

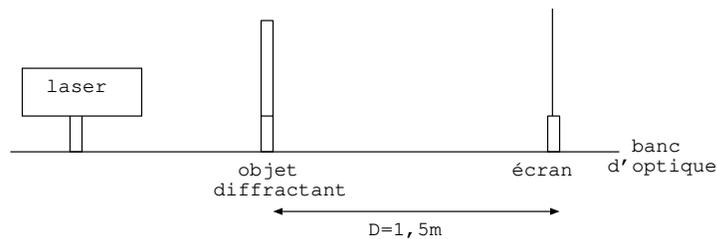
TP d'optique ondulatoire

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 autour 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).



I. Le phénomène de diffraction

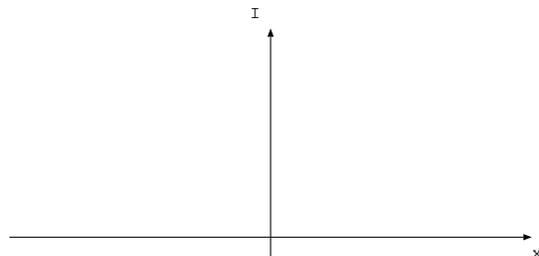
1. Diffraction par un trou de diamètre d (dispositif A3000)

Observer la figure de diffraction par un trou.

Etude qualitative:

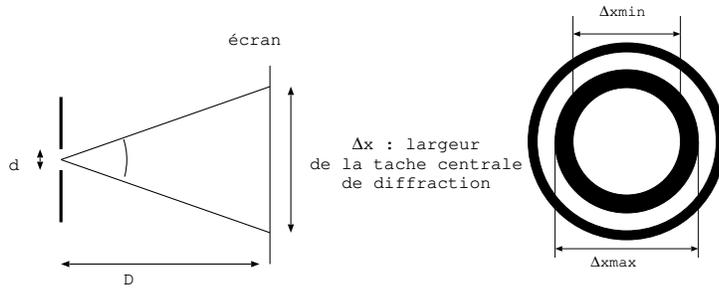
Représenter l'allure de la figure de diffraction et repérer la tache centrale de diffraction (quelle est sa forme? comment est son intensité?) et les taches secondaires (forme et intensité?).

On note Ox l'axe horizontal sur l'écran passant par O , le centre de la figure de diffraction. Représenter l'allure de la fonction intensité en fonction de x . On note $-x_0$ et $+x_0$, les valeurs limites de la tache centrale de diffraction, porter x_0 et $-x_0$ sur la courbe.



Lorsque l'on modifie le diamètre du trou, on observe à l'écran que la taille de la tache centrale augmente. Que peut-on en déduire?

Etude quantitative: Observer la diffraction par un trou de diamètre d de votre choix. Compléter le code python lignes 6 à 27.



Mesurer les largeurs Δx_{max} et Δx_{min} limites de la tache centrale de diffraction pour différentes valeurs de D (prendre D suffisamment grande, par exemple supérieure à 1 m).

Exprimer Δx et l'incertitude $u(\Delta x)$ en fonction de Δx_{max} et Δx_{min} .

La théorie prévoit que la demi-largeur angulaire de la tache centrale de diffraction par un trou circulaire de diamètre d est $\theta_{1/2} = \frac{1,22\lambda}{d}$. Commenter cette expression et en déduire l'expression théorique de Δx en fonction de λ , D et d .

Tracer et exploiter la courbe donnant Δx en fonction de D . En déduire d . Vérifier la cohérence du résultat avec la valeur annoncée de d .

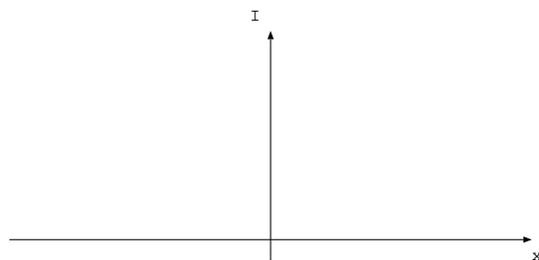
Pour estimer l'incertitude sur d , on utilise une mesure de D en précisant $u(D)$, Δx_{max} et Δx_{min} . On en déduit Δx , $u(\Delta x)$ et on évalue d et $u(d)$ avec la méthode Monte Carlo (lignes 29 à 50).

2. Diffraction par une fente fine (dispositif A3015)

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

Représenter l'allure de la figure de diffraction et repérer la tache centrale de diffraction (quelle est sa forme? comment est son intensité?) et les taches secondaires (forme et intensité?).

On note Ox l'axe horizontal sur l'écran passant par O , le centre de la figure de diffraction. Représenter l'allure de la fonction intensité en fonction de x . On note $-x_0$ et $+x_0$, les valeurs limites de la tache centrale de diffraction, porter x_0 et $-x_0$ sur la courbe.



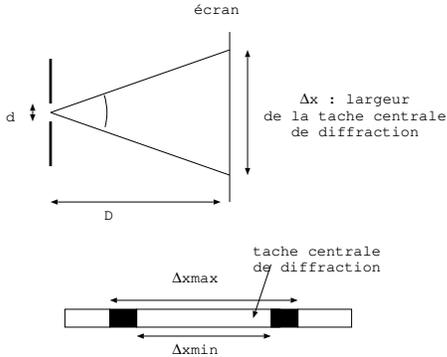
Lorsque l'on modifie la largeur de la fente fine, on observe à l'écran que la taille de la tache centrale diminue. Que peut-on en déduire?

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.

Etude quantitative: Observer la diffraction par un trou de diamètre d de votre choix. Compléter le code python (lignes 52 à 98).



Mesurer les largeurs Δx_{max} et Δx_{min} limites de la tache centrale de diffraction pour différentes valeurs de D (prendre D suffisamment grande, par exemple supérieure à 1 m).

Exprimer Δx et l'incertitude $u(\Delta x)$ en fonction de Δx_{max} et Δx_{min} .

La théorie prévoit que la demi-largeur angulaire de la tache centrale de diffraction par une fente fine de largeur d est $\theta_{1/2} = \frac{\lambda}{d}$. Commenter cette expression et en déduire l'expression théorique de Δx en fonction de λ , D et d .

Tracer et exploiter la courbe donnant Δx en fonction de D . En déduire d . Vérifier la cohérence du résultat avec la valeur annoncée de d .

Pour estimer l'incertitude sur d , on utilise une mesure de D en précisant $u(D)$, Δx_{max} et Δx_{min} . On en déduit Δx , $u(\Delta x)$ et on évalue d et $u(d)$ avec la méthode Monte Carlo.

3. Diffraction par un carré ou un rectangle

Observer le figure de diffraction par un carré et par un rectangle, pour ces objets, la diffraction se produit dans deux directions. Comment peut-on savoir quel est le côté le plus petit du rectangle quand on observe une figure de diffraction?

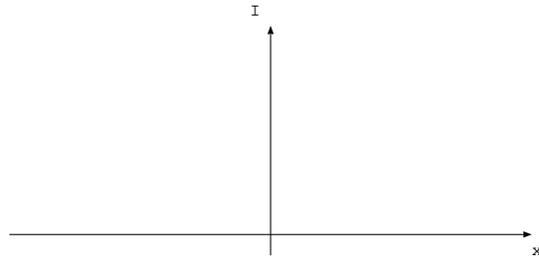
II. Interférences à 2 ondes cohérentes

1. Les fentes d'Young (dispositif A3020)

Analyse qualitative : Observer la figure d'interférences donnée par deux fentes d'Young de même largeur d et distantes de a .

Reproduire la figure d'interférences par deux fentes d'Young. Repérer la tache centrale de diffraction, quelle est sa forme? Repérer les franges d'interférences: quelle est leur forme? leur direction? Justifier.

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). Porter sur la courbe, la tache centrale de diffraction et l'interfrange.



2. Analyse quantitative : prendre deux fentes d'Young distantes de la valeur a de votre choix.

Mesurer la distance Ni correspondant à N interfranges dans la tache centrale de diffraction (on reste dans la tache centrale car c'est là où l'intensité est la plus grande). Compléter le tableau.

Ni	$u(i)$	i	$u(i)$	D	$U(D)$	λ	a	$u(a)$

Rappel: $A = B^p C^q$ on a $u(A) = A \sqrt{p^2 \left(\frac{u(B)}{B}\right)^2 + q^2 \left(\frac{u(C)}{C}\right)^2}$.

Valeur expérimentale de a :

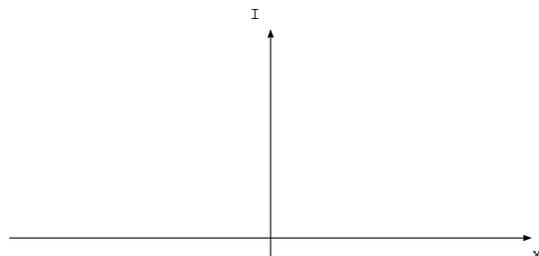
Valeur attendue de a :

3. Interférences par deux trous d'Young (dispositif A3000)

Analyse qualitative : Observer la figure d'interférences donnée par deux trous d'Young de même largeur d et distants de a .

Reproduire la figure d'interférences par deux trous d'Young. Repérer la tache centrale de diffraction, quelle est sa forme? Repérer les franges d'interférences: quelle est leur forme? leur direction? Justifier.

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). Porter sur la courbe, la tache centrale de diffraction et l'interfrange.



4. *Analyse quantitative* : prendre deux trous d'Young distants de la valeur a de votre choix.

Mesurer la distance Ni correspondant à N interfranges dans la tache centrale de diffraction (on reste dans la tache centrale car c'est là où l'intensité est la plus grande). Compléter le tableau.

Ni	$u(i)$	i	$u(i)$	D	$U(D)$	λ	a	$u(a)$

Valeur expérimentale de a :

Valeur attendue de a :

III. Interférences à N ondes cohérentes

1. N fentes d'Young (dispositif A3030)

Observe la figure d'interférences pour différentes valeurs de N . Compléter la phrase.

Plus le nombre de fentes N est grand et plus l'intensité des franges brillantes est et plus les franges brillantes sont

2. Le réseau

Prendre un réseau de 100 *trais/mm* et l'éclairer par le laser. Observer la figure de diffraction sur l'écran à environ $D = 40\text{ cm}$ du réseau. *

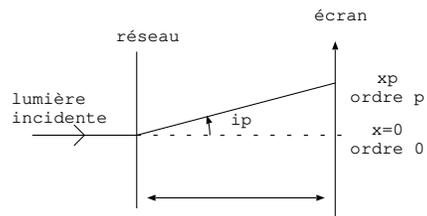
Pour $n = 100\text{ traits/mm}$, le pas du réseau a est:

Faire tourner le réseau et observer qu'un seul des points lumineux ne bouge pas. A quel ordre correspond-il? Repérer les points lumineux pour les ordres $+1, -1, +2, -2...$

Soit un axe Ox sur l'écran tel que son origine se trouve sur le point lumineux d'ordre 0. Mesurer x_p pour différentes valeurs de p .

Déterminer un protocole pour déduire de ces mesures le pas a du réseau.

Rappel: formule des réseaux: $\sin i_p - \sin i_0 = \frac{p\lambda}{a}$.



IV. Conclusion

A retenir: Avec des fentes ou des trous d'Young, les franges d'interférences sont rectilignes de direction perpendiculaire à la direction S_1S_2 , les franges ont la même largeur.

Les franges s'inscrivent dans une figure de diffraction: la tache centrale de diffraction a la forme des ouvertures (trou circulaire ou fente).

Pour chacune des photos, préciser si le laser a éclairé une fente unique, un trou unique, deux fentes fines ou deux trous et préciser l'orientation des fentes et des trous. Pour cela, sur les photos:

- repérer la tache centrale de diffraction: sa forme donne la forme des ouvertures (trou circulaire ou fente)
- s'il y a des franges d'interférences, repérer leur direction pour en déduire la direction S_1S_2 .

