est uniforme) soit nulle.



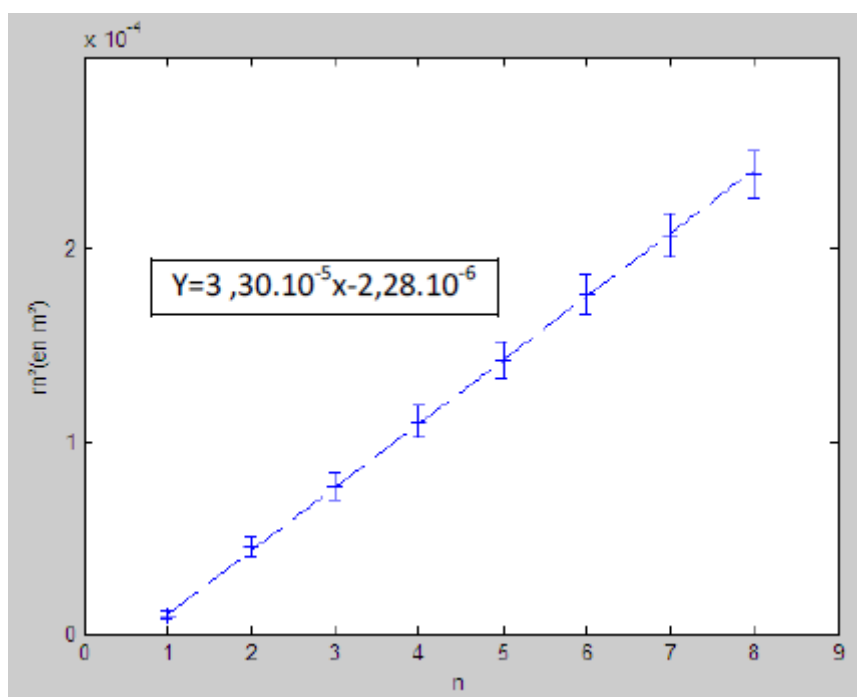
Observer alors de nouveau le profil d'intensité. En modifiant les paramètres exposition et luminosité, obtenir le profil d'intensité de la meilleure qualité possible (pics et minimums nets, un maximum de pics observables). Vous devez obtenir une image et un profil d'intensité similaire à celui-ci-dessus :

On peut mesurer, à l'aide du logiciel Ovisio, le rayon des anneaux sombres. Pour ce faire, cliquer sur la fenêtre « profils et mesures » pour que cette dernière soit active. Pour effectuer une mesure de distance, cliquer sur l'icône  puis sur le début de la zone à mesurer et déplacer horizontalement le curseur jusqu'à l'endroit voulu : la distance mesurée s'affiche alors. On peut ainsi mesurer assez facilement le diamètre des anneaux sombres de la figure.

Une seconde manière de mesurer le diamètre des anneaux sombre est d'agrandir la fenêtre profil et d'utiliser les curseurs proposés dans le logiciel. Cliquer sur l'icône marqueurs verticaux pour afficher deux lignes horizontales bleues sur le profil d'intensité : celles peuvent être déplacées à l'endroit voulu sur le profil. La distance entre les deux axes s'affiche alors dans le cadre delta curseur, figurant en haut à droite de la fenêtre.

A l'aide du logiciel, mesurer le diamètre des anneaux sombres visibles. Tracer ensuite la courbe $rn^2=f(n)$ et en déduire une estimation du rayon de courbure du dioptre sphérique. Dans la suite du TP, on considérera cette valeur comme étant exacte.

Si on trace le graphe de $rn^2=f(n)$. On trouve le graphe suivant :



L'estimation de R obtenue est $R=56\pm 2\text{m}$. L'incertitude sur la détermination de λ effectuée est assez faible. Pour pouvoir estimer l'incertitude sur 'R', il est nécessaire de faire une estimation de l'incertitude sur la mesure de Dn. Pour cela, il faut prendre en compte l'incertitude due à la mesure elle-même mais aussi l'incertitude dû au calibrage. On prend alors deux positions limites du calibrage pour lesquelles celui-ci est considéré comme juste. On mesure ensuite la valeur minimale p_{\min} et maximale p_{\max} du nombre de pixels séparant deux axes verticaux ou horizontaux (on admet que le résultat est le même dans les deux directions). L'incertitude sur d liée au calibrage est donc donnée par : $\frac{p_{\max}-p_{\min}}{p_{\max}} \times 30.10^{-3} \approx 7.10^{-4} \text{ mm}$ (cette incertitude est en général comprise entre 0,5 et 0,9 mm).

Cependant, on remarque que la mesure de 'R' effectuée cette fois ci diffère de celles effectuées précédemment. Cela peut être dû à un dérèglement du système lors du montage de la manipulation.

A l'aide du logiciel, donner une estimation du contraste des anneaux : on rappelle que le contraste est donné par la relation $C = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$. Pour cela, on relèvera la position d'un anneau clair et on mesurera son intensité (I_{\max}). Relever l'intensité des deux anneaux sombres autour de cet anneau clair et faire la moyenne de ces deux intensités : I_{\min} .

Sachant que le coefficient de réflexion en énergie des 4 dioptries est de 4%, quel est le contraste maximal possible ? Qu'est-il possible de faire pour améliorer le contraste ?

Calculer de manière théorique le contraste maximal pour la figure ne transmission.

Conclure.

Sachant que 4% de la lumière incidente est réfléchi par chacun des dioptries du système, on peut, estimer la valeur maximale du contraste. Sur un aller, le faisceau incident subit 4 réflexions

- 4% du faisceau incident est réfléchi sur le dioptre plan de la lentille (faisceau 1)
- 3,84% du faisceau incident est réfléchi par le dioptre sphérique (faisceau 2)
- 3,69% du faisceau incident est réfléchi par le dioptre sphérique (faisceau 3)
- 3,54% du faisceau incident est réfléchi par le dioptre sphérique (faisceau 4)

Sur ces 4 faisceaux réfléchis, seuls le deuxième et le troisième peuvent interférer. Soit I_0 l'intensité du faisceau incident : s'il y a interférence constructive, l'intensité du faisceau 2 et 3 s'ajoutent.

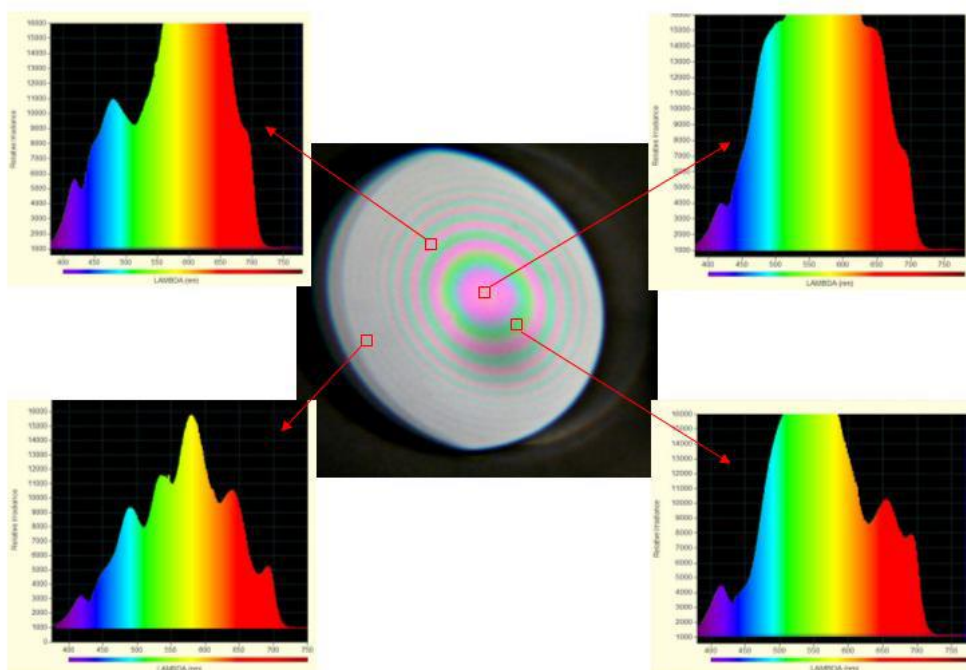
L'intensité totale est alors $I_{\max} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = I_0 (0,04 + 0,0384 + 0,0369 + 0,0354) = 0,1507 I_0$

S'il y a interférence destructive, les intensités des faisceaux 2 et 3 se retranchent : l'intensité totale est alors $I_{\min} = I_1 + I_4 = I_0 (0,04 + 0,0354) = 0,0754 I_0$

Le contraste maximal observable est donc $C = (0,1507 - 0,0754) / (0,1507 + 0,0754) \approx 33\%$

En pratique, on a $C = (172 - 0,5 \times (88 + 58)) / (172 + 0,5 \times (88 + 58)) \approx 37\%$

Remplacer la lampe à sodium et le collimateur par la source de lumière blanche proposée. Placer la lampe de manière à ce que le faisceau émis se propage selon une direction la plus parallèle possible à celle du banc optique. En jouant sur l'orientation de la lampe (ne pas modifier l'orientation ni la position du dispositif d'anneaux de Newton par rapport à la manipulation précédente), former l'image en réflexion du dispositif de Newton avec un grandissement de -1. Vous pouvez alors observer un phénomène particulier : **un blanc d'ordre supérieur**. Ce phénomène est obtenu lorsqu'un coin d'air d'épaisseur suffisamment grande est éclairé avec une lumière blanche. Dans ce cas, plusieurs longueurs d'onde du spectre visible peuvent interférer constructivement : le spectre obtenu présente donc une succession de maximums et de minimums d'intensité (il s'agit d'un spectre dit cannelé). Les cannelures observées dans le spectre sont d'autant plus nombreuses que l'épaisseur de du coin d'air est grande. Lorsque le nombre de cannelures est grande, la lumière vue par l'observateur possède plusieurs longueurs d'onde qui se superposent : l'œil ne peut plus les distinguer et on observe alors une teinte blanche uniforme.



Si on s'éloigne des anneaux du centre de la figure, on remarque que les anneaux sont de moins en moins visibles et que les teintes les plus visibles sont le vert et le rouge. Pour une distance suffisamment grande, on observe une teinte blanche uniforme. Pour l'œil, les interférences ne sont alors plus visibles : c'est le phénomène du blanc d'ordre supérieur. Celui est observable si on s'éloigne du centre de la figure car cela correspond à un r plus élevé et donc une épaisseur du coin d'air formé par le dispositif plus grande.

**Décrire la figure que vous observez et la comparer à celle que vous observiez avec la lampe à sodium.
Comment expliquez-vous la différence entre les deux figures ?**

On observe à l'écran un système d'anneaux concentriques. Au centre, la couleur des différents anneaux visibles varie de manière uniforme et décrit le spectre visible de la lumière. Cette observation met en évidence le caractère polychromatique de la lumière : à chaque longueur d'onde présente dans le spectre du faisceau lumineux incident correspondent des positions r_n particulières d'interférences constructives et destructives (ces positions dépendent directement de la longueur d'onde de l'onde incidente). Ainsi, le dispositif permet de séparer les différentes longueurs d'onde présentes dans un spectre lumineux.

Nous allons maintenant observer l'effet d'un filtrage du faisceau lumineux par un filtre interférentiel. Vous disposez de quatre filtres dont trois monochromatiques et un filtre anticalorique. Placer les filtres dans le porte-composant à barillet. Pour cela, dévisser complètement, dans chacun des emplacements prévus, la bague permettant de maintenir les filtres dans le barillet. Insérer avec précautions les filtres les emplacements puis les fixer en revissant la bague. Une fois le porte-composant rempli, le placer sur un support en quartier de lune. Placer ensuite le barillet sur le trajet du faisceau émis par la source de lumière blanche de manière à le filtrer (placer le barillet à l'endroit où le faisceau émis est le moins large).



Remarque : veillez à ce que la lumière incidente soit normale au barillet contenant le filtre (si la lumière arrive sur le filtre interférentiel avec un angle d'incidence non nul, la longueur d'onde transmise par celui-ci est modifiée). Pour vérifier ce point, on pourra regarder où se situe le faisceau réfléchi par le filtre. Positionner l'ensemble des composants de manière à ce que le faisceau à la sortie du filtre éclaire entièrement le dispositif d'anneaux de Newton. Placer le filtre jaune en haut du barillet, de manière à ce que celui-ci filtre le faisceau incident.

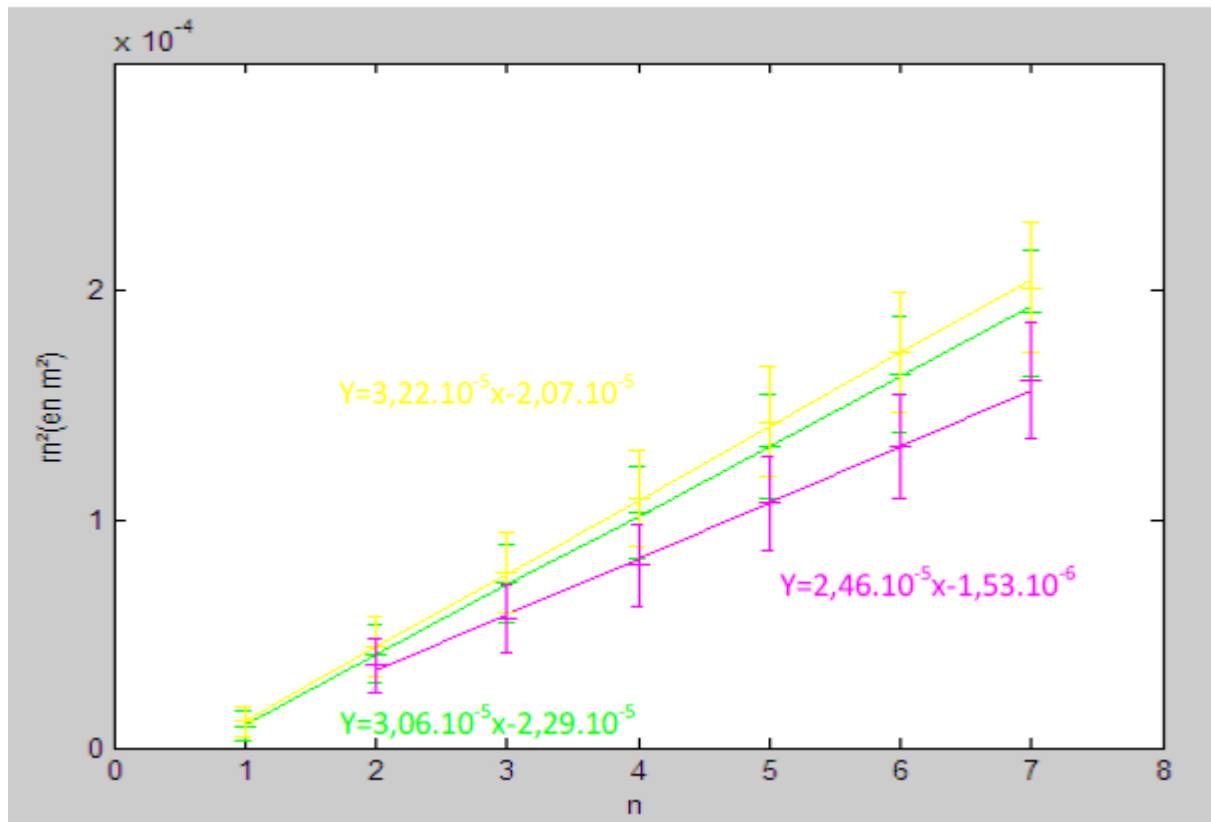
Comparer ces anneaux avec ceux obtenus avec le filtre violet (pour observer ces derniers, tourner le barillet de manière à ce que le filtre violet soit dans la partie supérieur du barillet. Pour pouvoir comparer plus aisément, on pourra tourner le barillet de manière à ce que la source de lumière blanche éclaire simultanément les deux filtres). En particulier, quelle remarque pouvez-vous faire sur le rayon des anneaux sombres des deux figures ?

La figure obtenue avec le filtre jaune est une alternance d'anneaux concentriques clairs et sombres. Ces anneaux sont assez semblables à ceux obtenus lors de la manipulation, mis à part la teinte des anneaux clairs. Le filtre proposé semble donc bien monochromatique. Lorsqu'on filtre le faisceau incident avec le filtre violet, on obtient encore une succession d'anneaux concentriques sombres et clairs. Cependant, les anneaux n'ont pas la même position que ceux obtenus avec le filtre jaune. Comme nous l'avions mentionné précédemment, cela est dû au fait que la position des anneaux sombres et clairs sur l'écran dépend de la longueur d'onde transmise par le filtre.

En se servant de la mesure du rayon des anneaux sombres de chacune des figures obtenues avec les trois filtres monochromatiques, il est possible de déterminer la longueur d'onde transmise par chacun des filtres.

Pour chacun des systèmes d'anneaux obtenus avec les trois filtres monochromatiques, relever le diamètre des différents anneaux sombres. Pour chaque filtre, tracer ensuite la courbe $rn^2 = f(n)$ où rn est le rayon du nième anneau sombre en partant du centre. En utilisant la relation $r_n^2 = R\lambda n$, déterminer grâce aux graphes la valeur de la longueur d'onde transmise par les filtres.

Accompagner l'estimation de λ d'un calcul d'incertitude. Conclure sur l'intérêt et/ou les limites de la méthode. Préciser pourquoi il est important que le faisceau lumineux incident soit le plus possible parallèle à l'axe du banc optique.



Observer maintenant sur l'écran la figure obtenue avec le filtre non monochromatique.

Décrire la figure obtenue avec ce filtre. Que peut-on en déduire ? Compte tenu du nom du filtre (filtre anticalorique) et des observations effectuées, émettre une hypothèse sur son rôle.

On remarque que la figure observée est tout à fait semblable à celle observée en lumière blanche. On peut en déduire que le filtre proposé transmet le spectre visible de la lumière émise par la source blanche. Le filtre bloque donc le rayonnement incident en dehors du spectre visible. Compte tenu du nom du filtre, on peut supposer que ce filtre bloque le rayonnement thermique émis par le milieu environnant, c'est-à-dire le rayonnement infrarouge. Pour pouvoir le vérifier, il faudrait un système de détection fonctionnant dans l'infrarouge et une source infrarouge.

Des services au quotidien

Obtenir des conseils, un devis, une demande de démo



> Service technico-commercial

Pour la Métropole

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

E-mail : optique@ovio-instruments.com

Web : www.ovio-optics.com

Pour l'International

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

E-mail : export@ovio-instruments.com

Commander, suivre une commande

> Administration des ventes

Passer une commande

Fax : +33 (0)1 30 44 25 40

E-mail : optique@ovio-instruments.com

Courrier : OVIO Instruments - Service Clients

468, rue Jacques-Monod

CS 21900, 27019 Evreux CEDEX France

Suivre une commande

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

E-mail : optique@ovio-instruments.com



Obtenir des conseils, un devis, une demande de démo



> Support technique, SAV

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

E-mail : SAV@ovio-instruments.com

Web : www.ovio-optics.com

Pour l'International

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

Attention : pour tout retour de matériel en SAV, merci de nous appeler au préalable.