

Appareil de mesure des anneaux de Newton

1/ Description et réglage de l'appareil

Le schéma de l'ensemble de l'appareil est donné ci-dessous. Il comprend les éléments suivants:

- Un microscope de faible grossissement pour l'observation des anneaux par réflexion.
- Une lame semi-transparente inclinée à 45° permet à la fois l'éclairage et l'observation sous incidence normale.
- Un plateau mobile horizontalement supporte la lentille et la lame de verre plane.
- La lentille est posée sur une couronne moletée C. En vissant ou dévissant C, on peut éloigner ou rapprocher rapidement la lentille de la lame de verre. Une vis micrométrique Vp permet les déplacements lents de la lentille.
- La lame de verre repose sur trois vis calantes V1, V2 et V3. La vis V3, non représentée, est fixe. On règle l'horizontalité de la lame avec V1 et V2.
- Un dispositif de déplacement transversal du plateau repéré par une graduation grossière G en mm et une graduation fine g au 1/100 de mm.

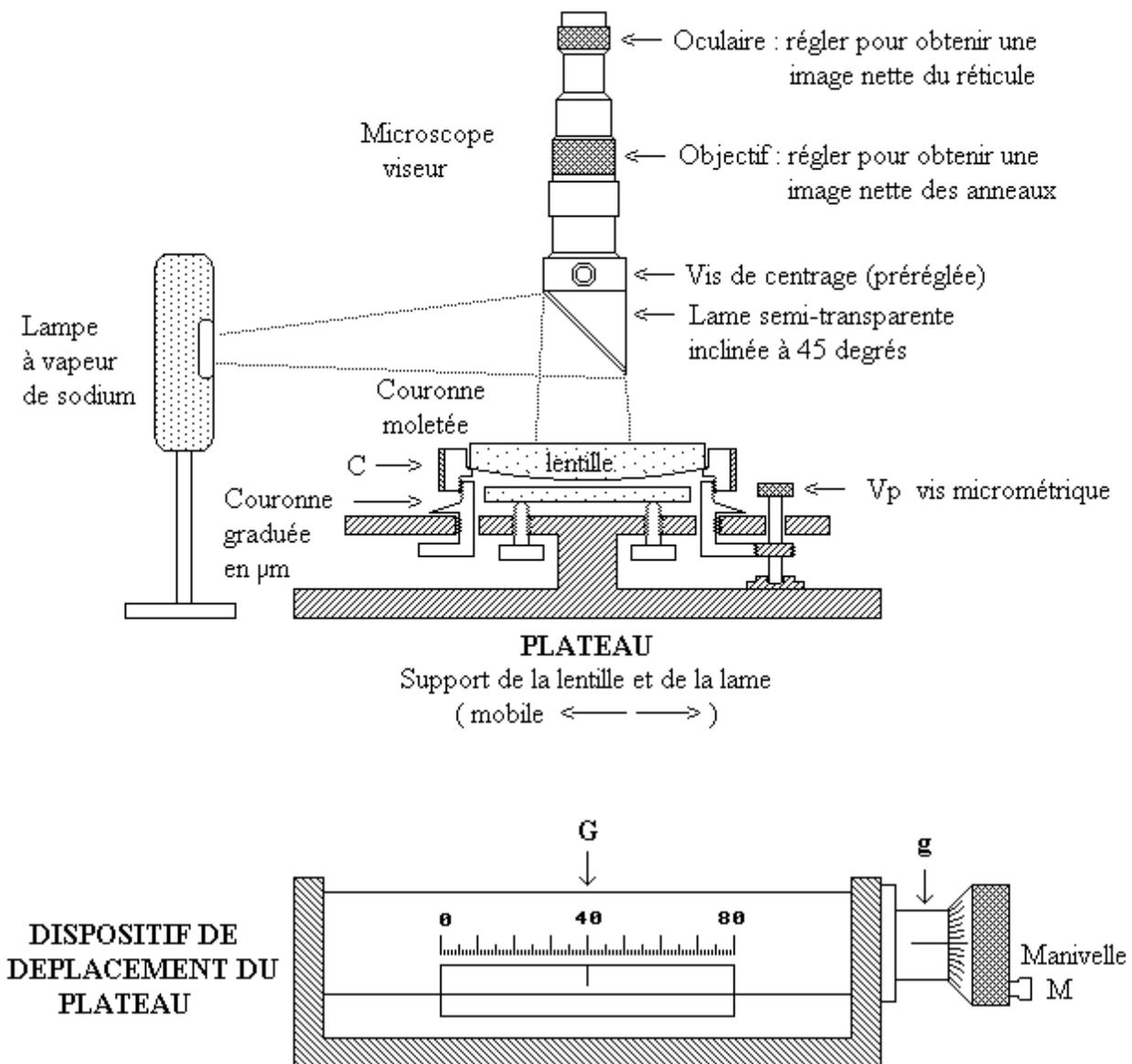


Figure 19

2/ Protocole de réglage de l'appareil: On dispose d'une lampe à vapeur de sodium

Il est formellement interdit de retirer la lentille de son support.

Lorsque le montage n'est pas utilisé, un couvercle transparent doit protéger la lentille.

1 - Allumer immédiatement la lampe à vapeur de sodium qui demande environ 10 minutes de chauffage. Ajustez ensuite sa position pour éclairer horizontalement la lame semi-transparente.

2 - Réglez l'oculaire du microscope pour voir nettement le réticule.

3 - Réglez l'objectif pour voir nettement la croix de centrage tracée sur le couvercle transparent qui protège la lentille.

4 - Superposez le réticule et la croix de centrage en tournant la manivelle du dispositif de déplacement du plateau et éventuellement la vis de centrage qui avance ou recule le microscope.

5 - Retirez le couvercle de protection et réglez l'objectif du microscope pour voir nettement à proximité du centre, la petite rayure située sur la surface de la lame de verre. Si l'appareil n'est pas totalement déréglé, vous devriez également voir les anneaux. Si les anneaux ne sont pas visibles, il est préférable d'appeler l'enseignant.

- **Si les anneaux sont visibles:**

6 - Tournez la vis micrométrique V_p de quelques tours dans le sens des aiguilles d'une montre. La lentille s'éloigne de la lame, les anneaux viennent disparaître au centre.

7 - Tournez V_p en sens inverse, les anneaux naissent au centre, la lentille se rapproche de la lame. Lorsque les anneaux cessent de défiler la lentille est en contact avec la lame. La position correspondante de la couronne graduée devrait se situer entre 0 et 100 microns. Dans ce cas, passez directement à l'étape 8.

Si le contact ne peut pas être obtenu dans cet intervalle, bloquez la couronne graduée sur 50 microns et vissez la couronne C pour atteindre le contact. Dans le cas peu probable où les anneaux ne défilent pas il faut au contraire dévisser la couronne C pour décoller la lentille de la lame.

8 - Placez le centre des anneaux au croisement des fils du réticule en ajustant l'horizontalité de la lame avec V_1 et V_2 .

9 - Tournez V_p dans le sens horaire, pour éloigner un peu la lentille de la lame. Les anneaux défilent de nouveau. Un léger déplacement du centre des anneaux est inévitable. S'il est important, réglez de nouveau V_1 et V_2 .

10 - Tournez V_p lentement en sens inverse pour localiser précisément le contact de la lentille avec la lame. **Le centre des anneaux doit être sombre.** Notez la position correspondante de la couronne graduée qui devrait se situer entre 0 et 100 microns.

Le montage est prêt pour les mesures.

3/ Détermination du rayon de courbure R de la face sphérique de la lentille

La lentille est en contact avec la lame. On éclaire avec la lampe à vapeur de sodium dont la longueur d'onde moyenne est $\lambda = 589,3 \text{ nm}$.

Dans ces conditions le rayon des anneaux sombres est $x_k = \sqrt{k\lambda R}$ soit: $R = \frac{x_k^2}{k\lambda}$

la courbe $f(k) = \frac{x_k^2}{\lambda}$ devrait être une droite passant par l'origine et de pente R

Vous mesurerez le diamètre $2x_k$ d'une quarantaine d'anneaux sombres.

Attention: pour éviter les erreurs dues au jeu mécanique, vous devrez impérativement terminer le réglage de la position du plateau en tournant toujours la manivelle M du dispositif de déplacement, dans le même sens.

Déplacez le plateau avec la manivelle M pour que le fil du réticule soit tangent à l'anneau $k = 1$ situé à droite du centre. Repérez soigneusement la position x_d correspondante à l'aide de G et g. Continuez ensuite jusqu'à $k = 40$ en repérant la position de tous les anneaux. Revenez au centre pour effectuer la même série de mesures pour x_g à gauche. Notez soigneusement vos mesures pour les reporter sur le tableur grapheur de l'ordinateur qui sera mis à votre disposition en fin de séance de travaux pratiques. Une notice simplifiée du tableur sera fournie. Le tableau de mesures et de calcul comportera 5 colonnes comme ci-dessous.

k	x_d mm	x_g mm	x_k mm	x_k^2/λ m

Une régression linéaire sur la courbe $f(k) = x_k^2/\lambda$ donnera la valeur de R en m

4/ Evaluation de la longueur d'onde.

On observe le centre des anneaux.

1 - Tournez Vp dans le sens horaire pour obtenir un centre noir. La hauteur de la lentille au dessus du plan est alors h_0 . La différence de marche au centre est :

$$\delta_0 = 2h_0 + \lambda/2 = (k_0 + 1/2)\lambda \quad \text{soit: } 2h_0 = k_0\lambda$$

Notez la position correspondante c_0 de la couronne graduée : $c_0 = \dots\dots \dots \mu\text{m}$

2 - Tournez Vp dans le sens horaire pour faire disparaître 99 anneaux sombres au centre et stoppez lorsque le centre redevient noir. La hauteur de la lentille au dessus du plan est alors h_{100} . La différence de marche au centre est:

$$\delta_{100} = 2h_{100} + \lambda/2 = (k_{100} + 1/2)\lambda \quad \text{soit: } 2h_{100} = k_{100}\lambda$$

Notez la position correspondante c_{100} de la couronne graduée : $c_{100} = \dots\dots \dots \mu\text{m}$

3 - Calculez la longueur d'onde : $\lambda = \frac{2h_{100} - 2h_0}{k_{100} - k_0} = 2 \frac{c_{100} - c_0}{100} = \dots\dots\dots \mu\text{m}$

Pour justifier la faible précision de la mesure, évaluez l'erreur.

5 Recherche de la première antioïncidence du doublet du sodium

La lampe à vapeur de sodium émet en réalité deux radiations de longueur d'ondes très proches:

$$\lambda_1 = 588,9953 \text{ nm} \quad \text{et} \quad \lambda_2 = 589,5923 \text{ nm}$$

Les franges que vous observez résultent donc de l'addition des intensités des phénomènes d'interférences donnés par les deux radiations. On se propose donc de déterminer les conditions dans lesquelles la présence des deux radiations devient décelable.

Lorsque la lentille est en contact avec la lame, l'ordre d'interférence à la distance x du centre est pour chacune des longueurs d'ondes :

$$p_1 = \frac{x^2}{R\lambda_1} + \frac{1}{2} \quad \text{et} \quad p_2 = \frac{x^2}{R\lambda_2} + \frac{1}{2} \quad p = \frac{\delta}{\lambda}$$

Au centre nous avons : $p_1 = p_2$ les systèmes de franges coïncident. Si on s'écarte du centre la différence $p_1 - p_2$ croît progressivement.

$$p_1 - p_2 = \frac{x^2(\lambda_1 - \lambda_2)}{R\lambda_1\lambda_2}$$

Les deux systèmes de franges sont en antioïncidence pour la première fois si :

$$p_1 - p_2 = \frac{x^2(\lambda_1 - \lambda_2)}{R\lambda_1\lambda_2} = \frac{1}{2}$$

Dans la zone correspondante la figure d'interférence est brouillée. Les franges sombres du système donné par première longueur d'onde sont situées sur les franges brillantes de la seconde et réciproquement.

soit $p_{1a} = \frac{\lambda_2}{2(\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{1}{2}$ l'ordre d'interférence de la première antioïncidence

Effectuez l'application numérique : $p_{1a} = \dots\dots\dots$

Une telle antioïncidence était-elle observable dans les conditions de la première manipulation?

Pour le quarantième anneau, nous avons: $p_1 = \frac{x_{40}^2}{R\lambda_1} + \frac{1}{2} = 40 + \frac{1}{2}$

soit : $p_1 - p_2 = 40 \frac{(\lambda_1 - \lambda_2)}{\lambda_2}$ effectuez l'application numérique : $p_1 - p_2 = \dots\dots\dots$

Pouvez - vous considérer que les deux systèmes de franges étaient en quasi coïncidence sur l'intervalle de mesure proposé ?

Pour observer la première antioïncidence dans la zone centrale, il faut éloigner la lentille progressivement de la lame. Pour chacune des radiations, l'ordre d'interférence au centre s'écrit:

$$p_{01} = \frac{2h}{\lambda_1} + \frac{1}{2} \quad \text{et} \quad p_{02} = \frac{2h}{\lambda_2} + \frac{1}{2}$$

Si $h = 0$: $p_{01} = p_{02}$, les systèmes sont en coïncidence dans la zone centrale

Si on éloigne la lentille, la différence $p_{01} - p_{02}$ croît progressivement.

La première antioïncidence est obtenue si :

$$p_{01} - p_{02} = 2h \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1\lambda_2} = \frac{1}{2} \quad \text{soit pour:} \quad h_a = \frac{\lambda_1\lambda_2}{4(\lambda_2 - \lambda_1)} \quad \text{A.N.:} \quad h_a = \dots\dots\dots$$

Vérifiez expérimentalement votre résultat en élevant progressivement la lentille avec Vp. Il est probable que le centre de la figure se déplacera quelque peu en cours de manipulation Si nécessaire déplacez le plateau pour suivre le centre des anneaux. Déterminez la position du premier brouillage des franges et indiquez la valeur expérimentale de h_a : $h_a = \dots\dots\dots \mu\text{m}$