

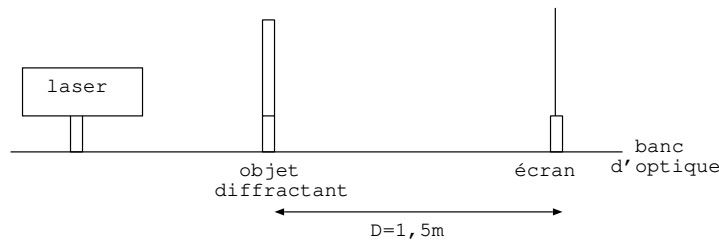
TP d'optique ondulatoire : dispositifs d'Young

Le dispositif

On dispose de quatre dispositifs diffractants montés sur un système à barillet (voir la fiche jointe):

- A3000 diffraction par des trous
- A3015 diffraction par des fentes ou des fils
- A3020 diffraction par un jeu de deux fentes parallèles
- A3030 diffraction par N fentes parallèles équidistantes

Tous ces dispositifs sont éclairés en incidence normale par un faisceau laser. La figure de diffraction est observée sur un écran muni d'un papier millimétré, placé à une distance D voisine de $1,5\text{ m}$ du dispositif diffractant. On réalise ainsi les conditions pour l'étude de la diffraction de type Fraunhofer (sans lentille, cela consiste à faire une observation lointaine).



Mémo sur les calculs d'incertitudes

Comment évaluer l'incertitude d'une grandeur qui dépend de la mesure de plusieurs grandeurs dont les incertitudes sont connues ?

Exemple 1 : $d_2 = D - d_1$ avec : $d_1 = 10 \pm 1\text{ cm}$ et $D = 150 \pm 2\text{ cm}$.

On a donc $U(d_2) = \sqrt{U(D)^2 + U(d_1)^2} = \sqrt{1^2 + 3^2} = 2,2\text{ cm}$ (on majore l'erreur à 3 cm).

Résultat : $d_2 = 140 \pm 3\text{ cm}$.

Exemple 2 : $d_2 = \frac{dd_1}{D}$ avec $d_1 = 10 \pm 1\text{ cm}$, $d = 20 \pm 1\text{ cm}$ et $D = 150 \pm 3\text{ cm}$.

Résultat donné par la calculatrice pour d_2 : $d_2 = 1,333\text{ cm}$

On calcule $U(d_2) = d_2 \sqrt{\left(\frac{U(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{U(d)}{d}\right)^2 + \left(\frac{U(d_1)}{d_1}\right)^2} = 0,127\text{ cm}$ (on majore l'erreur à $0,2\text{ cm}$).

Le résultat est donc: $d_2 = 1,3 \pm 0,2\text{ cm}$.

Comment estimer l'incertitude sur une mesure?

L'incertitude peut venir de plusieurs facteurs. C'est à vous d'estimer quelle est la principale source d'erreur. Par exemple, quand on doit estimer la largeur de la tache centrale de diffraction, la plus grosse erreur vient souvent de la largeur des franges noires qui entourent la tache.

Pour une mesure faite avec un appareil analogique (appareil à cadran, règle..) : l'incertitude de lecture est estimée à partir de la valeur d'une graduation:

$$U(x) = \frac{1\text{graduation}}{\sqrt{3}}$$

I. Diffraction par une fente fine

On utilise le dispositif A3015.

1. *Etude qualitative* : Observer la figure de diffraction par une fente fine de largeur d .

Donner les principales caractéristiques de cette figure.

Tracer l'allure de la fonction intensité en fonction de x (l'axe Ox est l'axe horizontal sur l'écran).

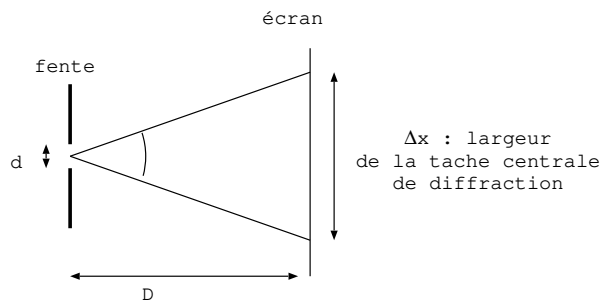
Que devient cette figure lorsque l'on augmente d , la largeur de la fente?

Que devient cette figure lorsque l'on tourne la fente dans son plan?

Que devient cette figure lorsque l'on remplace la fente par un fil de même largeur?

Remarque : La fente et le fil de même largeur sont appelés pupilles complémentaires. Là où le fil laisse passer la lumière, la fente coupe la lumière et réciproquement. Le théorème de Babinet précise que les figures de diffraction par deux pupilles complémentaires sont identiques.

2. Analyse quantitative :



Mesurer avec soin sur l'écran la largeur Δx de la tache centrale de diffraction pour les fentes de différentes largeurs proposées par le dispositif. Tracer sur la calculatrice ou sur latis pro la courbe donnant $\frac{\Delta x}{2D}$ en fonction de $\frac{1}{d}$. Vérifier que la courbe est une droite et donner la valeur expérimentale du coefficient directeur.

Etablir, à l'aide du cours, l'expression théorique de Δx . En déduire l'expression théorique de $\frac{\Delta x}{2D}$ en fonction de $\frac{1}{d}$. Vérifier la cohérence avec la droite expérimentale.

II. Diffraction par une ouverture circulaire

On utilise le dispositif A3000. On réalise la diffraction par un trou de diamètre d .

1. *Etude qualitative* : Observer la figure de diffraction.

Donner les principales caractéristiques de cette figure. Que devient cette figure lorsque l'on augmente d , diamètre du trou?

Tracer l'allure de la fonction intensité en fonction de x (l'axe Ox est l'axe horizontal sur l'écran).

2. *Etude quantitative*: pour plusieurs valeurs différentes de d , mesurer avec soin la largeur Δx de la tache centrale de diffraction. Tracer sur la calculatrice ou sur latis pro la courbe donnant $\frac{\Delta x}{2D}$ en fonction de $\frac{1}{d}$. Vérifier que la courbe est une droite et donner la valeur expérimentale du coefficient directeur.

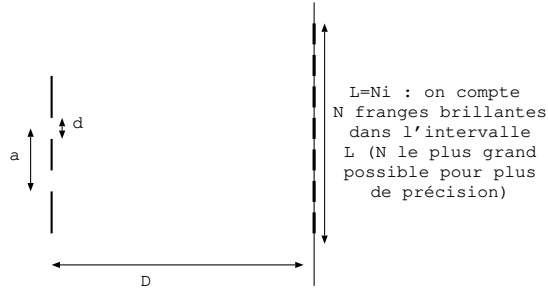
Exploiter, à l'aide du cours, la pente de cette droite.

III. Interférences par deux fentes d'Young

On utilise le dispositif A3020.

1. *Analyse qualitative* : Observer la figure d'interférences donnée par deux fentes d'Young de même largeur d et distantes de a . Tracer l'allure de la fonction intensité en fonction de x (variable permettant de repérer un point sur l'écran dans la direction de diffraction). Commenter la courbe.

2. Analyse quantitative :



Remplir le tableau pour deux valeurs de a différentes. Mesurer sur l'écran la distance L correspondant à N interfranges (N est un entier le plus grand possible compatible avec la figure observée) et estimer $U(L)$, l'incertitude sur la mesure de L . En déduire l'interfrange i et son incertitude $U(i)$ puis a et son incertitude $U(a)$. Présenter les résultats dans le tableau suivant. Vérifier la cohérence avec la valeur de a fournie sur la notice.

$a_{theorique}$	L	$U(L)$	N	i	$U(i)$	a	$U(a)$	écriture finale a

IV. Interférences par deux trous d'Young

On étudie le dispositif des trous d'Young (dispositif A3000).

1. Comparer les figures de diffraction et d'interférences obtenues pour:

- un trou simple de diamètre $50 \mu m$
- deux trous d'Young de diamètre $50 \mu m$ espacés de $a_1 = 200 \mu m$
- deux trous d'Young de diamètre $50 \mu m$ espacés de $a_1 = 400 \mu m$

Préciser les points communs et les différences de ces figures.

2. *Etude quantitative:* choisir le dispositif de deux trous d'Young de votre choix. Déduire de mesures sur l'écran la valeur expérimentale de d (diamètre des trous) et a (distance entre les deux trous). Faire un calcul d'incertitude et vérifier la cohérence avec les valeurs annoncées sur la notice.

V. Interférences des ondes diffractées par N fentes

On utilise le dispositif A3030 composé de N fentes de largeur $d = 40 \mu m$ et espacées de $a = 100 \mu m$.

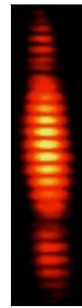
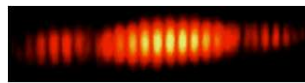
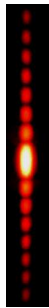
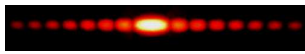
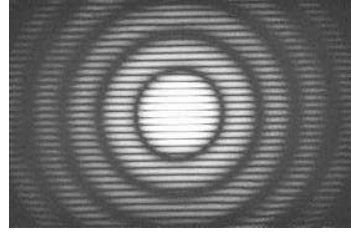
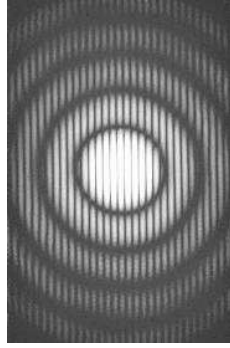
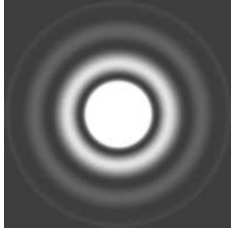
Calculer l'interfrange théorique i , attendu sur l'écran pour deux fentes.

Pour $N = 3$, $N = 4$, $N = 6$ et $N = 14$, mesurer la distance moyenne entre les franges les plus lumineuses. Comparer cette distance à l'interfrange i .

Décrire l'évolution de la figure d'interférences lorsqu'on augmente N .

VI. Conclusion

On donne la photo des observations faites à l'écran:



On donne les courbes intensité:

