

EXPÉRIENCE 8

INTERFÉRENCE ET DIFFRACTION

I. Introduction et objectifs

Le sujet de cette expérience porte sur les phénomènes d'interférence et de diffraction. Mais s'agit-il vraiment de deux phénomènes différents ? Il se trouve qu'historiquement on donna des noms différents à la figure d'intensité créée en superposant les contributions d'un nombre fini de sources cohérentes discrètes (**figure d'interférence**) et celle créée en superposant les contributions d'une distribution continue de source cohérente (**figure de diffraction**). Dans ce laboratoire, nous étudierons la figure de diffraction d'une fente large ainsi que la figure créée en combinant l'interférence de deux fentes étroites à la diffraction de chacune de ces deux fentes larges.

Après cette expérience, vous devrez être capable :

1. d'observer qualitativement les caractéristiques des figures de diffraction et d'interférence produites par de petites ouvertures et obstacles;
2. d'étudier l'influence des paramètres physiques des systèmes sur les figures obtenues;

3. de mesurer la longueur d'onde de la lumière émise par un laser He-Ne en utilisant trois dispositifs différents:

- système à fente unique (franges de diffraction);
- dispositif de Young (franges d'interférence);
- réseau (maxima lumineux);

4. de mesurer le diamètre d'un cheveu humain par l'application de la théorie de la diffraction.

II. ÉQUIPEMENT

- Réseaux à 100, 300 et 600 lignes/mm;
- Plaquettes: dispositifs à une et à deux fentes;
- Supports pour plaquettes et réseaux;
- Écran d'observation;
- Laser Hélium-Néon ($\lambda = 632,8 \text{ nm}$);
- Ruban à mesurer.

III. THÉORIE

A. La diffraction produite par une fente simple.

On appelle **diffraction** la courbure des rayons ou le changement de direction de propagation des fronts d'onde sur les bords d'une ouverture ou d'un obstacle. On distingue deux types de diffraction. Le premier type, appelé **diffraction de Fraunhofer**, se produit lorsque l'écran d'observation est à une très grande distance de l'ouverture ou de l'obstacle. Par contre, si cette distance fente-écran n'est pas beaucoup plus grande que la dimension de la fente, on parle alors de **diffraction de Fresnel**.

Les positions des minima d'une figure de **diffraction** produite par une **fente simple** sont données par :

$$a \sin \theta = m \lambda$$

où,

a = la largeur de la fente (indiquée sur la plaquette)

θ = l'angle d'observation par rapport au centre de l'écran

$m = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$ est l'ordre d'observation de la frange sombre

λ = la longueur de la lumière utilisée.

B. Dispositif de Young

Un dispositif à deux fentes (dispositif de Young), éclairé par un faisceau de lumière cohérente, produira une figure d'interférence formée de franges brillantes et sombres. Dans **l'expérience des deux fentes de Young**, la différence de marche $\delta = d \sin \theta$ et les positions des franges sont déterminées par :

$$d \sin \theta = m \lambda$$

où,

d = la distance entre les fentes (indiquée sur la plaquette 9165-B)

θ = angle d'observation par rapport au centre de l'écran

$m = 0, " 1, " 2, " 3, \dots$ (ordre d'observation de la frange)

λ = la longueur d'onde de la lumière (du laser He-Ne).

Cependant, on observe à la fois de l'interférence et de la diffraction dans un tel dispositif (voir figure 1); les franges d'interférence sont soumises à **une modulation d'intensité** de la part de la diffraction.

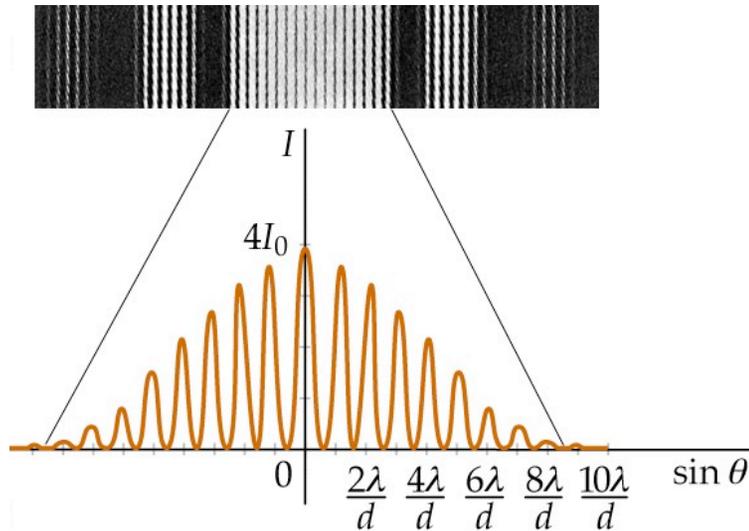


Figure 1. La figure produite par une paire de fentes est une figure d'interférence de Young avec une enveloppe de diffraction correspondant à la figure de diffraction produite par une fente simple.

C. Les réseaux.

Une partie de cette expérience consiste à étudier la figure de diffraction produite par plusieurs fentes parallèles de même largeur et équidistantes les unes des autres. Un tel ensemble de fentes porte le nom de **réseau**.

Il existe deux types principaux de réseaux:

1. Le réseau de diffraction par réflexion.

Une série de traits parallèles sont gravés sur une surface métallique. Les bandes étroites entre les fentes réfléchissent la lumière, produisant ainsi une figure de diffraction.

2. Le réseau de diffraction par transmission.

Ces réseaux contiennent généralement plusieurs milliers de fentes par centimètre et sont généralement obtenus en gravant une série de traits parallèles sur un film transparent. Les traits jouent le rôle d'espaces opaques entre les fentes.

Dans cette expérience, nous utiliserons un réseau par transmission. En l'éclairant de lumière cohérente, il projette la lumière sur un écran d'observation, sous forme d'une série de taches brillantes appelés **maxima principaux**. Les positions des maxima principaux d'un **réseau** sont données par :

$$d \sin \theta = m \lambda$$

où,

d = la distance entre deux traits ou **pas du réseau**

θ = l'angle d'observation par rapport au centre de l'écran
 $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ (ordre d'observation de la tache lumineuse)

λ = la longueur d'onde de la lumière (du laser He-Ne).

La caractéristique de chacun des réseaux est donnée par le nombre de lignes qu'il contient par unité de longueur soit : 100 lignes/mm, 300 lignes/mm et 600 lignes/mm.

D. Diffraction produite par un obstacle (votre cheveu).

Le phénomène de diffraction peut être mis à profit pour mesurer de faibles épaisseurs. D'après la théorie de la diffraction, on peut montrer que l'expression du diamètre a d'un cheveu est :

où,

$$a = \frac{D \lambda}{\Delta y}$$

a = le diamètre du cheveu

L = la distance séparant le cheveu de l'écran

Δy = distance entre les franges sombres consécutives

λ = la longueur d'onde de la lumière (du laser He-Ne).

IV. PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE

A. La diffraction produite par une fente simple (plaquette 9165 A).

1. Projetez le faisceau laser afin qu'il ne rencontre qu'une seule fente isolée (commencez par la fente A) et observez la figure obtenue sur un écran situé le plus loin possible de la fente.

2. À l'aide d'un dessin, reproduisez à la même échelle et en couleur (rouge) la figure de diffraction.

3. Notez, dans le tableau 1, la localisation linéaire y des franges sombres en traçant un axe parallèle à l'écran d'observation et en posant le zéro vis-à-vis le centre. Notez également la distance fente-écran. Pour une meilleure précision, il est préférable d'utiliser l'ordre m le plus grand possible.

4. En gardant la même distance fente-écran, refaites cette manipulation pour les autres fentes isolées (B, C et D). Essayez de présenter les quatre dessins sur une même feuille, en prenant soin de bien identifier de quelle fente il s'agit.

B. Dispositif de Young.

1. Projetez le faisceau laser afin qu'il ne rencontre qu'un des dispositifs à deux fentes isolément (commencez par le système A) et observez la figure obtenue sur un écran situé le plus loin possible des doubles fentes.

2. À l'aide d'un dessin, reproduisez à la même échelle et en couleur (rouge) la figure observée.

3. Notez, dans le tableau 2, la localisation linéaire y des franges brillantes en traçant un axe parallèle à l'écran d'observation et en posant le zéro vis-à-vis le centre. Notez également la distance fentes-écran.

4. En gardant la même distance fentes-écran, refaites cette manipulation pour les autres dispositifs à deux fentes (B, C et D). Essayez de présenter les quatre dessins sur une même feuille, en prenant soin de bien identifier de quel système à deux fentes il s'agit.

C. Les réseaux

1. Projetez le faisceau laser vers l'un des bords de l'écran. Placez ensuite le premier réseau (100 lignes/mm) sur le trajet du faisceau laser.
2. Reproduisez à l'aide d'un dessin à l'échelle la figure observée.
3. Notez, dans le tableau 3, la position linéaire y ainsi que l'ordre m du maximum principal le plus éloigné du centre. Notez, également, la distance réseau-écran.
4. Refaites la manipulation pour les deux autres réseaux. Vous pouvez modifier la distance réseau-écran, mais n'oubliez pas de la noter.

D. Diffraction produite par un obstacle (votre cheveu).

1. Arrachez l'un de vos cheveux (à sacrifier au nom de la science) puis fixez-le sur le petit support à fenêtre circulaire. Projetez le faisceau laser sur ce cheveu.
2. Reproduisez à l'aide d'un dessin fait à l'échelle la figure observée. Identifiez clairement le centre des franges sombres.
3. Notez dans le tableau 4 la distance cheveu-écran. Collez ce cheveu sur la feuille.
4. À partir des observations réalisées et en tenant compte de la longueur d'onde théorique pour le laser Hélium-Néon, $\lambda = 632,8 \text{ nm}$, calculez le diamètre du cheveu.
5. Refaites les manipulations pour un cheveu plus mince ou plus gros.

RAPPORT DE LABORATOIRE

A. Diffraction par une fente simple

Tableau 1. Diffraction par une fente simple.

Distance L	(\pm) cm
--------------	--------------

Fente	y cm \pm	a mm	Ordre m	λ nm \pm
A		0,02		
B		0,04		
C		0,08		
D		0,16		

Longueur d'onde λ moyenne	(\pm) nm
-----------------------------------	--------------

Présentez un exemple de calcul de λ et de son incertitude.

B. Dispositif de Young.

Tableau 2. Dispositif de Young.

Distance L	(\pm) cm
--------------	--------------

Fentes	y cm \pm	d mm	Ordre m	λ nm \pm
A		0,250		
B		0,500		
C		0,250		
D		0,500		

Longueur d'onde λ moyenne	(\pm) nm
-----------------------------------	--------------

Présentez un exemple de calcul de λ et de son incertitude.

C. Les réseaux

Réseau	L	y	d	m	λ
lignes/mm	cm \pm	cm \pm	mm		nm \pm
100					
300					
600					

Longueur d'onde λ moyenne	nm
-----------------------------------	----

Présentez un exemple de calcul de λ et de son incertitude.

D. Diffraction produite par un obstacle (votre cheveu).

(i) Premier cheveu

$L = (\quad \pm \quad) \text{ m}$	$\lambda : 632,8 \text{ nm}$	$\Delta y = (\quad \pm \quad) \text{ mm}$
-------------------------------------	------------------------------	---

$a : (\pm \quad) \text{ mm}$

(ii) Second cheveu

$L = (\quad \pm \quad) \text{ m}$	$\lambda : 632,8 \text{ nm}$	$\Delta y = (\quad \pm \quad) \text{ mm}$
-------------------------------------	------------------------------	---

$a : (\quad \pm \quad) \text{ mm}$

Présentez un exemple de calcul du diamètre d'un cheveu et de son incertitude.

Questions

1. Calculez le % d'écart entre la longueur d'onde moyenne et la longueur d'onde théorique pour :

(a) le système à une fente:

(b) le système à deux fentes :

(c) le réseau :

2. La séparation angulaire entre les maxima successifs augmente-t-elle ou diminue-t-elle en fonction du pas du réseau ?

3. La position angulaire du premier minimum augmente-t-elle ou diminue-t-elle en fonction de l'épaisseur du cheveu ?