

TP5.**DIFFRACTION DES ONDES LUMINEUSES****Objectifs du TP:****■ Les compétences à acquérir dans la séquence**

1. Etudier le phénomène de diffraction.
2. Etudier le phénomène d'interférences.

I – RAPPELS :**Le phénomène de diffraction**

Le phénomène de diffraction est le changement de direction de propagation d'une onde lorsqu'elle rencontre un obstacle.

Ce phénomène est d'autant plus marqué que la dimension de l'obstacle a est faible devant la longueur d'onde.

L'écart angulaire θ (en rad) qui caractérise la diffraction vérifie la relation $\theta = \lambda / a$.

Le phénomène d'interférences :

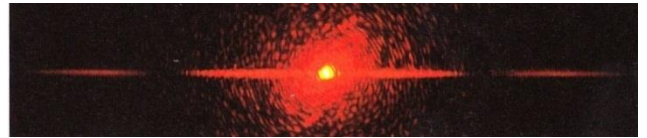
Lorsque 2 ondes monochromatiques de même fréquence et présentant un déphasage constant se superposent (sources cohérentes), elles s'additionnent ou s'annulent par endroit : on parle respectivement d'interférences constructives (ondes en phase) et d'interférences destructives (ondes en opposition de phase).

En lumière monochromatique, les interférences peuvent conduire à des couleurs interférentielles.

II- LE PHENOMENE DE DIFFRACTION :**1) Le montage :**

On place un laser émettant une lumière de longueur d'onde λ devant une fente (ou un fil vertical) de largeur a . On observe, sur un écran, la figure suivante :

Question 1 : Peut-on parler de propagation rectiligne de la lumière ?



Réaliser le montage correspond en utilisant la source laser mise à votre disposition, un des fils calibré d'épaisseur « a » placé dans la diapositive à quelques cm de la diode laser. La figure sera obtenue sur l'écran placé à une distance D supérieure à 1,00 m de l'obstacle.

Reproduire le schéma ci-dessus en indiquant la position des premières extinctions, la largeur d de la tache centrale de diffraction et l'écart angulaire θ (demi-angle de diffraction).

Question 2 : Donner l'expression de θ en fonction de λ et de a , en précisant la signification et l'unité de ces 2 grandeurs.

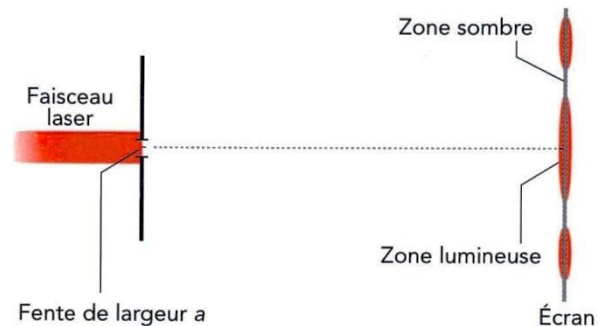
Question 3 : En se plaçant dans l'approximation des petits angles, où $\tan \theta \approx \theta$, établir la relation liant λ , a , D et l . (l : largeur de la tache centrale).

Question 4 : Comment évolue la largeur de la tache centrale :

a. la largeur de l'obstacle double ? est divisée par 2 ?

b. la distance entre l'obstacle et l'écran double ?

Justifier les réponses.

**2) Les mesures :**

Réaliser le montage précédent en plaçant l'écran, maintenu fixe, à une distance D la meilleure compte tenu de la place sur votre paillasse. Précisez la valeur de D choisie.

Réaliser une série de mesures de la largeur d de la tache centrale pour des obstacles (ici les fils calibrés) de largeur l différentes.

Vous pourrez compléter le tableau suivant :

a (convertir en m)	150 μm	120 μm	100 μm	80 μm	60 μm	50 μm	40 μm
l (m)							

3) Exploitation des mesures : Le graphe $\theta = f(\dots)$:

- Dans un tableur, saisir les valeurs du tableau de mesure.
- Créer les grandeurs nécessaires pour tracer le graphe souhaité et qui permette d'en déduire de façon simple la longueur d'onde du laser utilisé.

Question 5 : • Indiquer les formules permettant de calculer les différentes grandeurs.

- Tracer le graphe (nuages de points)
- Modéliser la courbe obtenue (déterminer l'équation de la courbe).
- Déterminer graphiquement la longueur d'onde de la lumière laser utilisé.
- Comparer à la valeur indiquée par le fabricant.

Caractéristiques techniques : Longueur d'onde : 650 nm (rouge) Puissance : 1 mW (classe II)

Activité 3 p : 64. INTERFERENCES LUMINEUSES :

1) Dispositif expérimental :

Les fentes d'Young sont constituées de 2 fentes étroites et parallèles.

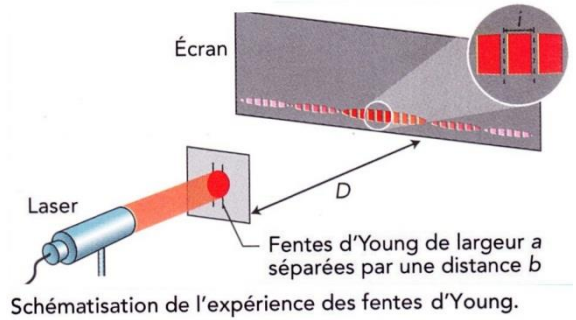
On place l'écran à une distance D maintenue fixe au moins 1,50 m.

On appelle « interfrange », notée « i », la distance séparant le milieu de 2 franges brillantes consécutives (ou bien de 2 franges sombres consécutives).

On utilise des fentes d'Young pour lesquelles les valeurs de b sont 0,2000 mm, 0,300 mm et 0,500 mm avec une précision de 1 µm.

Les fentes d'Young se comportent comme 2 sources lumineuses qui se superposent sur l'écran.

L'écran est placé à une distance D = 4,00 m.



Question 1 :

Décrire la figure obtenue sur l'écran.

Rép. : On observe des franges d'interférences

alternativement sombres et brillantes sur l'écran. Ces franges sont parallèles entre elles et parallèles aux 2 fentes d'Young.

Valeurs expérimentales obtenues : voir le tableau ci-contre.

b (m)	i (m)
$2,00 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$
$3,00 \cdot 10^{-4}$	$8,4 \cdot 10^{-3}$
$5,00 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$

2) Exploitation :

Question 2 a : En traçant un graphe, montrer que i est inversement proportionnel à

Réponse partielle : Dans un tableur, rentrer les valeurs de b (m), i (m) . Compléter avec une colonne $1/b (m^{-1})$. Tracer la courbe donnant les variations de i en fonction de $1/b$. Modéliser la courbe obtenue.

Question 2 b : L'interfrange i est donnée par l'une des expressions suivantes : Retrouver la bonne expression parmi celles proposées. Justifier.

$$i = D + \frac{\lambda}{b} ; i = \frac{\lambda^2 \cdot D}{b^2} ; i = \frac{\lambda \cdot D}{b} ; i = \frac{\lambda^2 \cdot D}{b}$$

Question 3 : Si on remplace les 2 fentes d'Young par 2 lasers éclairant l'écran, observe-t-on une figure d'interférences ? Pourquoi ?

Question 4 : Quelle est la relation liant l'interfrange i à la longueur d'onde λ de la lumière monochromatique ? Préciser la signification et l'unité de chaque grandeur.

3) Application à la détermination du pas d'un réseau :

Un réseau est constitué d'un support transparent sur lequel ont été gravés des traits parallèles et équidistants. Le « pas » du réseau, noté b, est la distance entre deux traits consécutifs.

Ces traits parallèles se comportent comme des fentes. Éclairés avec un laser, ils donnent une figure d'interférences.

- 5 Proposer un protocole afin de déterminer le pas de ce réseau.
Après accord du professeur, le mettre en œuvre et en déduire la valeur de b.

- 6 Les incertitudes sur λ, b, i et D sont respectivement notées U(λ), U(b), U(i) et U(D).
- a. Quelles sont les valeurs de U(λ), U(i) et U(D) (voir fiche n° 3, p. 584) ?
- b. L'incertitude sur la mesure de b peut être évaluée par :
- $$U(b) = b \cdot \sqrt{\left(\frac{U(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{U(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{U(D)}{D}\right)^2}$$
- Calculer cette incertitude.
- c. En déduire un encadrement de la valeur expérimentale b du pas du réseau. Est-il en accord avec la valeur indiquée par le fabricant ?

Données expérimentales :

Réseau utilisé : 100 traits / mm

Laser de longueur d'onde λ = 632,8 nm avec une précision de 0,2 nm (donné par le constructeur) soit U(λ) = 0,2 nm.

Lorsque la mesure est obtenue par double lecture (sur une échelle ou sur un cadran), pour un niveau de confiance de 95 %, l'incertitude de la mesure liée à la lecture est estimée à $U_{\text{double lecture}} = \frac{\sqrt{2} \times \text{graduations}}{\sqrt{12}}$

On se place à D = 2,00 m de l'écran. 1 graduation de la règle (erreur absolue) = 1 cm. Déterminer U (D).

L'interfrange mesurée est i = 12,5 cm. 1 graduation de la règle (erreur absolue) = 1 mm. Déterminer U (i).