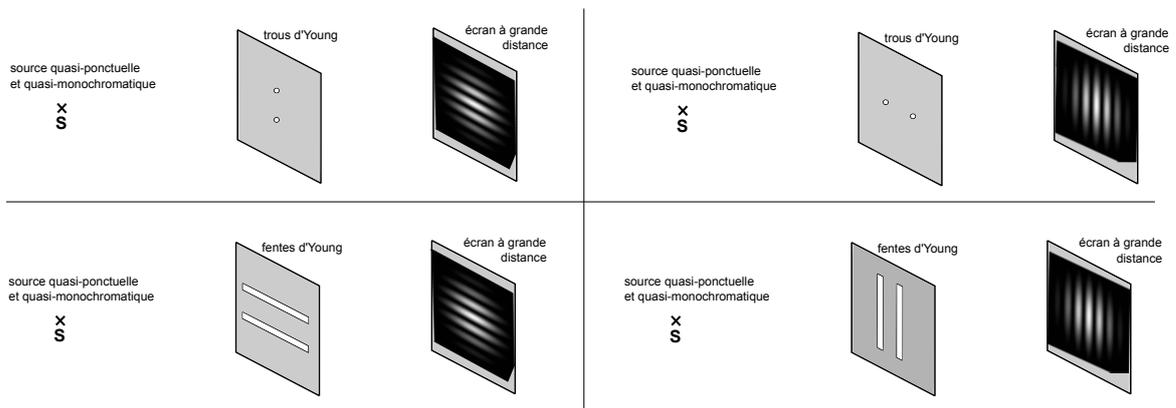


I Vrai-faux/qcm

1 - (V/F) Vrai.

2 - (V/F) Vrai. Car les détecteurs sont assez rapides pour suivre aux fréquences concernées. Contrairement au cas de l'optique, ils ne font pas de moyennes sur un grand nombre de trains d'onde : la notion de train d'onde n'existe même pas.

3 -



4 - Dans l'expérience des fentes d'Young (ou de façon identique, des trous d'Young), comment évolue l'interfrange i

- lorsque l'on rapproche les deux fentes (ou les deux trous) (a augmente) : i augmente ;
- lorsque l'on diminue la largeur de chacune des deux fentes (ou le diamètre des trous) : i ne change pas ;
- lorsque l'on augmente la longueur d'onde de la lumière incidente (λ_0 augmente) : i augmente ;
- lorsque l'on éloigne l'écran (D augmente) : i augmente.

On a utilisé la formule $i = \frac{\lambda_0 D}{a}$ avec a distance entre les deux trous (ou les deux fentes), D distance entre l'écran et les trous, λ_0 longueur d'onde de la lumière incidente.

5 - Il s'agit de la diffraction par les trous, ou par les fentes.

Le demi-angle d'ouverture de chaque faisceau est de l'ordre de $\theta = \frac{\lambda}{d}$ avec d le diamètre des trous ou la largeur des fentes.

6 - $I(x) = A [1 - C \cos(2\pi\alpha x)]$, on identifie l'interfrange i avec l'expression $\cos\left(\frac{2\pi}{i}x + \varphi_0\right)$, donc

ici $i = \frac{1}{\alpha}$.

II Trous d'Young, montage simple

1 - Il s'agit du phénomène de diffraction.

Le demi-angle d'ouverture du cône de diffraction partant d'un des deux trous est $\frac{\theta}{2} \simeq \frac{\lambda_0}{e}$.

Sur l'écran à distance D , ceci produit une zone éclairée qui est un disque de diamètre $\frac{2\lambda_0 D}{e}$.

- 2 - a - Voir démonstration du cours. On trouve une différence de marche $\delta_M = (SS_1) - (SS_2) = -\frac{ax}{D}$, et une intensité $I(M) = 2I_0 \left(1 + \cos \left[\frac{2\pi ax}{\lambda_0 D} \right] \right)$.
- b - Ordre d'interférence : $p = -\frac{\delta_M}{\lambda_0} = \frac{ax}{\lambda_0 D}$, interfrange $i = \frac{\lambda_0 D}{a}$.
- c - On trouve $i = 4.2 \text{ mm}$.
- d - Si on place ce montage dans de l'eau d'indice $n = 1.33$, la différence de marche devient

$$\delta_M = (SS_1) - (SS_2) = n \times [SS_1M - SS_2M] = -n \times \frac{ax}{D}.$$

La formule de Fresnel est inchangée : $I(M) = 2I_0 \left(1 + \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda_0} \delta_M \right] \right)$ (λ_0 est la longueur d'onde dans le vide, donc quel que soit le milieu dans lequel on se place, c'est ce λ_0 là qui intervient dans la formule).

En remplaçant δ_M par sa nouvelle expression, on a

$$I(M) = 2I_0 \left(1 + \cos \left[\frac{2\pi n ax}{\lambda_0 D} \right] \right).$$

L'interfrange est alors $i = \frac{\lambda_0 D}{na}$: il est divisé par $n = 1.33$ par rapport au cas dans l'air.

V Trous d'Young avec une source non monochromatique : cohérence temporelle

A – Source à deux raies monochromatiques

- 1 - Les deux raies émettent à des longueurs d'onde différentes, donc à des fréquences différentes : elles ne sont pas synchrones, et il ne peut pas y avoir d'interférences.
On a donc additivité des intensités : $I_{\text{total}}(M) = I_{\lambda_1}(M) + I_{\lambda_2}(M)$.

- 2 - On a :

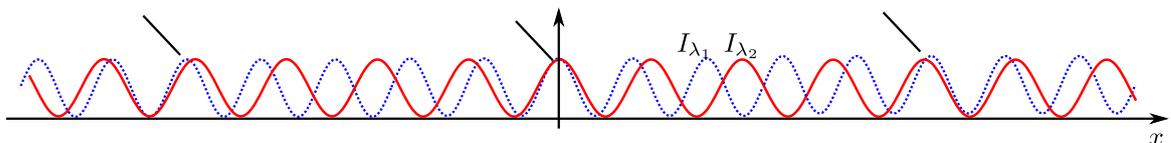
$$I_{\lambda_1} = 2I_0 \left[1 + \cos \left(\frac{2\pi ax}{\lambda_1 D} \right) \right], \text{ interfrange } i = \frac{\lambda_1 D}{a}.$$

$$I_{\lambda_2} = 2I_0 \left[1 + \cos \left(\frac{2\pi ax}{\lambda_2 D} \right) \right], \text{ interfrange } i = \frac{\lambda_2 D}{a}.$$

On a $i_2 > i_1$.

Remarque : On a tracé chacune de ces intensités ci-dessous. On voit que l'on a I_{λ_1} et I_{λ_2} qui sont maximaux ensemble au centre de l'écran, puis qui ne le sont plus, puis qui le redeviennent (presque) périodiquement (aux endroits marqués d'un trait ci-dessous).

On a donc des zones où on voit des interférences (là où I_{λ_1} et I_{λ_2} sont maximaux en même temps, donc "en phase"), et d'autres où elles sont brouillées (là où I_{λ_1} et I_{λ_2} ne sont pas "en phase" et où en conséquence la somme des deux donne une intensité quasi constante). Le calcul de la question suivante permettra de confirmer tout ceci.



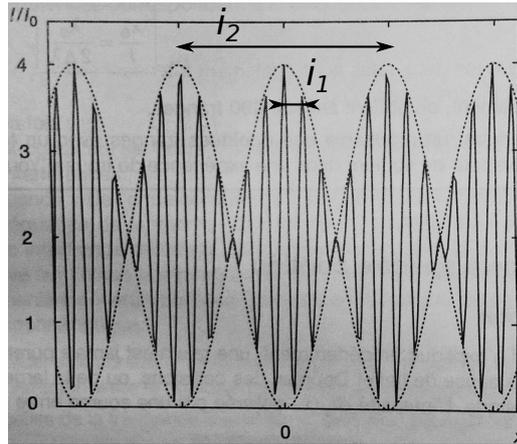
- 3 - a - Simple calcul.

$$I(x) = 4I_0 \left[1 + \cos \left(\frac{2\pi \Delta\lambda ax}{\bar{\lambda} 2\lambda D} \right) \cos \left(\frac{2\pi ax}{\bar{\lambda} D} \right) \right], \quad (1)$$

avec $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ et $\bar{\lambda}$ la moyenne de λ_1 et λ_2 .

b - On a $\Delta\lambda \ll \bar{\lambda}$, donc $i_2 \gg i_1$.

On remarque que le premier cosinus joue le rôle d'un contraste qui varie lentement, et le second varie plus rapidement et donne l'interfrange.



c - On devrait donc observer des franges rectilignes d'interférences, mais avec un contraste qui varie périodiquement, passant d'une valeur maximale à une valeur nulle et ainsi de suite.

On a $i_2 = i_1 \times \frac{2\bar{\lambda}}{\Delta\lambda} = i_1 \times 2 \times 982$. On doit donc observer de l'ordre de 1000 franges dans le battement central.

En pratique, il est très difficile d'observer un tel nombre de franges avec un simple dispositif des trous d'Young. La zone d'interférence est en effet donnée par le recouvrement de l'éclairement provenant de chacun des trous, et existe grâce à la diffraction de la lumière incidente par chacun des trous. Cette diffraction ne permet pas en pratique d'avoir une zone assez étendue pour observer 1000 franges.

En pratique, on met en évidence les battements dus au doublet du sodium avec d'autres dispositifs d'interférences (interféromètre de Michelson, de Fabry Perot). Mais les calculs sont les mêmes.

B – Source à spectre continu

4 - a - Deux raies monochromatiques différentes ne sont pas synchrones.

Il n'y a donc pas interférence entre deux raies distinctes : les intensités de toutes les raies s'additionnent pour donner l'intensité totale.

5 - a - On a $\nu = \frac{c}{\lambda_0}$, donc $\Delta\nu = c \frac{\Delta\lambda_0}{\lambda_0^2}$ (en valeur absolue).

La durée des trains d'onde est $\tau_c \simeq \frac{1}{\Delta\nu} = \frac{\lambda_0^2}{c \Delta\lambda_0}$, et la longueur est $l_c = c \tau_c = \frac{\lambda_0^2}{\Delta\lambda_0}$.

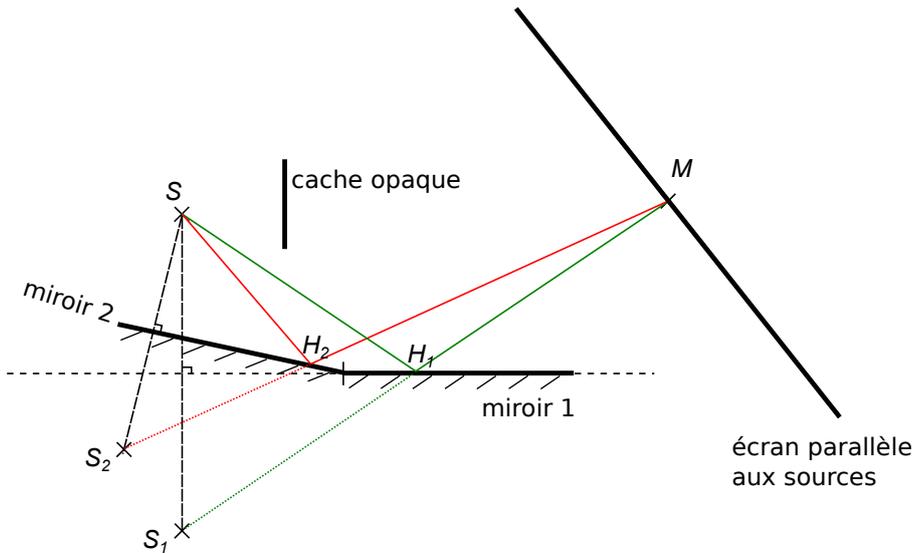
b - Les interférences n'ont plus lieu si ce sont des trains d'onde différents qui arrivent en M sur l'écran. Il n'y a donc pas interférence si la différence de marche en M est supérieure à l_c (revoir figure 5 du poly de début de chapitre).

Pour le montage simple des trous d'Young, la différence de marche sur l'écran au point M d'abscisse x est $\delta_M = \frac{ax}{D}$ (avec les notations du cours).

Il y a interférences si $\delta_M < l_c$, soit si $\frac{ax}{D} < \frac{c}{\Delta\nu}$, soit encore pour $\frac{ax}{D} < \frac{\lambda_0^2}{\Delta\lambda_0}$, soit encore pour $x < \frac{D \lambda_0^2}{a \Delta\lambda_0}$.

La largeur de la zone où il y a des interférences est donc $\Delta x = \frac{2D \lambda_0^2}{a \Delta\lambda_0}$, qui est d'autant plus petite que la largeur spectrale $\Delta\lambda_0$ est grande. On retrouve donc bien le résultat de l'expérience.

1 - Voir schéma.



- 2 - Les deux miroirs créent deux sources secondaires, qui sont les images de S . Ces deux sources secondaires sont donc synchrones et cohérentes. On doit donc avoir, dans la zone de l'écran où des rayons des deux sources arrivent, des interférences.
- 3 - On place l'écran parallèle aux deux sources secondaires et à grande distance.

On s'attend donc à des franges rectilignes, qui sont perpendiculaires à S_1S_2 , donc ici qui sont dans la direction perpendiculaire au plan du schéma.

Remarque : En pratique α est très petit et la source est rasante par rapport aux miroirs. Placer l'écran parallèle à S_1S_2 revient à le placer perpendiculaire aux miroirs. Voir http://uel.unisciel.fr/physique/interf/interf_ch02/co/apprendre_ch2_04.html et la vidéo sur la page pour le vrai dispositif et les interférences obtenues.

- 4 - La différence de marche entre les deux rayons interférant en M s'écrit

$$\delta_M = (SH_1M) - (SH_2M) = \left[SH_2 + \frac{\lambda_0}{2} + H_2M \right] - \left[SH_1 + \frac{\lambda_0}{2} + H_1M \right]$$

(on ajoute $\lambda_0/2$ à chaque réflexion sur le miroir, cela aurait dû être indiqué dans l'énoncé).

Or on voit géométriquement que $SH_2 = S_2H_2$ et que $SH_1 = S_1H_1$. On a donc finalement $\delta_M = S_1M - S_2M$. On en déduit, avec la formule de Fresnel (pour $I_1 = I_2 = I_0$) :

$$I(M) = 2I_0 \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda_0} (S_1M - S_2M) \right) \right).$$