

TP O1 - Diffraction et réseau

Objectifs

Ce TP traite du phénomène de diffraction. Après une visualisation rapide du phénomène avec des ondes mécaniques, on étudie le phénomène de diffraction en optique, qu'on appliquera pour estimer la capacité de stockage d'un CD. Les capacités suivantes devront être maîtrisées en fin de séance :

- ★ *Utiliser la relation $\sin\theta = \lambda/a$ entre l'échelle angulaire du phénomène de diffraction et la taille caractéristique a de l'ouverture.*
- ★ *Choisir les conditions expérimentales permettant de mettre en évidence le phénomène de diffraction en optique ou en mécanique.*

I. Présentation du matériel

Nous manipulerons aujourd'hui du matériel d'optique **fragile**, **onéreux** et parfois **dangereux**. On commencera par vérifier la présence sur la paillasse du matériel ci-dessous :

- ☐ un laser He-Ne,
- ☐ un jeu de fentes d'Young (simples),
- ☐ un écran d'observation,
- ☐ un réseau de diffraction,
- ☐ un CD, un DVD, ou un capteur CCD,
- ☐ des supports optiques,
- ☐ un support en bois et Plexiglas, un support de CD à vis,
- ☐ une feuille de papier (millimétrée ou non),
- ☐ un gros rapporteur,
- ☐ ainsi qu'une cuve à ondes sur la paillasse du professeur.

II. Diffraction en mécanique : cuve à ondes

Une cuve à onde est sur la paillasse professeur. Elle fonctionne avec de l'air pulsé et permet de créer des ondes planes rectilignes ou des ondes circulaires (amplitude et fréquence réglables). On utilise ici des ondes planes rectilignes ¹.

☞ *Visualisez leur propagation et estimez leur longueur d'onde λ .*

On place sur le fond de la cuve deux « cornières » (obstacles rectilignes) parallèlement aux ondes, séparées par une ouverture de taille L .

☞ *Qu'observez-vous ?*

1. Vous pouvez aussi utiliser le logiciel de simulation « Ripple Tank » pour visualiser ce phénomène.

On fait varier la largeur L de l'ouverture.

☞ Quelle est l'influence de la largeur de l'ouverture sur le phénomène de diffraction ?

III. Diffraction en optique

III.1. Consignes importantes de sécurité

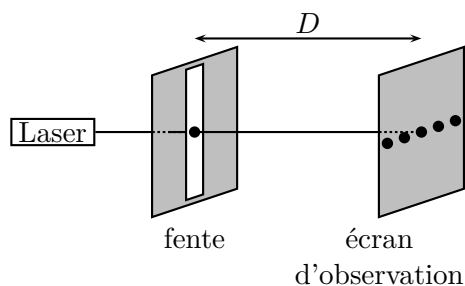
Un laser est dangereux et peut provoquer des lésions graves en cas d'exposition de l'oeil au faisceau laser ou même à de faibles réflexions de ce faisceau. On prendra ainsi les précautions suivantes :

- Enlever montre, bague, ... lorsque vous placez vos mains sur le trajet du faisceau. Ne manipulez pas d'objet métallique (tournevis, règle, ...).
- Ne jamais approcher son oeil du faisceau pour faire les alignements !
- Ne jamais insérer un élément optique (fente, lentille ...) dans le montage sans avoir au préalable coupé le faisceau laser. Bien fixer tous les éléments optiques de manière à éviter toute chute d'objet au travers du faisceau.
- Faire attention aux réflexions créées par des éléments insérés dans le faisceau.
- Prévenez votre binôme et faites attention aux groupes voisins lors d'une manipulation du faisceau.

On veillera enfin à confiner le plus possible les faisceaux lasers à l'aide d'écrans.

III.2. Diffraction par une fente

On réalise le montage ci-dessous. L'objet diffractant est une fente de largeur a (vous disposez de plusieurs fentes de différentes largeurs) et on placera l'écran à une distance $D \simeq 1,50$ m. On rappelle que la longueur d'onde du laser hélium-néon est $\lambda = 632,8$ nm.



☞ Décrire ce que vous observez.

On note d la largeur de la tache centrale de diffraction (dont les extrémités correspondent aux premières zones sombres de part et d'autre de la tache centrale).

☞ Rappelez l'expression de l'échelle angulaire θ du phénomène de diffraction en fonction de λ et a , puis en déduire l'expression de la largeur d de la tache centrale en fonction de D , λ et a , en supposant $D \gg d$.

On se propose ici de vérifier l'indication des largeurs de fentes données par le constructeur.

☞ Mesurer la distance D et son incertitude associée ΔD .

☞ Mesurer la largeur d et son incertitude Δd pour chacune des fentes à votre disposition (ATTENTION : n'oubliez pas d'interrompre le faisceau laser avant toute intervention sur le montage !). En déduire la largeur estimée de la fente a_{exp} et son incertitude Δa_{exp} . Conclure.

☞ Que vaut la demi-largeur angulaire θ de la tache centrale ? L'utilisation de l'approximation nécessaire à la diffraction de Fraunhofer ($a \ll D$) est-elle justifiée ?

☞ Remplacer la fente par un de vos cheveux. Qu'observez-vous ? En déduire l'épaisseur de votre cheveu et l'incertitude associée.

III.3. Diffraction par un réseau

Un réseau est un ensemble de fentes (souvent appelés traits) très fines, équidistantes et parallèles entre elles. Il est caractérisé par le nombre de traits par mètre N ou par son pas $a = 1/N$.

☞ Remplacez la fente par le réseau. Qu'observez-vous ?

L'onde lumineuse en un point M de l'écran résulte de l'interférence des N ondelettes issues des fentes du réseau. La tache centrale est appelée "ordre 0" du réseau. Les taches lumineuses de part et d'autre de la tache centrale sont les ordres 1 et -1, etc... On notera p l'ordre d'interférence.

La relation fondamentale des réseaux (voir TP O2 et fiche pratique sur le pas du CD) donne en incidence normale ($\theta_0 = 0$) :

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

☞ Mesurer la distance d entre l'ordre 0 et l'ordre p . En déduire l'angle θ_p . Calculer $\sin \theta_p$ pour les ordres ± 1 et ± 2 , et en déduire le pas du réseau ainsi que le nombre de traits par mètre.

III.4. Mesure du pas d'un CD et capacité de stockage

III.4.a. Encadrement du pas a

☞ Elaborer un protocole sans mesure d'angle et utilisant un simple comptage des taches lumineuses visibles permettant de trouver très rapidement un encadrement du pas a . Appeler le professeur et lui présenter le protocole retenu, puis mettre en oeuvre ce protocole pour accéder à l'encadrement du pas.

III.4.b. Mesure du pas a

☞ Utiliser l'une des deux méthodes répertoriées en annexe pour déterminer le pas du CD ou du DVD mis à votre disposition.

III.4.c. Capacité de stockage

☞ Estimer la longueur L du sillon du CD à l'aide d'un calcul de surface.

☞ Sachant que la longueur d'un motif "creux" ou "plat" est de l'ordre de 10 micromètre, déduire la capacité de stockage du CD. Commenter.

IV. Bonus - Caractéristique géométrique d'un pixel de capteur CCD

➡ *Utiliser la méthode 2, proposée en annexe, pour remonter à la taille d'un pixel d'un capteur de webcam ou d'appareil photographique numérique.*

Ce qu'il faut retenir !

Effectuer sur votre cahier de laboratoire un bilan du TP résumant :

- ★ les propriétés physiques qui ont été mises en évidence,
- ★ les lois physiques qui ont été démontrées ou utilisées,
- ★ les nouvelles fonctions des différents appareils auxquelles vous avez fait appel. Pour ces dernières, préciser leur rôle et les moyens de les activer.