<u>Exercice 1</u> Contraste d'une figure d'interférences

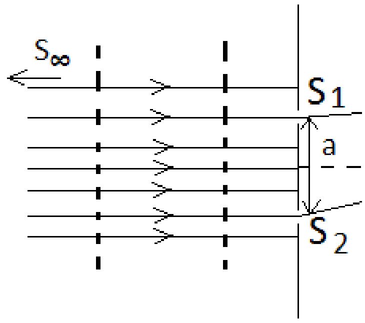
1) $I(M)=I_1+I_2+2\sqrt{I_1 I_2}\cos(\Delta\varphi(M))$

2) $I_{max}=I_1+I_2+2\sqrt{I_1 I_2}$ $\quad I_{min}=I_1+I_2-2\sqrt{I_1 I_2}$ d'où $C=\dfrac{I_{max}-I_{min}}{I_{max}+I_{min}}=\dfrac{2\sqrt{I_1 I_2}}{I_1+I_2}$

3) C s'écrit $C=\dfrac{2\sqrt{\alpha}}{1+\alpha}$, sa valeur est maximale pour α = 1

4) Pour bien distinguer les franges d'interférences, il est préférable d'éclairer deux fentes de même largeur (contraste maximal)

<u>Exercice 2</u> Trous d'Young : source à l'infini



1) Allure des surfaces d'onde :

2)

$$\delta(M)=(SM)_2-(SM)_1=(SS_2)+(S_2M)-(SS_1)-(S_1M)=(S_2M)-(S_1M)\simeq\frac{ax}{D}$$

d'après le calcul du cours

On en déduit $\Delta\varphi(M)=2\pi\dfrac{ax}{\lambda D}$

3) δ et Δφ ont la même expression donc les variations de I(M) seront les mêmes que dans le cas d'une source à distance finie.

<u>Exercice 3</u> Trous d'Young : observation à l'infini

1) $(SS_1)=(SS_2)$ et $(S_1M)=(HM)$ donc $\delta(M)=(S_2H)=S_2H=a\sin\alpha\simeq a\alpha$ (petits angles)

2) $\Delta\varphi(M)=2\pi\dfrac{a\alpha}{\lambda}$

3) Frange brillante <=> $\Delta\varphi(M)=2p\pi$ avec $p\in\mathbb{Z}$ <=> $\alpha=p\dfrac{\lambda}{a}$ avec $p\in\mathbb{Z}$

4) $\tan\alpha=\dfrac{x_p}{D}$ donc $x_p=\tan\alpha.D\simeq\alpha D=p\dfrac{\lambda D}{a}$, l'interfrange vaut $i=\lambda\dfrac{D}{a}$

5) Il ne s'agit pas d'une surface d'onde car $(SS_1)\neq(SH)$ (ou : les rayons situés entre les deux rayons représentés ne sont pas parallèles entre eux, car S_1 et S_2 émettent des ondes sphériques).

<u>Exercice 4</u> Réseau de diffraction

1) Schéma de l'expérience (vue de dessus : les fentes sont orthogonales au plan du schéma)

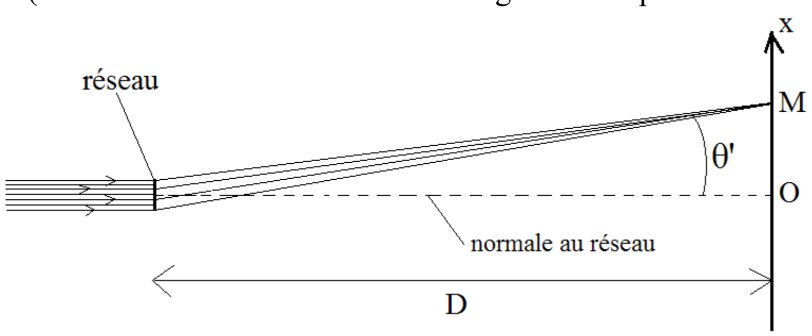
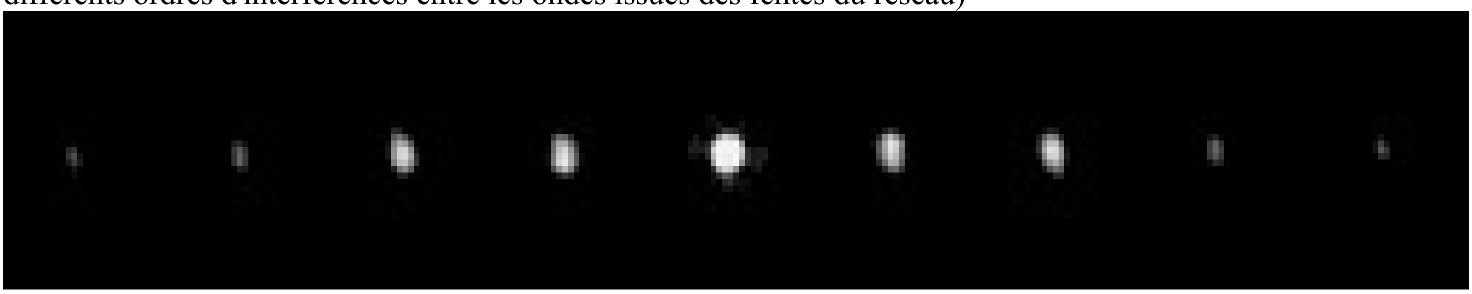


Figure observée sur l'écran : taches lumineuses intenses (pics localisés d'intensité lumineuse correspondant à différents ordres d'interférences entre les ondes issues des fentes du réseau)



2) L'angle correspondant à l'ordre 2 est tel que $\tan\theta_2 = \frac{x_2}{D}$

Relation fondamentale des réseaux : $\sin\theta' - \sin\theta = p\frac{\lambda}{a}$

Attention : les angles ne sont pas petits dans le cas des réseaux de diffraction !

Dans le cas étudié ici (incidence normale et ordre p = 2), $\sin\theta_2 = 2\frac{\lambda}{a}$ donc $\lambda = \frac{a.\sin\theta_2}{2} = \frac{a.\sin\left(\arctan\left(\frac{x_2}{D}\right)\right)}{2}$

Le réseau porte l'indication "300 traits par mm" donc $a = \frac{1}{300}\,mm = 3{,}3.10^{-6}\,m$

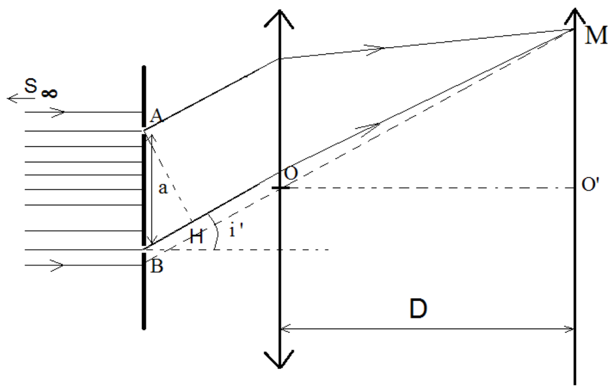
On en déduit $\lambda = 550\,nm$, il s'agit d'un laser vert.

3) Pour l'ordre p, $\tan\theta_p = \frac{x_p}{D}$ et $\sin\theta_p = p\frac{\lambda}{a}$ donc $x_p = D\tan\left(\arcsin\left(p\frac{\lambda}{a}\right)\right)$

On obtient x_1 = 25,1 cm x_3 = 85,5 cm x_4 = 132 cm

4) $x'_2 = D\tan\left(\arcsin\left(p\frac{\lambda'}{a}\right)\right) = 61{,}6\,cm$

Exercice 5 Trous d'Young : observation à travers une lentille



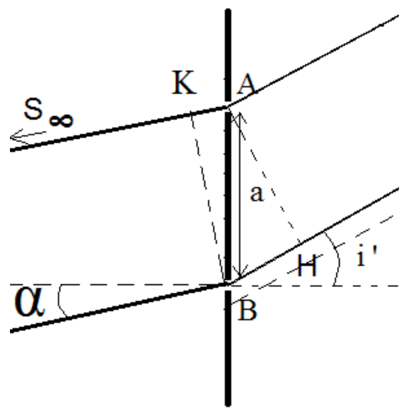
1) voir schéma
2) x = D. tan i'
3) En considérant le trajet inverse de la lumière : M serait la source, A et H seraient sur une surface d'onde de M, donc (MA) = (MH), on en déduit (AM) = (HM).
$\delta(M) = (SM)_B - (SM)_A = (SB) + (BH) + (HM) - (SA) - (AM)$
Or on a (SA) = (SB) et (AM) = (HM) donc $\delta(M)$ = BH = a sin i'
4) i' ~ tan i' = x/D et sin i' ~ i' donc $\delta(M)$ ~ ax/D

$$\Delta\varphi(M) = 2\pi\frac{\delta(M)}{\lambda_0} = 2\pi\frac{ax}{\lambda_0 D} \quad \text{donc} \quad I(x) = I_0 + I_0 + 2\sqrt{I_0 I_0}\cos(\Delta\varphi(M)) = 2I_0\left(1 + \cos\left(2\pi\frac{ax}{\lambda_0 D}\right)\right)$$

On observe une frange brillante <=> $\Delta\varphi(M)$ = p. 2π avec p entier <=> $x = p\frac{\lambda_0 D}{a}$

donc l'interfrange vaut $i = x_1 - x_0 = \frac{\lambda_0 D}{a}$

AN : i = 1,2 mm
5) La différence de marche est modifiée (voir schéma) :

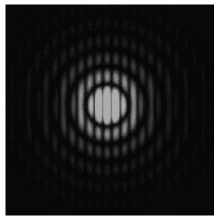


$\delta(M) = (SM)_B - (SM)_A = (SB) + (BH) + (HM) - (SK) - (KA) - (AM)$
Or on a (SK) = (SB) ainsi que (AM) = (HM)
D'autre part BH = a sin i' ~ a i' ~ ax/D (comme précédemment)
et KA = a sin α ~ a . α donc $\delta(M)$ = ax/D - a.α

On en déduit $I'(x) = 2I_0\left(1 + \cos\left(2\pi\frac{a}{\lambda_0}\left(\frac{x}{D} - \alpha\right)\right)\right)$

La frange d'ordre 0 correspond à $\Delta\varphi(M) = 0$ <=> $\delta(M) = 0$ <=> x = α.D
6) Les deux figures d'interférences sont identiques (même interfrange, même intensité maximale) mais elles sont décalées de α.D sur l'écran. Pour que la somme I(x) + I'(x) soit constante, il faut que les maximums de I(x) coïncident avec les minimums de I'(x), soit α.D = i/2 + k.i avec k entier (décalage d'un demi-interfrange).

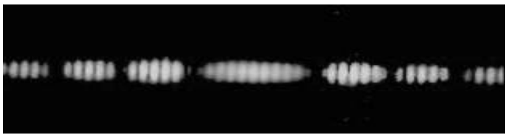
Exercice 6 Trous d'Young



1) On observe des franges d'interférences rectilignes régulièrement espacées, dans la figure de diffraction d'un trou (tache centrale circulaire et anneaux d'intensité décroissante). Les franges d'interférences sont orthogonales à T_1T_2.

L'interfrange i vaut $i=\lambda\frac{d}{a}$.

Si l'on remplace les trous par des fentes, on observe les mêmes franges d'interférence, mais dans la figure de diffraction d'une fente (figure étalée selon T_1T_2, tache centrale plus large et brillante que les autres).



2) Entre les photodiodes numérotées 280 et 720, on compte 5 interfranges. La longueur occupée par une photodiode vaut $L_p = L/N = 3{,}91.10^{-5}$ m, on a donc 5 i = 440 * L_p soit $i=\frac{440.L}{5N}=3{,}44$ mm

On en déduit $\lambda=\frac{ai}{D}=550\,\text{nm}$

3) La tache centrale s'étend entre les photodiodes 200 et 820, donc sa largeur vaut $l=620.L_p=2{,}42$ cm

Pour l'angle de diffraction θ , on a $\theta\simeq\tan\theta=\frac{l/2}{D}$ et $\theta=1{,}22\frac{\lambda}{d}$ donc le diamètre de chacun des trous vaut

$$d=1{,}22\frac{2.\lambda.D}{l}=69\ \mu\text{m}$$

4) L'incertitude est due au repérage du numéro des photodiodes lors de la détermination de l'interfrange.
En notant n le nombre de photodiodes correspondant à 5 interfranges : n = 440 ± 30 donc u(n) = 30

$i=\frac{n.L}{5N}$ donc $\frac{u(i)}{i}=\frac{u(n)}{n}$, on en déduit u(i) = 0,23 mm i = 3,44 ± 0,23 mm

$\lambda=\frac{ai}{D}$ donc $\frac{u(\lambda)}{\lambda}=\frac{u(i)}{i}$, d'où $u(\lambda)=37\,\text{nm}$ λ = 550 ± 37 nm

5) Pour a = 1 cm on obtient i = $6{,}9.10^{-5}$ m or une photodiode occupe $L_p = 3{,}9.10^{-5}$ m : l'interfrange occuperait moins de deux photodiodes. Le passage d'une frange brillante à une frange sombre ne pourrait pas être observé, on ne pourrait pas mesurer précisément l'interfrange.

6) On considérant la superposition de deux ondes monochromatique de longueur d'onde λ_k en un point M,

$I_k=2I_{k,0}(1+\cos(\Delta\varphi(M)))=2I_{k,0}\left(1+\cos\left(2\pi\frac{ax}{\lambda_k D}\right)\right)$ (interfrange $i=\frac{\lambda_k D}{a}$)

7) $\Delta\varphi=2p\pi$ avec p = 7 donc $2\pi\frac{a\,x_{3,7}}{\lambda_3 D}=14\pi$ donc $x_{3,7}=7\frac{\lambda_3 D}{a}=2{,}39\,\text{cm}$

Pour chacune des autres raies, $\Delta\varphi=2\pi a\frac{x_{3,7}}{\lambda_k D}$

pour λ_1 = 404,7 nm	$\Delta\varphi$ = 9,4*(2π)
pour λ_2 = 435,8 nm	$\Delta\varphi$ = 8,8*(2π)
pour λ_4 = 578,0 nm	$\Delta\varphi$ = 6,6*(2π)

Les interférences sont plutôt destructives (2π(9,5) et 2π(6,6)) pour le violet et le jaune, et plutôt constructives (2π*9) pour le bleu. Elles sont constructives pour le vert (ordre 7), on observe une teinte bleu-verte (cyan)

<u>Exercice 7</u> Utilisation d'une source étendue

1) Expression approchée : $\delta(M) \simeq \frac{ax}{D}$

2) Frange brillante <=> $\Delta\varphi = 2p\pi$ <=> $x_p = p\frac{\lambda D}{a}$ d'où l'interfrange i = $x_{p+1} - x_p = \frac{\lambda D}{a}$

3) $\delta(M) \simeq \frac{ax}{D} + \frac{ax'}{d}$

4) Frange brillante <=> $\Delta\varphi = 2p\pi$ <=> $\frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{ax}{D} + \frac{ax'}{d}\right) = 2p\pi$ <=> $x_p = p\frac{\lambda D}{a} - x'\frac{D}{d}$

Interfrange identique à celui de la figure formée par la source S

5) Le brouillage correspond à un décalage d'un demi-interfrange, donc $x'\frac{D}{d} = \frac{\lambda D}{2a}$ soit $x' = \frac{\lambda d}{2a}$

6) On obtient x' = 1.10^{-4} m soit 0,1 mm pour la (demi)largeur maximale de la source.