

# LA DÉTERMINATION DE LA LONGUEUR D'ONDE D'UNE RADIATION LUMINEUSE MONOCHROMATIQUE UTILISANT LES ANNEAUX DE NEWTON

## 1. Les objectifs

1.1. La mise en évidence du phénomène d'interférence pour obtenir des franges localisées d'égale épaisseur à l'aide du dispositif de Newton ;

1.2. La détermination de la longueur d'onde de la radiation monochromatique utilisée.

## 2. La théorie du travail

*Les anneaux de Newton* sont des franges circulaires concentriques, alternativement lumineuses et sombres, obtenues comme résultat du phénomène d'interférence.

Considérons un dispositif formé d'une lame de verre aux facettes plan-parallèles sur laquelle on pose une lentille plan-convexe (fig.1). La facette convexe, en contact avec la lame de verre, a le rayon de courbure très grand(des mètres). Entre la lentille et le support on réalise ainsi un coin d'air à symétrie cylindrique par rapport à la perpendiculaire dressée au point de contact au plan de la lame, le pente de ce coin d'air étant continuellement élevée en commençant de la proximité du point de contact  $L$  jusqu'au cercle

d'intersection entre la facette sphérique et la facette plane de la lentille.

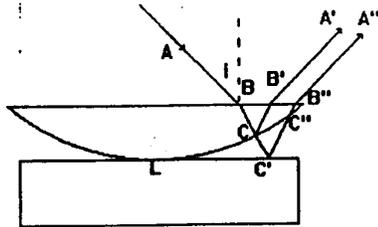


Figure 1

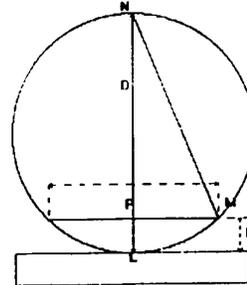


Figure 2

Supposons que sur la lentille tombe un faisceau de lumière plan monochromatique, avec la longueur d'onde  $\lambda$ , et suivons un rayon de lumière A du faisceau. Celui-ci, après s'être réfracté au point B arrive au point C : une partie du rayon se reflète et puis quitte la lentille par le point B' et l'autre partie sort par la lentille, traverse le coin d'air d'entre la lentille et la lame, se reflète sur celle-ci en C' puis immerge par le point B''. Le rayon de courbure de la lentille étant très grand, on peut considérer les points C et C'' comme étant sur la même verticale à la plaque, et implicite les rayons C, B', A' comme parallèles. Les rayons A' et A'' vont interférer à l'infini, et le résultat dépend de la différence de chemin optique d'entre eux, qui doit être un multiple pair de semi-longueur d'onde pour obtenir le maximum lumineux ou un multiple impair pour le minimum sombre. La différence de chemin, comme résulte de l'analyse de la figure 1 est :

$$\delta = 2l \cos i + \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

le terme  $\lambda/2$  représentant la différence de chemin optique introduite par la réflexion sur un milieu plus dense optiquement au point C`.

En indexant avec  $M$  et  $m$  les différences de chemin optique correspondantes au maximum et respectif au minimum lumineux, on peut écrire les conditions :

$$\begin{aligned}\delta_M &= 2k \frac{\lambda}{2} \\ \delta_m &= (2k+1) \frac{\lambda}{2}\end{aligned}\tag{2}$$

$k$  étant l'ordre d'interférence.

Evidement, la valeur  $k=1$  correspond au sommet de la lentille, ou  $l=0$ .

Des formules (1) et (2) on obtient :

$$2l \cos i = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \quad \text{pour des maxima}\tag{3}$$

$$2l \cos i = 2k \frac{\lambda}{2} \quad \text{pour des minima}$$

La symétrie cylindrique déterminera les maxima et les minima d'apparaître sous la forme de cercles concentriques lumineux, respectif sombres, représentant les lignes d'égale grosseur du coin d'air (le même  $l$ ). Dans le point de contact de la lentille avec la plaque de verre on obtiendra un minimum sombre.

Etablissons maintenant les relations existantes entre l'épaisseur  $l$  de la couche d'air, le diamètre d'un anneau de Newton et le diamètre  $D$  de la lentille. Dans le triangle rectangulaire LMN la hauteur  $MP=d/2$  ( $d$ =le diamètre de l'anneau) est moyenne proportionnelle des segments PL et NP= $D-l$  (voir fig. 2) :

$$\left(\frac{d}{2}\right)^2 = l(D-l) \quad (4)$$

Comme  $l \ll D$ , la relation (4) devient :

$$d^2 = 4lD \quad (5)$$

Les relations (3) et (5) déterminent ainsi les conditions :

$$\begin{aligned} d_M^2 &= D(2k+1) \cdot \lambda \cdot \sec i \\ d_m^2 &= D \cdot 2k \cdot \lambda \cdot \sec i \end{aligned} \quad (6)$$

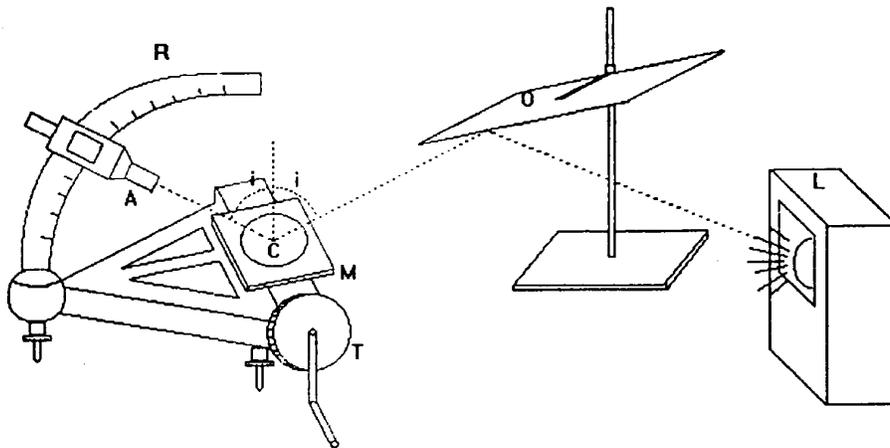
Les relations (6) peuvent servir à la détermination de la longueur d'onde de la lumière monochromatique utilisée pour l'étude des anneaux de Newton.

Les grandeurs qui peuvent être variées au cas de l'expérience étant l'ordre d'interférence  $k$  et l'angle d'incidence  $i$ , les expériences seront faites de deux manières: la première, en maintenant l'angle d'incidence fixe et en mesurant les diamètres correspondants aux différents ordres d'interférence ; la seconde, en variant l'angle d'incidence et en mesurant le diamètre du même anneau (correspondant à un ordre d'interférence choisi).

### 3. Le dispositif expérimental

Le montage (fig.3) est formé d'un statif sur lequel peut être déplacée la table M à l'horizontale à l'aide d'un vis micrométrique (au pas de 1 mm) prévu d'un tambour gradué T, ayant 200 divisions (une division=0,005 mm). Sur la table est assise une cassette C à plaque plane et lentille plan-convexe ; 3 vis disposés sur le contour de la cassette permettent le réglage de la position du point d'appui

de la lentille sur la plaque. La lumière est donnée par la lampe L. Le miroir O envoie la lumière sur la lentille sous l'angle d'incidence  $i$ , et les anneaux de Newton peuvent être observés sous le même angle  $i$  à l'aide de la lunette A. La position de la lunette peut être réglée par le déplacement sur le rapporteur R divisé en degrés. L'oculaire de la lentille est prévu d'un fil réticulaire.



**Figure 3**

#### **4. Manipulation**

**4.1.** On arrange la position du miroir ainsi que la lumière tombe au centre de la lentille. On apporte la lunette à la même position et on fait la mise au point, c'est à dire la prise précise des anneaux et du fil réticulaire.

La détermination du diamètre d'un anneau est faite en superposant le fil réticulaire sur les extrémités de l'anneau et en effectuant la différence entre les indications  $n_k$  et  $n'_k$  lues sur la règle et le tambour du statif. Pour éviter les fautes dues au « pas

mort » de la vis il est nécessaire que le déplacement de la table dans les deux positions de mesure soit fait au même sens, soit à droite, soit à gauche.

**4.2.** On mesure les diamètres des anneaux lumineux et sombres avec les ordres  $k=1,2,\dots,10$ . L'angle d'incidence est maintenu constant.

**4.3.** Pour l'anneau d'ordre  $k=10$  on mesure le diamètre, en variant l'angle d'incidence de  $5^\circ$  en  $5^\circ$  dans l'intervalle  $45^\circ-75^\circ$ .

## 5. Indications pour la systématisation des données expérimentales

**5.1.** Les valeurs lues au point 4.2. et les résultats obtenus à l'aide des formules (6) s'inscrivent dans un tableau de la forme :

$k$	$n_k$	$n'_k$	$d_k$	$d_k^2$	$\lambda_k$	$\bar{\lambda}$	$\sigma_{\bar{\lambda}}$

où  $k=1,2,3,\dots,10$  et la moyenne et la dispersion des valeurs obtenues pour la longueur d'onde sont calculées avec les formules :

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum_{k=1}^{10} \lambda_k}{10} \text{ respectif } \sigma_{\bar{\lambda}} = \left[ \frac{\sum_{k=1}^{10} (\lambda_k - \bar{\lambda})^2}{10 \cdot (10-1)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

**5.2.** Les valeurs mesurées au point 4.3. et celles calculées des formules (6)

s'inscrivent dans un tableau de la forme :

$j$ (no.)	$i_j$	$n_j$	$n_j'$	$d_j$	$d_j^2$	$\lambda_j$	$\bar{\lambda}$	$\sigma_{\bar{\lambda}}$

où  $j=1,2,3,\dots,7$  et la moyenne et la dispersion des valeurs obtenues pour la longueur d'onde seront calculées avec des formules analogues aux relations (7).

On considère comme connue la valeur du diamètre  $D=23,75$  m

## 6. Questions

**6.1.** Définissez le phénomène d'interférence.

**6.2.** Expliquez pourquoi la différence de chemin optique supplémentaire de  $\lambda/2$  est introduite seulement à la réflexion au point C' et pas à celle du point C (voir fig.1).

**6.3.** Expliquez pourquoi dit-on des anneaux de Newton qu'ils sont des **franges d'interférence localisés et d'égale épaisseur**.

**6.4.** Précisez les sources d'erreurs qui peuvent affecter le résultat final.