

TP3 Optique ondulatoire

Faire les expériences 1/2 ou 3/4 dans la séance.

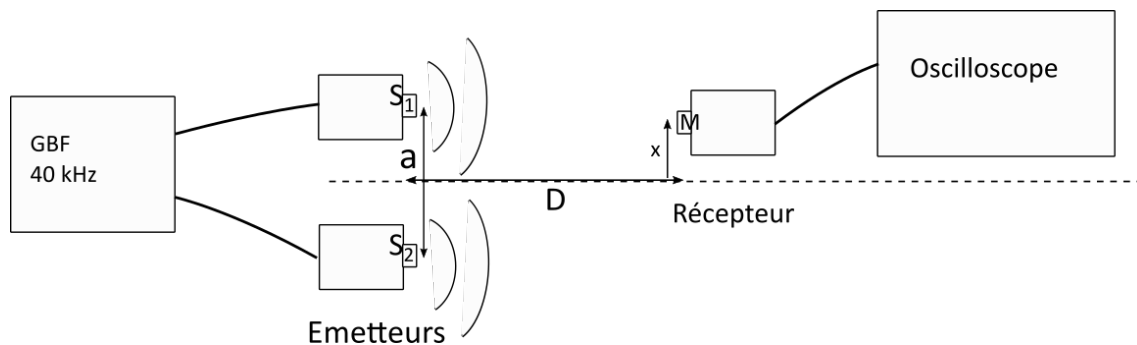
1 Interférences ultrasonores (1h)

Matériel

- 2 émetteurs et 2 récepteurs ultrasonores fonctionnant autour de 40,0 kHz.
- 2 réglets
- skotch
- GBF
- oscilloscope

Travail demandé

Le montage ci-dessous permet l'étude d'interférences ultrasonores.



La situation est analogue à celle des trous d'Young. Lorsque l'on déplace le récepteur en faisant varier x , on observe une succession de maxima et de minima correspondant à des interférences constructives ou destructives. On note i le déplacement du récepteur entre deux maxima successifs. Pour D suffisamment grand, un raisonnement similaire à celui des trous d'Young mène à la relation

$$i = \frac{\lambda D}{a}$$

L'objectif est de valider (ou non) ce modèle.

1. Réaliser le montage, en choisissant a et D de façon à bien observer les interférences, tout en respectant $D \gg a$.
2. Procéder à des mesures de i , a et D , et estimer leurs incertitudes-type $u(i)$, $u(a)$ et $u(D)$.
3. Proposer une méthode de mesure de la longueur d'onde λ des ondes ultrasonores générées à la fréquence 40,0 kHz. En représenter le schéma puis réaliser la mesure de λ . Proposer une incertitude $u(\lambda)$ sur cette mesure, en expliquant comment vous l'avez déterminée.
4. Compléter le document Excel fourni avec vos valeurs et incertitudes de a , D , i , λ .

Le document Excel permet de calculer $\lambda D/a$ et l'incertitude sur cette grandeur, et de tester sa compatibilité avec la valeur de i mesurée à l'aide du critère expliqué en Annexe page suivante.

5. Conclusion : le modèle $i = \lambda D/a$ est-il validé par votre travail expérimental ?

Annexe : critère de compatibilité entre deux mesures

Supposons que l'on ait mesuré la grandeur physique x et l'incertitude sur cette mesure $u(x)$ par deux méthodes différentes, et obtenu $x_1 \pm u(x_1)$ et $x_2 \pm u(x_2)$.

On définit l'écart normalisé entre les deux mesures, aussi appelé "z-score"

$$z = \frac{|x_2 - x_1|}{\sqrt{u^2(x_1) + u^2(x_2)}}$$

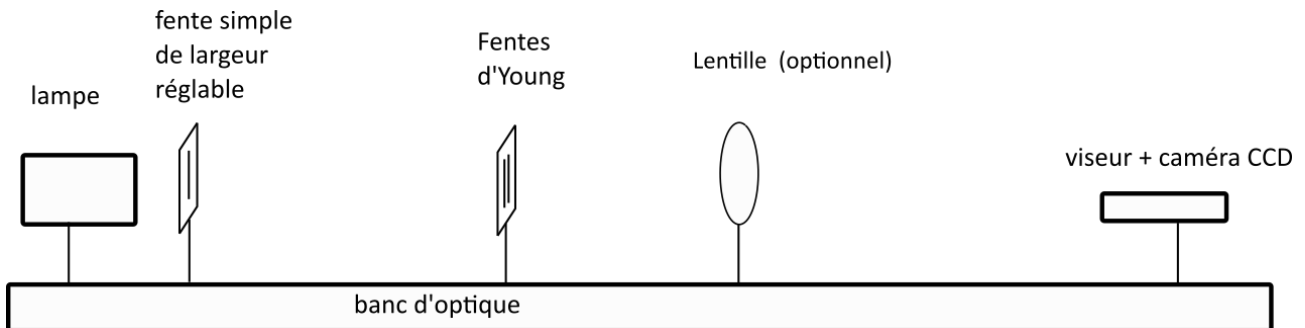
Si $z < 2$, les deux mesures sont compatibles.

2 Fentes d'Young en lumière blanche (1h)

Matériel

- banc d'optique
- source de lumière blanche
- fente de largeur réglable
- lentille convergente
- fentes d'Young
- objectif de viseur et caméra-CCD
- filtres colorés

Le montage ci-dessous permet l'observation de la figure d'interférences des fentes d'Young en lumière blanche à l'aide d'un capteur CCD.



Travail demandé

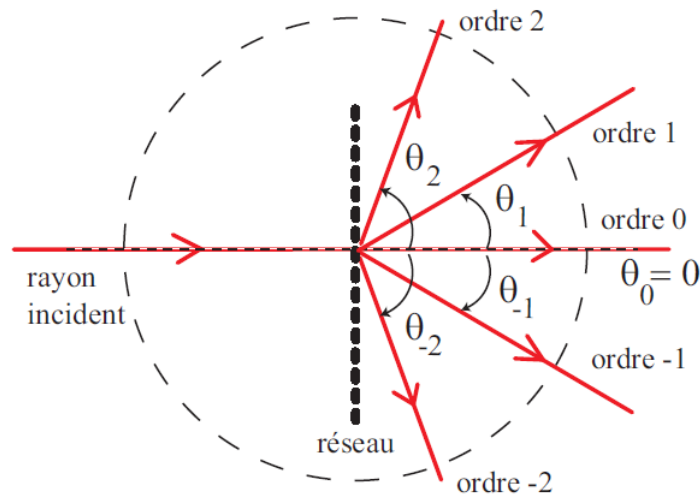
1. Réaliser le montage, et ajuster pour obtenir une belle figure d'interférences.
2. Représenter sur le compte rendu la figure observée.
3. Interpréter cette figure colorée à l'aide de filtres de couleurs, et du programme Python fourni. On s'appuiera sur la propriété suivante : les intensités dues aux différentes longueurs d'onde s'ajoutent.

3 Goniomètre à réseau (1h)

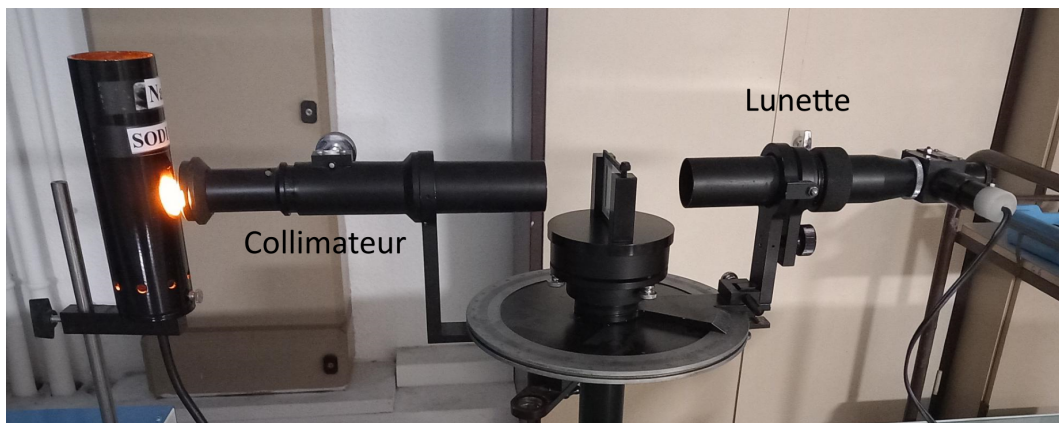
Un réseau éclairé par un faisceau parallèle donne lieu à des interférences constructives très localisées, dont la position est donnée par la formule des réseaux, que l'on rappelle ici en incidence normale.

$$a \sin \theta_p = p\lambda$$

avec p le nombre entier permettant de numérotter les franges brillantes (appelé ordre d'interférence), λ la longueur d'onde, a le pas du réseau (correspondant à l'inverse du nombre de traits par mm écrit sur le réseau), et θ_p l'angle défini ci-dessous.



L'objectif est la mesure de la longueur d'onde de la lumière émise par une lampe à vapeur de sodium à l'aide d'un goniomètre à réseau éclairé en incidence normale.



3.1 Réglage

- Allumer la lampe à sodium, et la positionner en face de la fente du collimateur.
- Placer le réseau perpendiculairement à la lumière (incidence normale), le mieux possible.
- Placer la lunette à l'opposé, pour qu'elle reçoive la lumière. Régler l'oculaire de la lunette à votre vue, pour voir nettement la croix noire, appelée réticule.
- Régler la longueur du tube du collimateur pour voir nettement les bords de la fente. Réduire alors la taille de la fente, et la positionner bien au centre..
- En déplaçant la lunette, observer les différentes raies jaunes correspondant aux ordres d'interférences.

M'appeler pour montrer le réglage. Il existe une procédure permettant de positionner le réseau en incidence normale avec précision, que je pourrai peut-être vous montrer.

3.2 Mesures

- Mesurer les positions angulaires de la lunette lorsque vous observez les ordres 0, 1, 2, 3 ... bien au centre de la lunette. Vous vous rendrez compte sur les ordres plus élevés qu'il s'agit en fait de deux raies très proches : le doublet du sodium ! .
- Tracer sur Excel $a \sin \theta_p$ en fonction de p , et faire une modélisation affine (courbe de tendance). En déduire votre valeur expérimentale de λ .
- Les valeurs de référence sont 589,0 et 589,6 nm pour les deux longueurs d'onde du doublet. Conclure sur votre mesure en calculant un écart relatif.

4 Profil d'intensité lumineuse (1h)

Matériel

- Laser rouge
- Fentes d'Young
- Caméra CCD
- Polariseur
- Logiciels SalsaJ et Portanum.

Objectif

Obtenir le profil d'intensité lumineuse associé à l'expérience des fentes d'Young et l'interpréter. Mesurer le contraste.

Travail demandé

1. Eclairer les fentes d'Young à l'aide du laser et observer la figure d'interférences à l'aide de la caméra CCD (Logiciel Portanum). Le polariseur permet de moduler la puissance lumineuse pour éviter la saturation du capteur CCD.
2. Réaliser une capture, et obtenir le profil d'intensité lumineuse à l'aide du logiciel Salsa J.
3. Imprimer le profil, repérer l'interfrange et la tâche centrale de diffraction.
4. Mesurer le contraste au centre de la figure.

Rappel de la définition du contraste :

$$C = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$$