TPC n°10b : Interférences de lumière monochromatique

« Comment utiliser le phénomène d'interférences pour mesurer la longueur d'onde d'un laser ? »

Ce TP a pour objectif d'utiliser le phénomène d'interférence en lumière monochromatique pour déterminer la longueur d'onde du laser utilisé. Pour cela nous allons commencer par étudier les paramètres susceptibles d'avoir une influence sur l'interfrange, grandeur caractéristique, du phénomène d'interférence.

D'après le document 2, les paramètres susceptibles d'avoir une influence sur la valeur de l'interfrange sont :
- La distance d entre le laser et les fentes d'Young
- La distance D entre les fentes d'Young et l'écran
- La longueur d'onde du laser
- L'écart b entre les 2 fentes
- La largeur a des fentes

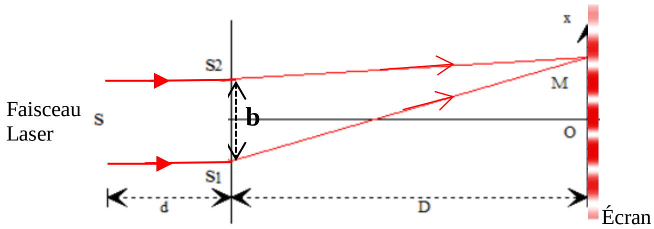
Rem : Comme pour la diffraction, la distance d n'a pas d'influence sur l'interfrange et la largeur a n'a d'influence que sur le phénomène de diffraction et pas sur la valeur de l'intergrange.

Pour vérifier quantitativement l'influence d'un paramètre, il faut fixer tous les autres puis faire varier le paramètre étudié en notant sa valeur et la mesure de l'interfrange correspondante. Pour une conclusion exploitable, on réalise au moins 3 mesures différentes.

Pour optimiser la précision sur la mesure de l'interfrange, on mesure la distance correspondant à plusieurs interfranges et on divise cette distance ET son incertitude par le nombre d'interfranges correspondant. Il faut donc prévoir une ligne supplémentaire dans le tableau de mesure.

RÉALISER

Pour étudier l'influence de l'écart b entre les fentes doubles, il faut réaliser le montage suivant :



Les paramètres fixés sont : **D = 182,0 cm avec u(D) = 0,1 cm , λ = 650 nm, d n'a pas d'influence (voir TP diffraction)**

- On fait varier b en changeant de fentes d'Young et on observe sur l'écran

On constate que l'interfrange diminue lorsque b augmente.

Conclusion* : *l'écart entre les doubles fentes a une influence sur l'interfrange :
Plus les fentes sont écartées et plus l'interfrange est petit.

Sachant que l'interfrange dépend de plusieurs paramètres, dont la longueur d'onde, on peut les utiliser pour déterminer la longueur d'onde du laser si elle est fixée.

ANALYSER

Démarche

On utilise le même montage que précédemment.

Nous savons que $i = \frac{\lambda D}{b}$, donc si on fixe D ou b, la relation peut s'écrire s'écrit $i = k \times \frac{1}{b}$ ou $i = K \times D$ où k et K sont des constantes. Pour déterminer expérimentalement la longueur d'onde du laser, nous pouvons donc tracer les droites i = f(1/b) ou i = f(D) et déterminer leur coefficient directeur. Connaissant les autres paramètres, nous pourrons alors en déduire λ.
Nous ne disposons que de 3 valeurs de b, alors que l'on peut faire varier davantage D. On choisit donc de tracer i = f(D)

Protocole : - Placer l'écran à l'extrémité droite du banc (graduation 182) et la source à l'extrémité gauche.
- Placer les fentes d'Young à la graduation 0 du banc.
- Faire une mesure.
- Faire varier D (4 valeurs supplémentaires écarter de 10 cm)
- Rentrer les valeurs de i (en m) et de D (en m) dans Latis-Pro.
- Tracer i = f(D) (style croix)
- Modéliser la courbe par une fonction adaptée en précisant les incertitudes de mesures en « erreur X » (et Y).
- Déterminer K avec son incertitude.
- En déduire λ avec son incertitude sachant que $\frac{u(\lambda)}{\lambda} = \frac{u(K)}{K}$

RÉALISER

b = 0,3 mm

!! Le tableau est à préparer avant les mesures !!

Tableau de mesures

D (cm) **u(D) = 0,1 cm**	182,0	172,0	162,0	152,0	142,0
5 x i (cm) **u(5i) = 0,03 cm**	1,97	1,90	1,75	1,68	1,53
i (cm) **u(i) = 0,006 cm**	0,394	0,380	0,350	0,336	0,306

VALIDER

5°- Après modélisation dans le logiciel de la courbe i = f(D), on obtient l'équation i = $2{,}18.10^{-3} \times D$ et u(K) = 2.10^{-5}

On en déduit **K = 218.10^{-5} avec u(K) = 2.10^{-5}** Attention, ici K n'a pas d'unité !

Sachant que $K = \frac{\lambda}{b}$ On peut alors en déduire la longueur d'onde du laser associée à son incertitude :

$\lambda = K \times b = 218.10^{-5} \times 0{,}3.10^{-3} = 6{,}54.10^{-7}$ m = 654 nm

donc $u(\lambda) = \lambda \times \frac{u(K)}{K} = 654 \times \frac{2.10^{-5}}{218.10^{-5}} = 6$ nm

On en déduit **λ = 654 nm avec u(λ) = 6 nm**

6°- Pour comparer la valeur expérimentale à la valeur attendue, il faut calculer le z-score.

$$z = \frac{|654-650|}{6} = 0{,}7 < 2$$

On peut en conclure que la valeur expérimentale est cohérente avec la valeur théorique.

7°- La précision est donnée par l'incertitude relative. Comparons les incertitudes relatives des 2 résultats expérimentaux.

Interférence : $\frac{u(\lambda)}{\lambda} = \frac{6}{654} = 0{,}9\ \%$ Diffraction : $\frac{u(\lambda)}{\lambda} = \frac{6.10^{-9}}{632.10^{-9}} = 10\ \%$

Le résultat obtenu avec la méthode utilisée pour le TP 10b est donc bien plus précis bien que l'incertitude de mesure soit la même.