

interférences à deux ondes ; fentes de Young (1h) étude sommaire de la diffraction (30 mn) polariseurs (30 mn)

1. interférences des fentes de Young : étude avec un viseur (durée 30 mn)

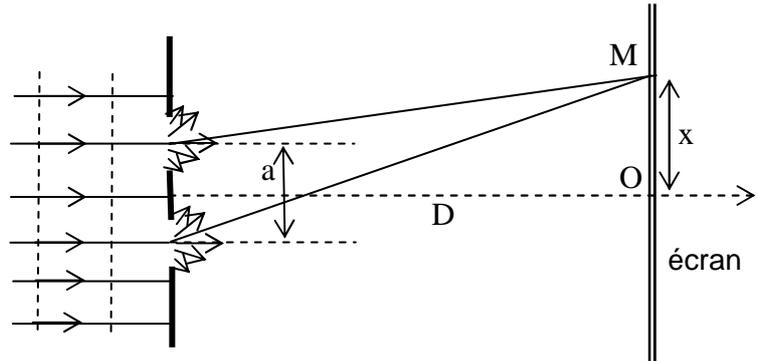
1.1 aperçu théorique

Une onde plane monochromatique arrivant en incidence normale sur un plan percé de deux fentes fines allongées et parallèles donne lieu à un phénomène d'interférences ; en effet, chaque fente diffracte la lumière incidente (voir §1), et se comporte comme une source secondaire, en phase avec l'autre fente.

lorsqu'on ne tient pas compte de la variation d'intensité due à la diffraction, l'intensité lumineuse en un point M de l'écran, caractérisé par la différence de marche δ entre les deux ondes s'écrit

$$I = I_0 \cos^2\left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right) \text{ avec}$$

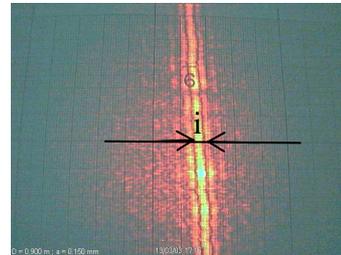
$$\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2\pi} = \frac{\delta}{\lambda_0} = \frac{na x}{\lambda_0 D}$$



soit : $I = I_0 \cos^2\left(\frac{\pi a x}{\lambda_0 D}\right)$ en prenant $n = 1$ dans l'air.

On obtient donc des franges rectilignes au voisinage de l'axe optique, pour $x = k \frac{\lambda_0 D}{a}$, l'interfrange est $i = \frac{\lambda_0 D}{a}$

On se propose ici de retrouver la distance a entre les fentes, pour différentes longueurs d'ondes, et de comparer les résultats obtenus.



1.2 mesures

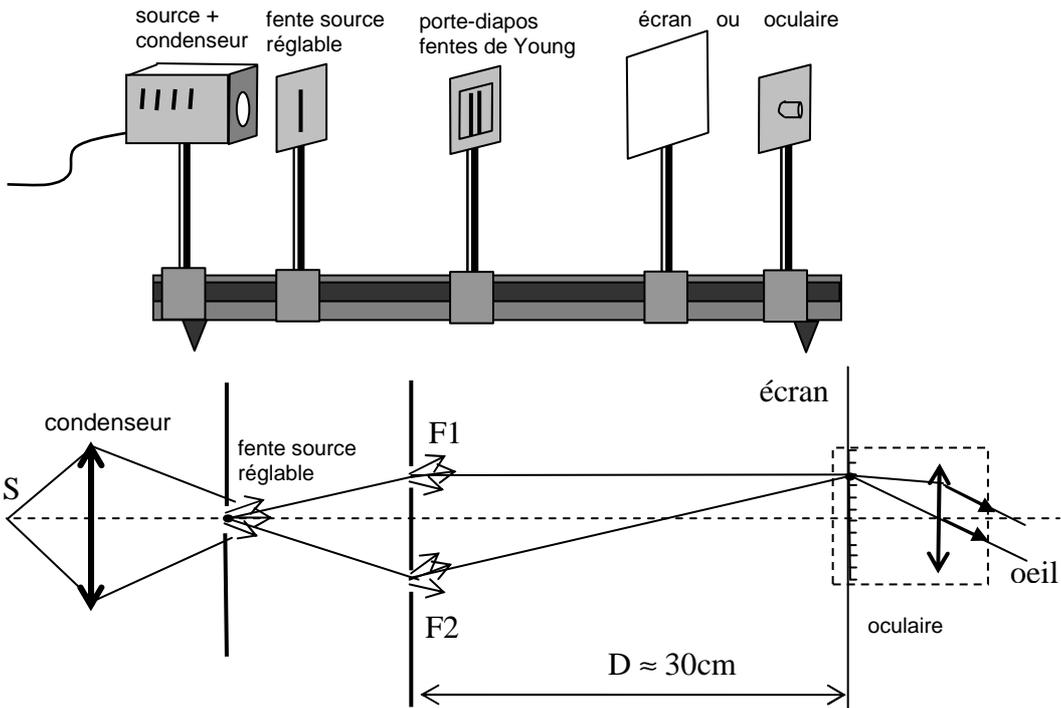
description du montage

ne jamais regarder directement une source de lumière intense

réaliser le montage suivant : la fente source est éclairée par la lumière issue du condenseur, et sera placée à environ 15 cm de celui-ci. Le porte-diativités permet de placer les différentes fentes de Young, et la recherche de la figure d'interférences se fait d'abord sur un écran.

Lorsqu'on a obtenu des franges visibles à l'œil nu, on remplace l'écran par l'oculaire, on observe alors les franges directement sur l'échelle micrométrique.

(1 petite division = 1/10 mm)



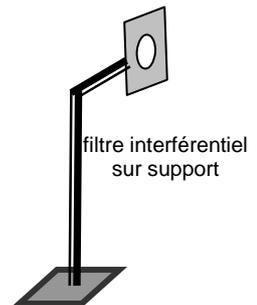
manipulation :

Lorsqu'on a obtenu des franges bien visibles en lumière blanche, placer un filtre interférentiel devant l'oculaire, de façon à sélectionner une longueur d'onde.

Pour chaque longueur d'onde, mesurer sur l'échelle micrométrique la distance x correspondant à $N = 5$ ou 6 interfranges, prise entre deux franges sombres, en déduire la valeur de $i = x/N$ et une estimation de l'erreur;

Calculer la valeur de $a = \lambda D/i$ (distance entre les fentes) .

Rassembler les résultats dans un tableau, comparer les valeurs obtenues avec celle lue sur la diapositive, et recommencer pour différents types de fentes.



premier cas :

longueur d'onde	$\lambda_1 =$	$\lambda_2 =$	$\lambda_3 =$	$\lambda_4 =$
interfrange i				
distance a				

deuxième cas :

longueur d'onde	$\lambda_1 =$	$\lambda_2 =$	$\lambda_3 =$	$\lambda_4 =$
interfrange i				
distance a				

troisième cas :

longueur d'onde	$\lambda_1 =$	$\lambda_2 =$	$\lambda_3 =$	$\lambda_4 =$
interfrange i				
distance a				

2 interférences des fentes de Young : étude avec oVisio (durée 30 mn)

OVisio est un système d'exploitation et de mesure des expériences d'optique. Basé sur une webcam Philips, il numérise et permet l'exploitation des phénomènes habituellement observés sur un simple écran. Il se présente comme un dépoli, à l'arrière duquel est positionné la webcam. Le logiciel oVisio donne en temps réel à la fois l'image, l'accès à tous les réglages et les profils d'intensité.

2.1 calibrage : cette procédure est nécessaire pour connaître la taille d'un pixel dans l'image acquise: les mesures effectuées dans la vue Graphique correspondront ainsi à des distances connues sur le dépoli.

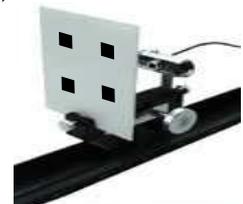
Barre d'outils :



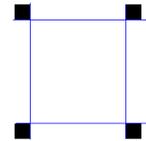
- Acquisition : Marche/Arrêt de l'acquisition vidéo
- Affiche profil : Visualisation ou non de la ligne correspondant au profil
- Profil : permet de modifier les positions des extrémités de la ligne du profil (bouton de souris droit ou gauche)
- Affiche Limite : Visualise ou non les limites qui sont utilisées pour le calibrage
- Limite : permet de modifier les positions des limites de calibrage (bouton de souris droit ou gauche)

--placer le dépoli portant les repères de calibrage sur le support en l'éloignant au maximum de la caméra (molette)

-activer la vue de la caméra: il faut que les 4 zones réservées au calibrage soient bien visibles



-déplacer les limites à l'aide de la souris en maintenant soit le bouton droit ou gauche afin d'obtenir le résultat suivant :



-si les 2 zones supérieures (et inférieures) ne peuvent pas être rejointes par la ligne de la limite supérieure, il faut déplacer la mire.

-sélectionner le menu  Outil\Calibrage (prendre 30 mm pour les distances) et sauvegarder la mesure (voir éventuellement http://ovisio.fr/documentation/notice_oVisio.pdf)

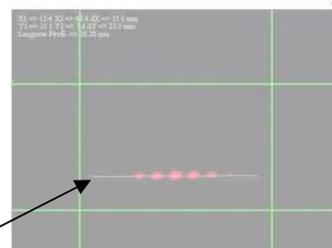
2.2 acquisition d'une image

placer maintenant le laser, le support des fentes et remplacer le dépoli de calibrage par le dépoli de mesure;



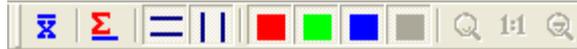
mise en place de la ligne de profil (icône )

afficher la ligne et modifier sa position (clic droit ou gauche) de manière à ce qu'elle traverse correctement la figure d'interférences



2.3 mesures :

Barre d'outils :



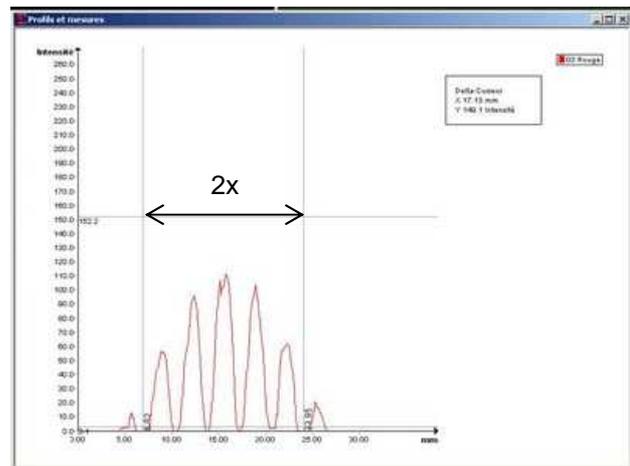
Elle permet de modifier et d'accéder rapidement à des paramètres de la vue :

- Filtrage : Boîte de dialogue pour le réglage du filtrage
- Mesures : Activer/désactiver l'outil mesure
- Marqueurs H et V : Activer/désactiver les marqueurs horizontaux ou verticaux
- Profils Rouge, Vert, Bleu, Gris : Activer/désactiver le profil de la couleur correspondante
- Zoom + : active l'outil zoom, Vue Normale : revient à l'échelle initiale, Zoom - : revient à l'échelle précédente

afficher le graphique; (si l'image est trop instable, on peut agir sur divers paramètres de filtrage spatial ou temporel, mais il est préférable de conserver les paramètres par défaut) et fixer l'image (bouton video)

observer la courbe obtenue, représentant la figure d'interférences, enveloppée par la figure de diffraction de largeur $2x$

déplacer les curseurs sur la figure et lire la distance correspondante en mm en déduire la demi-largeur x de la tache de diffraction et la valeur i d'un interfrange



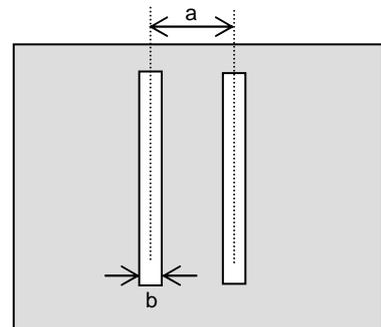
2.4 exploitation des mesures

on cherche à vérifier vérifier les relations : $\sin\theta \approx x/D = \lambda/b$

où D est la distance au plan des fentes, et b la largeur d'une fente

et $i = \lambda D/a$ où a est la distance entre les centres des fentes

on effectuera ces vérifications pour plusieurs types de fentes, et pour deux longueurs d'ondes différentes (en changeant le laser)



laser 1 $\lambda = \dots\dots\dots$ nm

laser 1	a	D	x	$b = \lambda D/x$	$i_{calculé} = \lambda D/a$	$i_{mesuré}$
diapo 1						
diapo 2						
diapo 3						

laser 2 $\lambda = \dots\dots\dots$ nm

laser 1	a	D	x	$b = \lambda D/x$	$i_{calculé} = \lambda D/a$	$i_{mesuré}$
diapo 1						
diapo 2						
diapo 3						

3.étude sommaire de la diffraction par une fente fine (durée 30 mn)

3.1 aperçu théorique

Lorsqu'une onde plane monochromatique arrive en incidence normale sur une ouverture rectangulaire très allongée de largeur a (fente fine) comparable à la longueur d'onde de la lumière, la théorie de la diffraction à l'infini prévoit que l'intensité lumineuse dans la direction θ est décrite par la fonction :

$$I = I_0 \left(\frac{\sin\left(\frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}\right)}{\left(\frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}\right)} \right)^2$$

Si l'angle θ est faible, cette expression devient

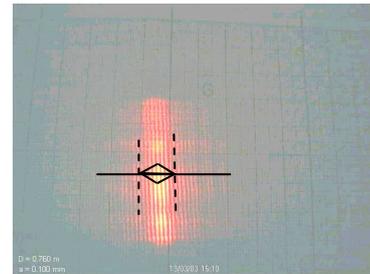
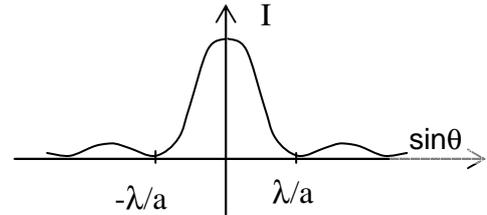
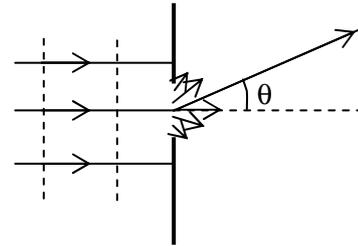
$$I = I_0 \left(\frac{\sin\left(\frac{\pi a \theta}{\lambda}\right)}{\left(\frac{\pi a \theta}{\lambda}\right)} \right)^2, \text{ expression qui vaut } I_0 \text{ pour } \theta = 0, \text{ et}$$

s'annule pour $\theta = k (\lambda/a)$ avec k , entier relatif.

On obtient le graphe ci-dessus, et on montre que

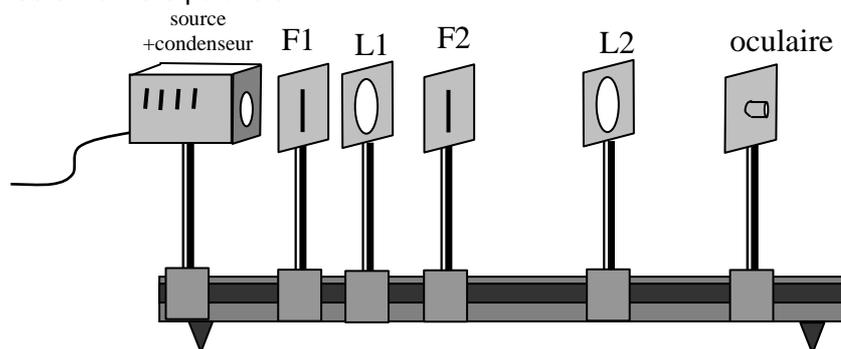
la majeure partie de l'énergie se trouve comprise entre $\theta = +\lambda/a$ et $\theta = -\lambda/a$ (tache centrale de diffraction) qui correspond sur l'écran ou le viseur, à une largeur $2x$

La photographie montre un phénomène d'interférences contenu dans la tache centrale de diffraction, et la largeur correspondante.



3.2 mesures

Réaliser le montage ci-dessous, pour voir la figure de diffraction à l'infini donnée par une fente fine éclairée en lumière parallèle.



description du montage :

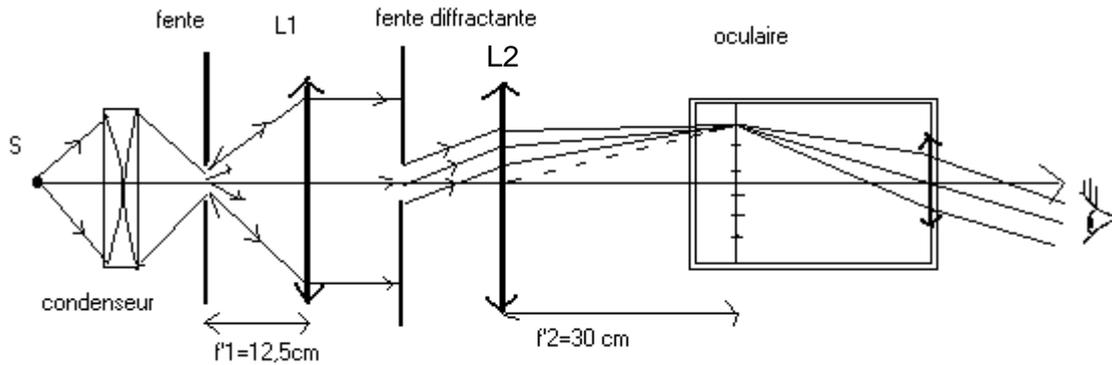
Le condenseur est une lentille épaisse qui permet de concentrer la lumière sur une "fente source".

La fente source et la lentille L1 constituent un "collimateur", qui permet de produire de la lumière parallèle.

La lumière diffractée par la seconde fente réglable traverse la lentille L2, l'observation dans le plan focal image, permet de voir la figure de diffraction à l'infini.

On l'observera sur l'échelle micrométrique d'un oculaire (1 div. = 1/10^{ème} de mm), placée au foyer image de la lentille convergente L2 (distance focale : 30 cm).

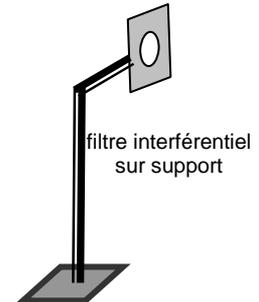
L'ensemble lentille (objectif) + oculaire, constitue une lunette de visée (ou viseur).



L' échelle micrométrique de l'oculaire étant placée au foyer de la lentille L2, établir la relation entre une distance x mesurée sur l'échelle, la distance focale f'_2 , et l'angle θ (très petit) des rayons émergents. Montrer que pour la tache de diffraction de largeur $2x$ on a $x/f'_2 = \lambda/a$

manipulation : bien aligner les différentes pièces, régler la fente source au minimum, et la fente diffractante, de façon à voir correctement la frange centrale, et quelques franges secondaires en lumière blanche. Observer les irisations des franges secondaires.

En utilisant les filtres interférentiels (très fragiles) disponibles, mesurer pour quatre longueurs d'onde différentes la largeur $2x$ de la tache de diffraction (il sera plus précis de mesurer $4x$ ou $6x$ si la luminosité le permet) et remplir le tableau suivant .



En déduire pour chaque longueur d'onde la valeur de $a = \lambda f'_2/x$.

Comparer les valeurs obtenues ; conclusion ?

comment pourrait-on mesurer directement a ?

longueur d'onde	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
x				
a (m)				

(passer au TP "Polariseurs" durée 30 mn)