LA DÉTERMINATION DE LA LONGUEUR D'ONDE DE LA LUMIÈRE MONOCHROMATIQUE. L'ÉTUDE DE LA DIFFRACTION FRESNEL PAR UN ORIFICE CIRCULAIRE

1. Le but du travail.

La détermination de la longueur d'onde de la lumière monochromatique de l'étude de la diffraction FRESNEL à un orifice circulaire.

2. La théorie du travail.

La diffraction est un phénomène caractéristique à la propagation des ondes dans des milieux avec des non-homogénéités accentuées (des orifices, des écrans) ayant comme effet la perturbation de la surface d'onde. Pour que le phénomène soit observable, il faut que les dimensions linéaires des non-homogénéités soient de même ordre de grandeur avec la longueur d'onde.

Le problème principal dans l'étude de diffraction est de calculer l'amplitude d'onde en chaque point P de la zone de perturbation (zone de diffraction). Dans le cas des ondes électromagnétique du domaine visible, ce calcul est basé sur le principe Huygens-Fresnel : « la perturbation produite d'une source lumineuse S dans un point P de l'extérieur d'une surface fermée Σ qui contient la source dans l'intérieur, est la même avec la perturbation résultante par la superposition dans P des perturbations provenant d'une distribution continue et uniforme de sources secondaires trouvées sur la surface Σ ». Si entre la source S et le point P on interpose un écran opaque avec des ouvertures, on détermine l'amplitude d'onde dans un point P de la zone de diffraction par l'interférence dans P des ondes émises des sources secondaires trouvées dans le droit des ouvertures de l'écran. Quand les ouvertures possèdent une symétrie axiale, le calcul de l'amplitude peut être simplifié à l'aide d'une méthode géométrique de division du front d'onde dans la zone annulaire, nommées **zones Fresnel**.

Soit CC', les buts d'un orifice circulaire de rayon ρ pratiqué dans un écran opaque et S une source lumineuse monochromatique trouvée devant l'écran (Fig. 1). On choisit la surface fermée Σ la surface d'onde sphérique R. On divise la surface non-obturée du front d'onde dans des zones annulaires (zones Fresnel) par les points A_1, A_2,…,A_n , telle que les distances des buts de deux zones voisines jusqu'au point d'observation P différer à $\frac{\lambda}{2}$ (λ – la longueur d'onde de la lumière émise de S) :

$$A_1P - A_0P = A_2P - A_1P = A_3P - A_2P = ... = \frac{\lambda}{2} \qquad (1)$$

Chaque zone Fresnel est considérée comme une source secondaire, et l'amplitude d'onde en P s'obtient par l'interférence des ondes émises des toutes les zones Fresnel trouvées dans le droit de l'ouverture. En P s'obtient un maximum ou un minimum d'intensité, si sur l'orifice circulaire il y a un nombre impair, respectivement pair de zones Fresnel.

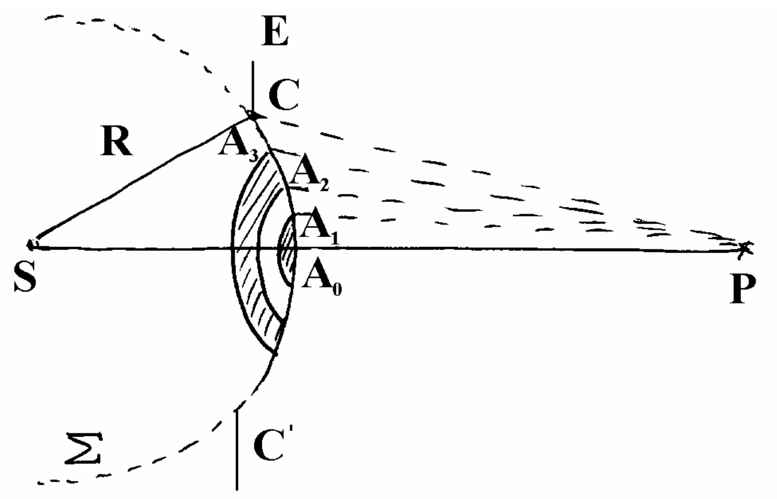

Figure 1

On peut déterminer le nombre total des zones Fresnel en tenant compte que de (1); en résultant:

$$CP = A_0P + n\frac{\lambda}{2} \qquad \text{d'où} \qquad n = \frac{2\delta}{\lambda} \tag{2}$$

avec $\delta = CP - A_0P$ (Fig.2).

En appliquant le théorème de cosinus dans le triangle SCP, on trouve avec les notations de la figure 2:

$$CP^2 = SP^2 + SC^2 - 2SP \times SC \times \cos\alpha$$

$$CP = \delta + r\,; \qquad SP = R + r\,; \qquad SC = R$$

$$(r+\delta)^2 = (R+r)^2 + R^2 - 2R(R+r)\cos\alpha \tag{3}$$

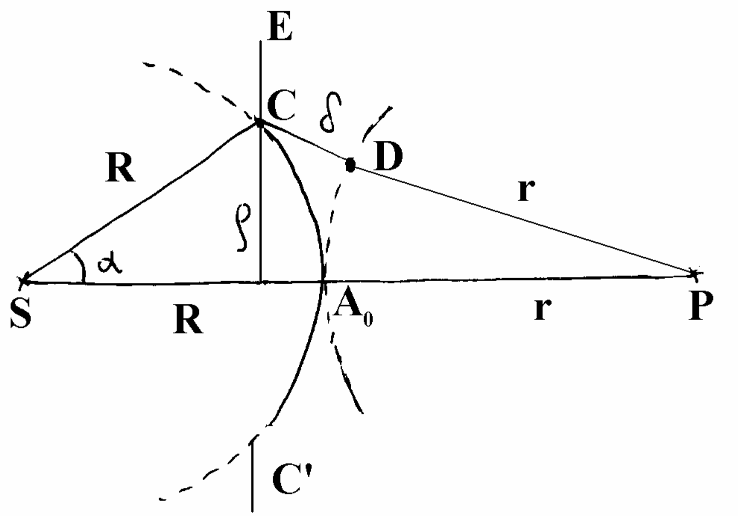

Figure 2

Parce-que α est très petit, et δ plus petit que R et r, on peut utiliser l'approximation:

$$\delta^2 = 0 \ ; \sin\alpha = \frac{\rho}{R} \cong \alpha \ ; \ \cos\alpha = 1 - \frac{\alpha^2}{2} \cong 1 - \frac{\rho^2}{2R^2} \ ; \ \delta = \rho^2 \frac{R+r}{2Rr}$$

De (2) on obtient:

$$nr = \frac{\rho^2}{R\lambda} r + \frac{\rho^2}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{\rho^2 (R+r)}{nrR} \qquad (4)$$

De la relation (4) on observe que le nombre n des zones Fresnel (pour des grandeurs R et ρ fixes) dépend seulement de la distance r du point d'observation jusqu'à l'écran. En fonction de cette distance, le nombre des zones Fresnel passe alternativement des valeurs paires aux valeurs impaires, ce que détermine l'apparition des minimums et des maximums d'illumination sur la direction OP. Cette relation est utilisée dans le travail pratique pour la détermination de la longueur d'onde λ, connaissant ρ et déterminant expérimentalement les distances R, r et le nombre n des zones Fresnel.

3. Le dispositif expérimental.

Le dispositif expérimental (Fig. 3) compris:

- une ampoule B disposé au but d'un banc optique sur lequel il y a une lentille L qui focalise la lumière de l'ampoule sur une petite ouverture S pratiqué dans une petite feuille métallique; S constitue ainsi la source ponctiforme;

- l'écran E prévu d'un orifice circulaire de rayon $\rho \cong 1mm$ sur lequel se produit la diffraction ;

- un viseur qui a une lentille convergente L' et un filtre F qui sélectionne la lumière monochromatique qu'arrive à l'observateur O.

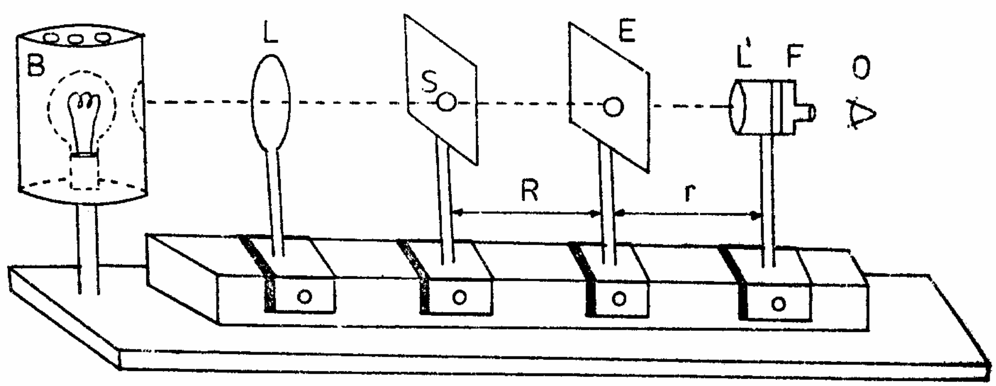

Figure 3

4. Manipulation.

4.1. on alimente l'ampoule B au réseau;

4.2. on règle les distances entre L et S telle que l'ouverture S soit dans le foyer de la lentille L ;

4.3. on déplace l'écran E ainsi que la distance R soit (50-70)cm ;

4.4. on observe à l'aide du système à viser la figure de diffraction, qui se présent sous la forme des anneaux concentriques lumineuses et obscures alternatives. En fonction de r, dans le centre de l'image on obtient une zone lumineuse ou obscure et un nombre impair respectivement pair de zones ;

4.5. on compte les zones Fresnel. Pour exemplifier, on donne l'aspect de quelques figures de diffraction et le nombre des zones Fresnel (Fig.4).

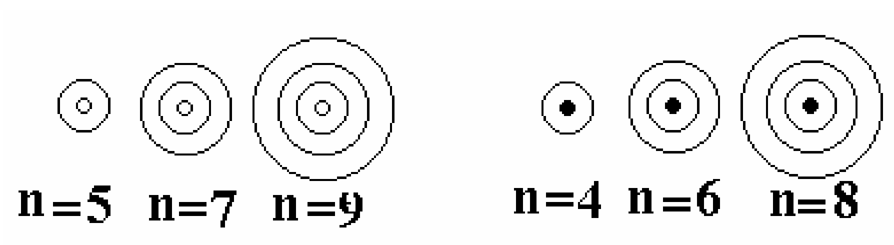

Figure 4

Pour une distance R fixe (entre 50 cm et 70 cm) on approche le système à viser L' du but de banc optique vers l'écran E jusqu'au moment quand on obtient une image claire de diffraction de même que celles de la figure 4. On détermine pour cet image la distance r et le nombre n des zones Fresnel. On répète trois fois cette manipulation. On approche par la suite L' vers l'écran E jusqu'à l'obtention claire de la suivante figure de diffraction (on détermine r et n) et ainsi de suite, jusqu'à ce que la figure de diffraction devient trop compliquée pour pouvoir compter les zones. On répète les déterminations pour autres trois valeurs de la distance R.

5. Indications pour analyser les résultats expérimentales.

On peut centraliser les résultats expérimentales dans le tableau suivant :

No.	$R(cm)$	n	$r(cm)$	$\bar{r}(cm)$	$n\bar{r}(cm)$	$\lambda = \frac{\rho^2}{mR}$ (nm)	$\bar{\lambda}(nm)$
	50	3 4	$r_1 =$ $r_2 =$ $r_3 =$				

On trace sur papier millimétrique, pour chaque distance R, le graphique $n\bar{r} = f(\bar{r})$ qui doit être une droite de pente $m = \frac{\rho^2}{R\lambda}$. On sait que $\rho \cong 1mm$ et on détermine la longueur d'onde avec la relation $\lambda = \frac{\rho^2}{mR}$.

Le rapport final contiendra un résumée de la théorie du travail, le schéma d'installation expérimentale, le tableau avec résultats expérimentales et la valeur moyenne de la longueur d'onde déterminée dans les quatre mesurages.

6. Questions.

6.1. Pourquoi les anneaux observées n'apparaissent-ils parfait obscures ?

6.2. Qu'est-ce qu'on observe si l'orifice, sur lequelle se produit la diffraction, aurait le diamètre grand ? Pourquoi ?

6.3. Quels sont les sources d'erreur dans ce travail ?