

Table des matières

1	Le phénomène de diffraction	2
1.1	Rappels théorique	2
1.2	Schéma de principe	2
1.3	Liste du matériel	3
1.4	Principe de l'expérience	3
1.5	Tableau de mesures	3
1.5.1	Expérience avec fente rectangulaire	3
1.5.2	Expérience avec fente circulaire	3
1.6	Calculs	4
1.6.1	Expérience avec fente rectangulaire	4
1.6.2	Expérience avec fente circulaire	4
1.7	Conclusion	4
2	Le phénomène d'interférence	5
2.1	Rappels théorique	5
2.2	Schéma de principe	5
2.3	Liste du matériel	5
2.4	Principe de l'expérience	5
2.5	Tableau de mesures	6
2.6	Calculs	6
2.6.1	Calcul de l'écart entre les 2 fentes b	6
2.6.2	Calcul de l'incertitude de b	6
2.7	Conclusion	6
3	Les réseaux de diffraction	7
3.1	Rappels théorique	7
3.2	Schéma de principe	7
3.3	Liste du matériel	7
3.4	Principe de l'expérience	7
3.5	Tableau de mesures	8
3.5.1	500 fentes	8
3.5.2	1400 fentes	8
3.5.3	Nombre de fentes inconnu	8
3.6	Calculs	8
3.6.1	Calcul du θ	8
3.6.2	Calcul du λ	9
3.6.3	Calcul du nombre de fentes N	9
3.7	Conclusion	9

Chapitre 1

Le phénomène de diffraction

1.1 Rappels théorique

Le phénomène de diffraction que nous étudions apparaît lorsqu'une onde passe à travers une fente d'une largeur inférieure à sa longueur d'onde λ . Il en résulte une modification de la propagation de cette onde au-delà de l'obstacle : pour une onde plane, les fronts d'onde obtenus sont presque circulaires.

Afin d'observer ce phénomène, nous réalisons une expérience qui consiste à faire passer un rayon monochromatique de longueur d'onde λ au travers une fente très mince de largeur b , et à projeter ce rayon sur un écran situé à une distance D de l'obstacle.

D'après la théorie, les fronts d'onde du rayon diffracté étant circulaires, nous devrions donc observer sur l'écran une succession de franges sombres et de franges lumineuses dont l'intensité maximale et la taille varient selon la position sur l'écran. Cet ensemble de franges forme une figure de diffraction symétrique dont l'intensité est proportionnelle au carré de l'amplitude de l'onde et dépend de l'angle θ :

$$I_{\theta} = I_0 \frac{\sin^2 \beta}{\beta^2} \quad (1.1)$$

$$\beta = \frac{\pi \cdot b \cdot \sin \theta}{\lambda} \quad (1.2)$$

$$\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{z}{D} \quad (1.3)$$

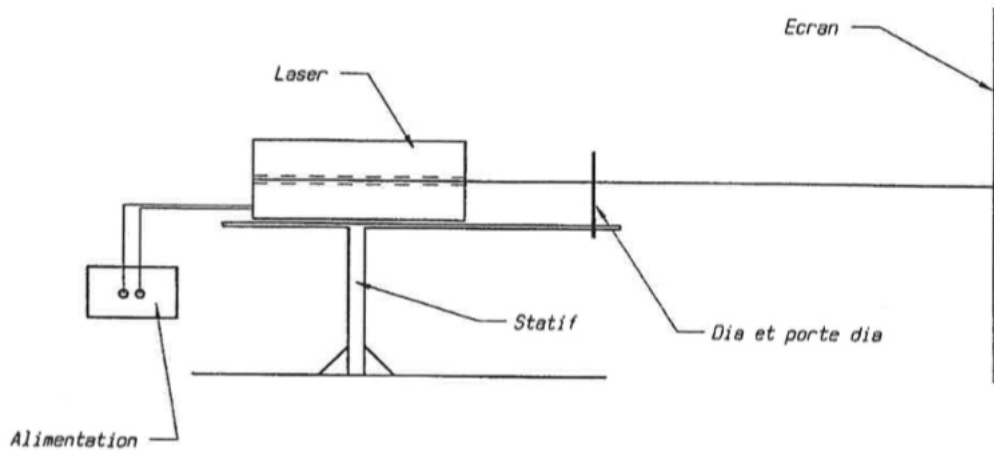
- Les minima apparaissent pour $\beta = \pi, 2\pi \dots$
- Les maxima sont obtenus pour $\beta = 1, 43\pi \dots$

L'expérience est réalisée en utilisant dans un premier temps une fente rectangulaire et ensuite une fente circulaire.

1.2 Schéma de principe

voir figure 1.1 p.3

FIGURE 1.1 – Schéma de principe de l'expérience



1.3 Liste du matériel

- laser monochromatique
- mètre ruban
- dias à fente rectangulaire
- dias à fente circulaire
- porte dia
- écran de projection
- statif

1.4 Principe de l'expérience

La manipulation consiste à vérifier la figure de diffraction obtenue et à mesurer la position des minima d'intensité observés sur l'écran pour en déduire la longueur d'onde du rayon projeté, ceci grâce à la relation $\lambda = \frac{\pi \cdot e \cdot z}{\beta \cdot D}$. Nous pouvons alors comparer cette valeur avec la valeur théorique de λ qui est connue pour le laser utilisé.

1.5 Tableau de mesures

1.5.1 Expérience avec fente rectangulaire

n	D	ΔD	z	Δz	λ	$\Delta \lambda$
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[nm]	[nm]
4	5670	50	118	1	772	13
5	5670	50	146	1	618	9

1.5.2 Expérience avec fente circulaire

n	D	ΔD	z	Δz	\varnothing	$\Delta \varnothing$
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
4	5670	50	34	1	0,41	0,02
5	5670	50	42	1	0,42	0,02

1.6 Calculs

1.6.1 Expérience avec fente rectangulaire

Calcul de la longueur d'onde λ du rayon laser

$$\lambda = \frac{a \cdot z_n}{n \cdot D} \quad (1.4)$$

où

- a est la largeur de la fente
- D est la distance écran-dia
- n est ordre
- z est distance du minima

Calcul de l'incertitude de λ

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{\Delta \left(\frac{a \cdot z_n}{n \cdot D} \right)}{\frac{a \cdot z_n}{n \cdot D}} = \frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta z_n}{z_n} \quad (1.5)$$

$$\Delta \lambda = \left(\frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta z_n}{z_n} \right) \cdot \lambda \quad (1.6)$$

$$\Delta \lambda = \left(\frac{50}{5670} + \frac{1}{118} \right) 618 = 9nm$$

1.6.2 Expérience avec fente circulaire

Calcul de la longueur du diamètre de la fente

$$a = \frac{\lambda \cdot n \cdot D}{z_n} \quad (1.7)$$

$$a = \frac{618 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 5670}{42} = 0,4mm$$

Calcul de l'incertitude sur le diamètre de la fente

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta \left(\frac{\lambda \cdot n \cdot D}{z_n} \right)}{\frac{\lambda \cdot n \cdot D}{z_n}} = \frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta z_n}{z_n} + \frac{\Delta \lambda}{\lambda} \quad (1.8)$$

$$\Delta a = \left(\frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta z_n}{z_n} + \frac{\Delta \lambda}{\lambda} \right) \cdot a \quad (1.9)$$

$$\Delta a = \left(\frac{50}{5670} + \frac{1}{118} + \frac{9}{618} \right) \cdot 0,41 = 0,02mm$$

1.7 Conclusion

Nous avons pu observer une figure de diffraction correspondant à nos attentes théoriques. Cependant, nous obtenons une valeur moyenne de λ expérimentale (695 nm) fort éloignée de la valeur théorique de 632 nm. Cela peut s'expliquer par différentes imprécisions commises lors de l'exécution de l'expérience telles que : des mesures prises au tableau avec trop peu de précision, un matériel de support instable, ...

Par ailleurs, nos valeurs ne sont pas non plus totalement erronées, puisque nous obtenons une longueur d'onde correspondant bien à un rayon lumineux rouge.

Chapitre 2

Le phénomène d'interférence

2.1 Rappels théorique

Le phénomène d'interférence a lieu lorsque deux ondes se rencontrent et se chevauchent pour produire des points d'interférence constructive ou destructive.

Pour observer ce phénomène, nous faisons passer un rayon monochromatique de longueur d'onde λ au travers de deux fentes minces espacées d'une longueur d , de manière à engendrer deux sources ponctuelles cohérentes. Nous plaçons un écran face à l'obstacle et à une distance D de celui-ci de manière à obtenir la figure d'interférence des ondes.

Si nous pouvions isoler le phénomène d'interférence, la figure obtenue représenterait une succession de franges sombres (interférences destructives) et de franges lumineuses (interférences constructives) de même taille. De plus, l'intensité maximale des franges lumineuses serait constante et proportionnelle au carré de l'amplitude de l'onde

Dans la pratique, comme nous utilisons des fentes d'une largeur comparable à λ pour former nos sources cohérentes, un phénomène de diffraction (comme vu précédemment) apparaît également et s'ajoute au phénomène d'interférence. La figure (mettre image) obtenue sur l'écran n'est donc plus une simple fonction périodique puisqu'il s'agit ici du produit du facteur de diffraction. Nous retrouvons donc une figure symétrique avec une succession périodique de franges dont l'intensité lumineuse varie et en son centre nous avons un pic d'intensité deux fois plus large que les autres zones

2.2 Schéma de principe

voir figure 1.1 p.3

2.3 Liste du matériel

- laser monochromatique
- mètre ruban
- dias à paires de fentes
- porte dia
- écran de projection
- statif

2.4 Principe de l'expérience

La manipulation consiste à vérifier la figure obtenue et à mesurer la position des minima d'intensité observés sur l'écran pour en déduire la distance inter-fentes d de la diapositive utilisée, ceci grâce à la relation $b = \frac{\alpha \cdot \lambda \cdot D}{\pi \cdot z}$

2.5 Tableau de mesures

n	D	ΔD	z	Δz	b	Δb	α
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
1	5670	50	3	1	0,59	0,21	$\frac{\pi}{2}$
2	5670	50	10	1	0,53	0,07	$\frac{3\pi}{2}$
3	5670	50	16	1	0,55	0,05	$\frac{5\pi}{2}$
4	5670	50	22	1	0,56	0,04	$\frac{7\pi}{2}$
5	5670	50	28	1	0,57	0,03	$\frac{9\pi}{2}$
6	5670	50	32	1	0,61	0,03	$\frac{11\pi}{2}$
7	5670	50	38	1	0,60	0,03	$\frac{13\pi}{2}$
8	5670	50	44	1	0,60	0,03	$\frac{15\pi}{2}$

2.6 Calculs

Calcul réalisé pour la dernière ligne du tableau

2.6.1 Calcul de l'écart entre les 2 fentes b

$$\alpha = \frac{\pi \cdot b \cdot z_n}{\lambda \cdot D} \rightarrow b = \frac{\alpha \cdot \lambda \cdot D}{\pi \cdot z_n} \quad (2.1)$$

$$b = \frac{\frac{15\pi}{2} \cdot 622,5 \cdot 10^{-6} \cdot 5670}{\pi \cdot 44} = 0,60mm$$

2.6.2 Calcul de l'incertitude de b

$$\frac{\Delta b}{b} = \frac{\Delta \left(\frac{\alpha \cdot \lambda \cdot D}{\pi \cdot z_n} \right)}{\frac{\alpha \cdot \lambda \cdot D}{\pi \cdot z_n}} = \frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta z_n}{z_n} + \frac{\Delta \lambda}{\lambda} \quad (2.2)$$

$$\Delta b = \left(\frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta z_n}{z_n} + \frac{\Delta \lambda}{\lambda} \right) \cdot b \quad (2.3)$$

$$\Delta b = \left(\frac{50}{5670} + \frac{1}{44} + \frac{9}{618 \cdot 10^{-6}} \right) \cdot 0,60 = 0,03mm$$

2.7 Conclusion

Chapitre 3

Les réseaux de diffraction

3.1 Rappels théorique

Un réseau de diffraction peut être obtenu en faisant passer un rayon lumineux de longueur d'onde λ au travers d'un très grand nombre N de fentes étroites parallèles. Pour observer le réseau, on place un écran à une distance D de la diapositive de fentes.

Comme ce réseau de fentes disperse le rayon sous un angle θ important, nous obtenons une figure très étendue et composée de maxima d'intensité beaucoup plus étroits que dans les expériences précédentes.

L'intensité de l'onde est ici proportionnelle au facteur d'interférence :

$$I = I_0 \cdot \frac{\sin^2 \beta}{\beta^2} \cdot \frac{\sin^2 N\gamma}{\sin^2 \gamma} \quad (3.1)$$

où $\gamma = \pi, 2\pi \dots$

Ce facteur s'annule pour $\lambda = \frac{n\pi}{N}$ avec $n = 0, 1, 2, \dots$

Et donne des maximum d'intensité pour $\lambda = n\pi$

3.2 Schéma de principe

voir figure 1.1 p.3

3.3 Liste du matériel

- un laser He-Ne dont la longueur d'onde $\lambda = 632,8nm$
- une alimentation
- un banc optique
- mètre ruban
- dias à réseaux de fentes parallèles
- porte dia
- écran de projection
- statif

3.4 Principe de l'expérience

Dans un premier temps, la manipulation consiste à observer la figure obtenue et à relever les positions des maxima en utilisant un réseau de 'densité' connue pour déterminer la longueur λ d'onde du rayon.

Ensuite, en utilisant le λ obtenu, effectuer la même démarche pour un réseau de densité inconnue et donc déterminer celle-ci

3.5 Tableau de mesures

3.5.1 500 fentes

n	D	ΔD	z	Δz	θ	$\Delta \theta$	λ	$\Delta \lambda$	γ
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]	[°]	[nm]	[nm]	[rad]
1	5670	50	183	1	1,85	0,03	645,2	10,8	π
2	5670	50	365	1	3,68	0,04	642,4	21,3	2π
3	5670	50	499	1	5,03	0,05	584,4	26,4	3π
4	5670	50	729	1	7,32	0,08	637,6	41,8	4π
5	5670	50	911	1	9,13	0,09	634,5	51,8	5π

3.5.2 1400 fentes

n	D	ΔD	z	Δz	θ	$\Delta \theta$	λ	$\Delta \lambda$	γ
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]	[°]	[nm]	[nm]	[rad]
1	5670	50	45	1	0,45	0,01	565,1	2,5	π
2	5670	50	905	1	9,07	0,09	562,9	45,7	2π
3	5670	50	1378	1	13,66	0,13	562,8	68,3	3π

3.5.3 Nombre de fentes inconnu

n	D	ΔD	z	Δz	θ	$\Delta \theta$	γ	N
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]	[°]	[rad]	
1	5670	50	36	1	0,36	0,0	π	1009
2	5670	50	726	1	7,29	0,07	2π	1009
3	5670	50	1096	1	10,94	0,11	3π	1006

3.6 Calculs

Calcul réalisé pour la dernière ligne du tableau (500 fentes)

3.6.1 Calcul du θ

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{z_n}{D} \right) \quad (3.2)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{911}{5670} \right) = 9,13^\circ$$

$$\Delta \left(\frac{z}{D} \right) = \left(\frac{\Delta z}{z} + \frac{\Delta D}{D} \right) \cdot \frac{z}{D} \quad (3.3)$$

$$\Delta \left(\frac{z}{D} \right) = \left(\frac{1}{911} + \frac{50}{5670} \right) \cdot \frac{911}{5670} = 0,00159$$

$$\theta_{max} = \tan^{-1} \left(\frac{z}{D} + \Delta \left(\frac{z}{D} \right) \right) \quad (3.4)$$

$$\theta_{max} = 9,21^\circ$$

$$\theta_{min} = \tan^{-1} \left(\frac{z}{D} - \Delta \left(\frac{z}{D} \right) \right) \quad (3.5)$$

$$\theta_{min} = 9,03^\circ$$

$$\Delta \theta = \frac{\theta_{max} - \theta_{min}}{2} \quad (3.6)$$

$$\Delta \theta = \frac{\theta_{9,21} - \theta_{9,03}}{2} = 0,09^\circ$$

3.6.2 Calcul du λ

$$\lambda = \frac{\pi.d.\sin(\theta)}{\gamma} \quad (3.7)$$

$$\lambda = \frac{\pi \cdot \frac{10^{-2}}{500} \cdot \sin(9,13)}{5\pi} \cdot 10^9 = 634,5nm$$

$$\Delta\lambda = \left(\frac{\sin(\theta_{max}) - \sin(\theta_{min})}{2} \right) \cdot \lambda \quad (3.8)$$

$$\Delta\lambda = \left(\frac{\sin(9,21) - \sin(9,03)}{2} \right) \cdot 634,5 = 51,8nm$$

3.6.3 Calcul du nombre de fentes N

$$d = \frac{1}{N} = \frac{n.\lambda}{\sin(\theta)} \quad (3.9)$$

$$N = \frac{\sin(\theta)}{n.\lambda} \quad (3.10)$$

$$N = \frac{\sin(10,94)}{3.6,32.10^{-7}} \cdot 10^{-2} = 1006fentes/cm$$

3.7 Conclusion