

TP1 ANNEAUX DE NEWTON

PRESENTATION

Sujet

La « machine à anneaux » de Newton est utilisée pour mesurer les rayons de courbure de lentilles de surfaces sphériques ; l'instrument est particulièrement adapté lorsque les rayons de courbure sont grands. Une grande précision des mesures est obtenue grâce à la formation d'interférences lumineuses.

Objectifs

- Comprendre le fonctionnement d'un système optique complexe.
- Savoir réaliser un protocole de réglage en contrôlant les étapes successives.
- Réaliser une mesure dimensionnelle par méthode interférométrique.
- Savoir estimer la distance focale d'une lentille à partir de ses dimensions et de son indice optique.

Consignes et sécurité

- Le dossier « **Pour le TP S3** » sur le bureau du PC regroupe les icônes utiles.
- **Les fichiers de documentations et de simulation sont dans « D:/MesDocs »**
- **Les fichiers utiles SERONT sauvegardés dans « E:/MesDocs »**
- Faire attention à la lampe spectrale. Eclairer vers le mur pour ne pas éblouir.
- Eteindre la lampe en fin de TP.

Plan du TP

- 1- Principe de la formation des anneaux de Newton p 2
- 2- Simulation du modèle théorique de l'interféromètre p 2
- 3- Mesures expérimentales de rayons de courbure p 3

Annexes :

Version en couleur accessible dans E:\MesDocs

A1- Liste du matériel utilisé p 6

A2- Description de la machine à anneaux de Newton p 7

A3- Préréglages de la machine à anneaux de Newton p 8

0- TRAVAIL PREPARATOIRE à faire avant le TP

La documentation et le texte du TP1 en couleur **avec ses annexes complètes** sont sur la page des TP d'optique S3 accessible par <http://mpsn.free.fr>

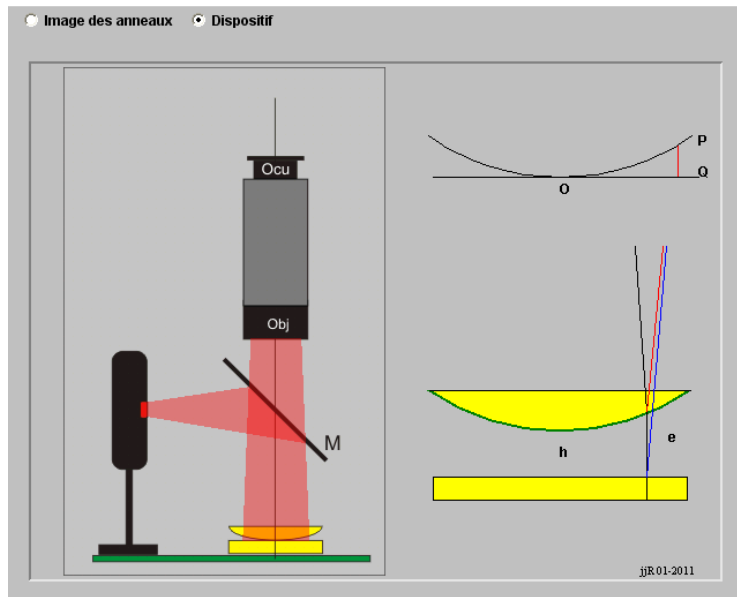
Lire attentivement le texte de TP, y compris ses Annexes.

1- PRINCIPE DE LA FORMATION DES ANNEAUX DE NEWTON

Une lentille plan-convexe dont on va mesurer le **rayon de courbure R** (choisi assez grand), est posée sur une surface plane.

Le dispositif d'éclairage extérieur permet d'éclairer par dessus le plan de la lentille avec un faisceau de lumière parallèle (la lampe est placée à 1 m environ, soit l'infini optique...).

La lame d'air formée entre la surface sphérique de la lentille et le plan horizontal du verre noir est donc éclairée normalement par un faisceau parallèle de lumière monochromatique de longueur d'onde λ (589.3 nm pour une lampe spectrale à sodium).



Une partie d'un rayon incident (en noir sur le schéma) se réfléchit sur l'interface verre-air (rayon rouge). L'autre partie traverse cette interface et une fraction de ce rayon se réfléchit sur la lame inférieure (rayon bleu). Pour la clarté du schéma, les rayons ont été représentés avec une incidence non nulle. Ces deux rayons réfléchis, d'amplitudes voisines, interfèrent en donnant des **franges de lame mince localisées au voisinage de la face sphérique de la lentille**.

Du fait de la **symétrie de révolution** supposée de la lentille, si l'appareil est bien réglé, on observe à travers la lunette des **franges circulaires** d'interférences, appelées **anneaux de Newton**.

Remarques :

- La lame semi-transparente, inclinée à 45° et orientée vers la source, permet l'éclairage du dispositif sous incidence normale par une lampe à vapeur de sodium sans gêner l'observation des anneaux.
- Le dispositif expérimental est décrit en détail dans l'Annexe A2.
- En partie basse de la machine, un chariot mobile coulisse sur deux rails horizontaux et supporte le plan de verre noir sur lequel on place la lentille. Il permet la mesure des rayons des anneaux.
- La méthode est suffisamment sensible pour permettre un contrôle de la qualité de la symétrie des surfaces de lentilles.

2- SIMULATION DU MODELE THEORIQUE DE L'INTERFEROMETRE

Modèle théorique

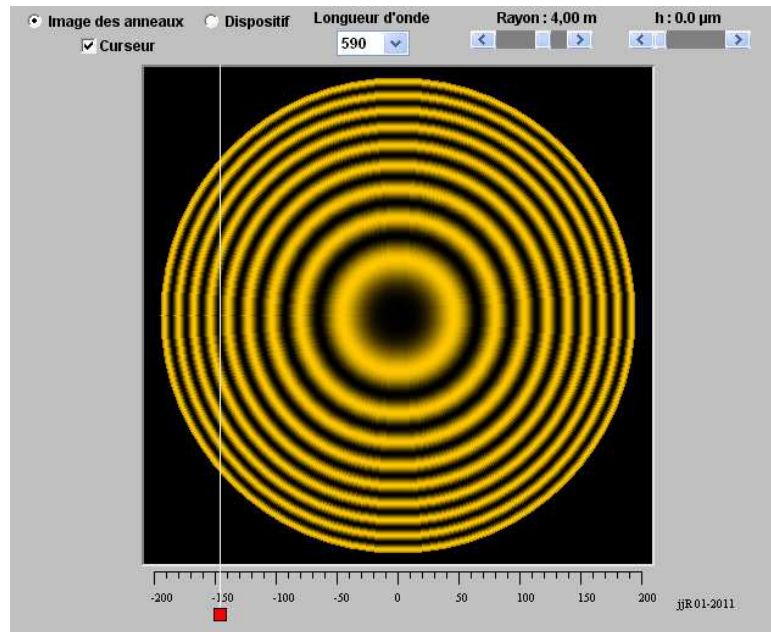
Du fait de la symétrie de révolution de la figure, on montrera que les franges circulaires obtenues sont des franges d'« égale épaisseur » (terme qui sera justifié plus tard) et que le rayon du $k^{\text{ième}}$ anneau, à partir du centre, est lié au rayon de courbure R de la surface sphérique (dioptré) de la lentille par la relation :

$$r_k^2 = k \times \lambda \times R + A$$

- k est le numéro de l'anneau à partir du centre.
- λ est la longueur d'onde de la source monochromatique (en m).
- R est le rayon de courbure de la surface (en m)
- A est un constante dépendant entre autre de la distance h entre la lentille et le plan.

→ Le principe d'utilisation de la machine consistera donc à mesurer les rayons r_k de plusieurs anneaux, à tracer la courbe $r_k^2 = f(k)$ et à déduire R de la droite obtenue.

Simulation



Faire les simulations en ne faisant varier évidemment qu'un paramètre à la fois !
Les mesures sont faites sur la **règle** grâce au **curseur** déplaçable à la souris.

Q2a- En mesurant le diamètre du 3^{ème} anneau brillant, vérifier la dépendance en λ des rayons.

Q2b- En mesurant le diamètre du 3^{ème} anneau brillant, la dépendance en R des rayons.

Q2c- Vérifier la proportionnalité entre le rayon et le numéro d'ordre k des anneaux.

Q2d- Décrire l'influence de la distance h entre le bas de la lentille et le plan horizontal.

3- MESURES EXPERIMENTALES DE RAYONS DE COURBURE

3.1- Réglages de la machine

- Prendre connaissance de la description détaillée de la machine avec l'Annexe A2. En particulier identifier les possibilités de réglages (molette etc.)
- Mettre en œuvre soigneusement la procédure de réglage décrite dans l'Annexe A3 avec la lentille utilisée au §3.2-. Faire vérifier vos réglages par l'enseignant.

3.2- Cas d'une lentille plan-convexe

On travaille avec la plus grande des deux lentilles disponibles qui est plan-convexe. Avant de la placer sur le plan de verre noir, nettoyez-la, ainsi que le plan, avec un papier chiffon adapté.

Procédure de mesure

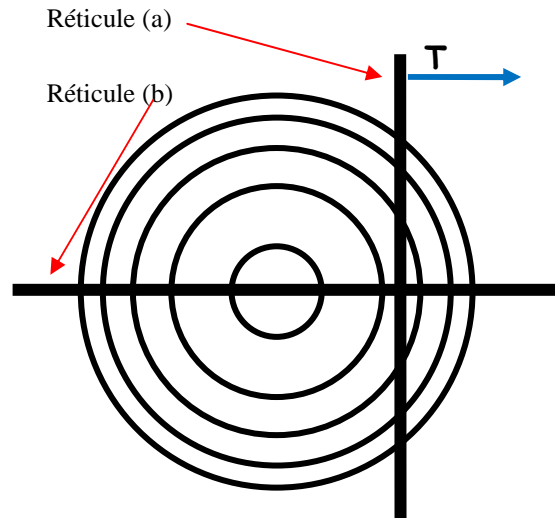
- Translation du système d'anneaux :

En tournant le tambour noir situé à droite, on translate le chariot. Les déplacements se lisent à l'avant du chariot (pour les mm) et sur le tambour (pour les $1/100^{\text{èmes}}$ de mm). La lunette équipée du réticule est fixe. C'est le système d'anneaux que l'on déplace en bloc.

- Réglage de l'orientation des réticules.

- Utilisation des réticules :

Pour faire la mesure des diamètres des anneaux, on translate suivant le vecteur T le système d'anneaux de façon à l'amener perpendiculairement à l'image (a) du réticule ou parallèlement à l'image (b).



On mesurera réellement le diamètre d'un anneau, et non une corde, si le réticule b est parallèle à la direction de translation T. Pour obtenir ce réglage, on agit sur l'orientation des réticules (a) et (b), en les faisant tourner dans leur plan, jusqu'à ce que la position du centre des anneaux reste sur le réticule (b) lorsqu'on translate le système d'anneaux.

Mesures demandées

Q3.2a- Mesurer les diamètres des dix premiers anneaux noirs.

Conseils :

- Déplacer lentement le chariot, toujours dans le même sens.
- Faire les « pointés » à droite, en commençant par exemple par le 10^{ème} anneau, puis le 9^{ème}, le 8^{ème}, etc. et en terminant par les pointés à gauche, 1^{er} anneau, 2^{ème}, 3^{ème} etc. jusqu'au 10^{ème}.
- Présenter les résultats dans un tableau.

k	10	9	8	7	etc...
Repère (graduation)					
D _k					
r _k					
r _k ²					

Q3.2b Tracer $r_k^2 = f(k)$ et en déduire R.

Donnée : pour une lampe spectrale à vapeur de sodium $\lambda = 589,3 \text{ nm}$

3.3- Cas d'une lentille biconvexe

Vous disposez aussi d'une lentille biconvexe. Ramener le chariot au milieu de sa course, nettoyez la lentille et le plan de verre noir avec un papier chiffon adapté et placer cette lentille au centre. Une image constituée de quelques petits anneaux devrait apparaître.

Q3.3a- Quelle est la nature de cette petite lentille (convergente, divergente) ; justifier.

Mesures demandées

Q3.3b- En considérant deux ou trois anneaux, estimer le rayon de courbure R₁ de la première face.

Q3.3c- Retourner la lentille et recommencer le même travail pour obtenir le rayon de courbure R₂ de la seconde face.

3.4- Mesure de la distance focale d'une lentille

Estimation de la focale f' à partir des mesures de rayons de courbure

Pour une lentille mince, la distance focale f' se calcule avec la formule de Gullstrand :

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

où :

- $n = 1,5$
- R_1 est compté positivement
- R_2 est compté négativement

Q3.4a- Calculer f' pour la lentille biconvexe (§3.3)

Q3.4b- Que deviendrait cette formule pour une lentille plan-convexe ? Calculer la focale pour la lentille plan-convexe (§3.2)

Mesure directe de la focale f'

Q3.4c- Comment mesurer directement la distance focale de la petite lentille biconvexe ?

Annexes

Annexe A1- LISTE DU MATERIEL UTILISE

Matériel utilisé

- une machine à anneaux de Newton
- une lampe spectrale Na (à vapeur de sodium)
- lentilles à mesurer

- un classeur avec texte de TP, Annexes et fiches techniques

Matériel informatique et logiciels utilisés

- un ordinateur PC « OPTIQUE 2 » avec suite Libre Office dont CALC
- documentation dans E:\MesDocs : pages d'aide et de simulation par applet java.
- navigateur avec plugin java (version 1.5 minimum...)

- accès à l'imprimante réseau

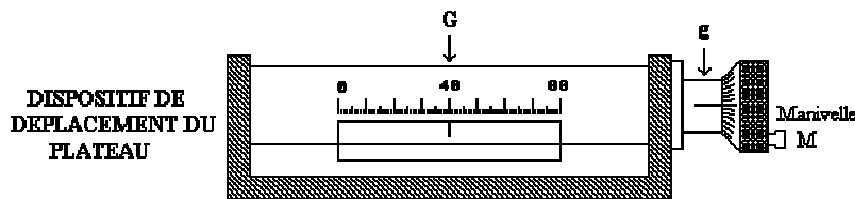
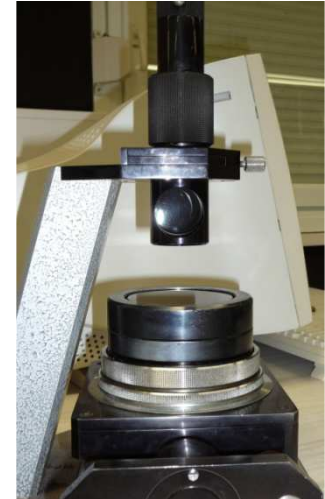
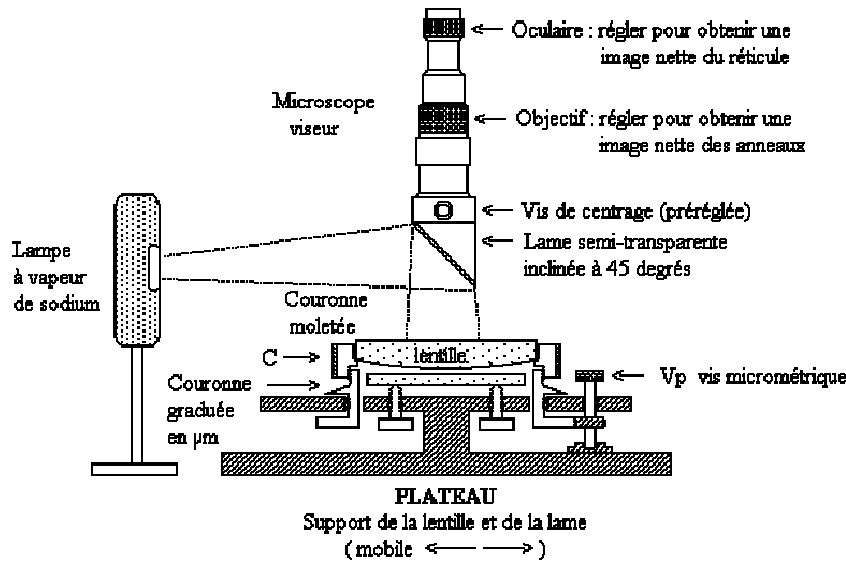
Applet de simulation

<http://subaru2.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/optiphy/newton.html>

Cet applet est dû à **Jean-Jacques ROUSSEAU**, Professeur de l'Université du Maine.

Annexe A2- DESCRIPTION DU DISPOSITIF A ANNEAUX DE NEWTON

Les figures ci-dessous présentent les principales parties de l'appareil



- La lentille plan-convexe, de rayon de courbure R , est posée sur une surface plane en verre noir.
- La lame d'air formée entre la surface sphérique et le plan M est éclairée normalement par un faisceau parallèle de lumière monochromatique de longueur d'onde λ .
- Si l'appareil est bien réglé, on observe à travers la lunette des franges circulaires d'interférences, appelées anneaux de Newton, localisées sur le plan de verre noir.
- La lame semi-transparente, inclinée à 45° , et orientée vers la source, permet l'éclairage du dispositif sous incidence normale par une lampe à vapeur de sodium, et ne gêne pas l'observation des anneaux.
- En partie basse de la machine, un chariot mobile coulisse sur deux rails horizontaux et supporte le plan de verre noir sur lequel on place la lentille.

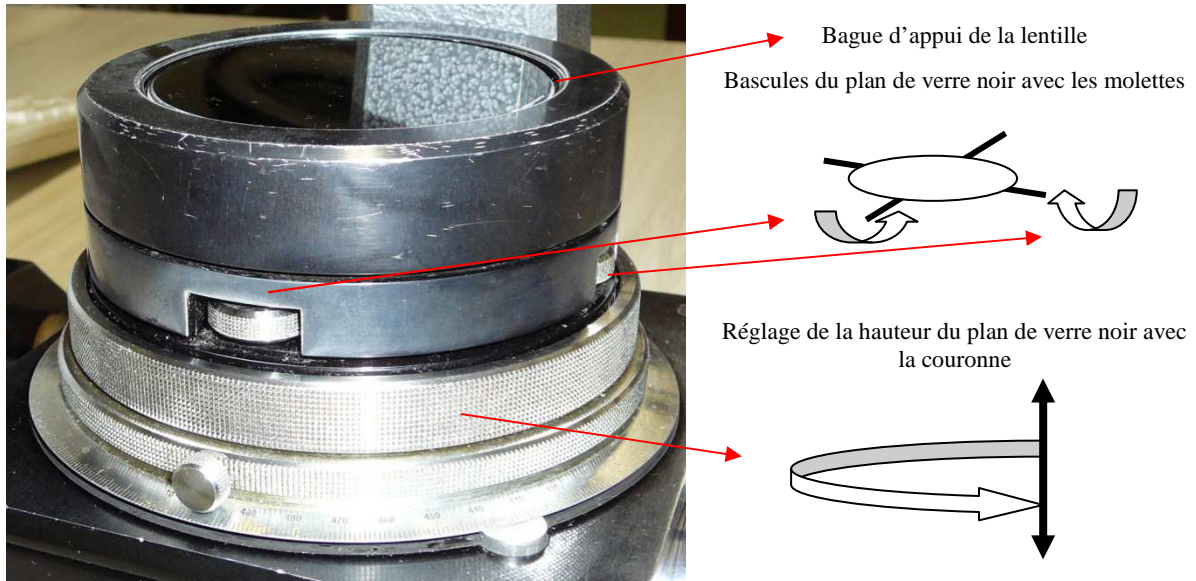
Annexe A3- PRERÉGLAGE DU DISPOSITIF A ANNEAUX DE NEWTON

Eclairage de la machine

- Allumer la lampe spectrale à vapeur de sodium et la placer à environ 1 m de l'appareil (voir figure de l'Annexe A1). On obtient ainsi un faisceau quasi -parallèle.

Moyens de réglage du plan de verre noir

- Pour régler l'horizontalité du plan, utiliser les deux molettes permettant de le basculer vers l'avant-arrière ou vers les côtés.
- Pour régler la hauteur du plan de verre noir, utiliser la grande couronne moletée en aluminium, située au-dessous des molettes.



Un disque gradué, solidaire de la couronne, permet de contrôler le déplacement vertical. La lentille est posée dans une bague d'appui horizontale de hauteur fixe et on agit sur l'orientation et la hauteur du plan de verre afin d'obtenir le contact du plan et de la lentille sans toutefois soulever la lentille.

Evaluation de la situation initiale avant réglage

On place la lentille plan-convexe sur le support ; trois possibilités peuvent alors se présenter :

- L'épaisseur d'air entre la lentille et le plan est trop importante et on n'observe aucune frange → Remonter alors le plan de verre noir (cf. ci-dessus)
- Les franges observées sont rectilignes : la face plane de la lentille est donc posée sur le plan de verre noir (!) → La lentille est à l'envers. Toutefois, avant de la retourner, élargir au maximum l'interfrange afin de régler l'horizontalité de la bague d'appui.
- Les franges observées sont des anneaux ou portions d'anneaux → il faut alors améliorer les réglages de hauteur et d'horizontalité du plan de verre noir.

Réglages

- Régler l'oculaire de la lunette à sa vue : le réticule de l'oculaire doit paraître net.
 - Faire la mise au point de l'objectif pour obtenir des franges nettes. La lunette peut subir un déplacement perpendiculaire à l'axe du faisceau à l'aide du petit bouton à l'avant du viseur.
 - Régler la perpendicularité de l'axe de la lunette et du plan de verre noir avec les molettes.
- Le réglage est correct si le centre des anneaux reste immobile lorsqu'on translate le plan de verre noir avec la manivelle. Pour obtenir ce résultat, agir doucement sur les deux molettes qui permettent de modifier l'orientation du plan de verre. Affiner alors les réglages effectués précédemment.
- Faire en sorte que le centre du groupe d'anneaux soit noir.

Vérifications Faire vérifier tous ces réglages par l'enseignant avant d'aborder les mesures.

TP1

ANNEAUX DE NEWTON

PRESENTATION	1
0- TRAVAIL PREPARATOIRE à faire avant le TP	1
1- PRINCIPE DE LA FORMATION DES ANNEAUX DE NEWTON	2
2- SIMULATION DU MODELE THEORIQUE DE L'INTERFEROMETRE.....	2
3- MESURES EXPERIMENTALES DE RAYONS DE COURBURE.....	3
Annexes	6
Annexe A1- LISTE DU MATERIEL UTILISE	6
Annexe A2- DESCRIPTION DU DISPOSITIF A ANNEAUX DE NEWTON	7
Annexe A3- PREREGLAGE DU DISPOSITIF A ANNEAUX DE NEWTON	8

Ouvrir une session sur l'ordinateur :

Utilisateur : **etmp**
Mot de passe : **mesures**