

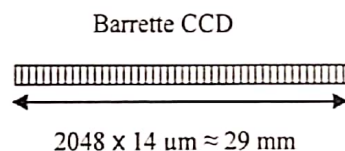
INTERFÉRENCES ET DIFFRACTION

N.B. L'illumination de la rétine par un faisceau laser peut provoquer de graves lésions.
NE JAMAIS PLACER L'OEIL DANS L'AXE DU FAISCEAU

I. Enregistrement de figures de diffraction et/ou d'interférence avec un capteur CCD.

1. Présentation du matériel

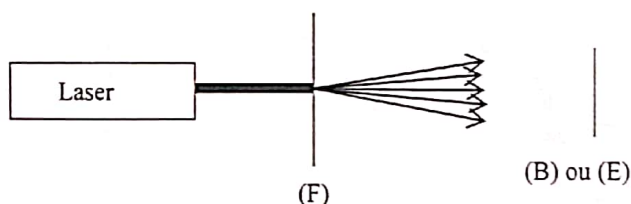
Le faisceau horizontal issu d'un laser est dirigé sur un système diffractant très étendu verticalement (fente verticale par exemple). La figure de diffraction étudiée est alors localisée au voisinage d'un plan horizontal. Le capteur utilisé est une barrette CCD (*Charge-Coupled Device*, ou Détecteur à Couplage de Charge) : 2048 cellules de $14 \mu\text{m}$ de côté convertissent l'énergie lumineuse captée par chacune en un signal électrique. La barrette est placée dans un boîtier de commande qui traite le signal et le convertit sous une forme exploitable sur ordinateur par le logiciel « Caliens ». Le boîtier de commande doit être mis sous tension avant démarrage du logiciel.



Le faisceau laser est très lumineux. On intercale à l'entrée du boîtier devant la barrette CCD un filtre gris (non réglable) et un ensemble polariseur-analyseur d'angle entre axes de transmission ajustable permettant de faire varier continûment l'intensité (voir loi de Malus).

2. Montage

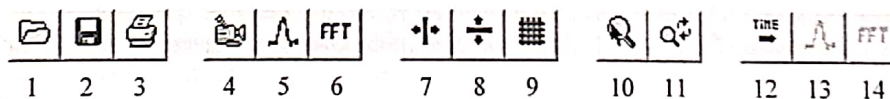
Le dessin ci-contre est une vue de dessus. Une fente diffractante (F) est placée à une vingtaine de cm du laser (attention à bien utiliser une fente simple : la même diapositive comporte des fentes simples et des fentes doubles). La barrette CCD (B) [ou un écran (E)] est placée à un ou deux mètres. Le boîtier est connecté à un ordinateur sur lequel le logiciel « Caliens » est activé.



3. Réglages et acquisition

Optique : Visualiser la figure de diffraction en utilisant l'écran (E) et en positionnant avec soin (F). Ajuster la distance (F)-(E) afin que la largeur de la partie utile de la figure de diffraction soit voisine de celle de la barrette (3 cm). Remplacer (E) par la barrette (B) et faire pivoter la fente diffractante afin que la figure de diffraction soit bien parallèle à la barrette (conseil : faire se superposer la figure de diffraction et un bord horizontal du boîtier) puis régler la hauteur de la barrette pour que la figure de diffraction soit juste au niveau de la barrette (on peut dévisser les filtres à l'entrée du boîtier pour bien voir la barrette).

Logiciel « Caliens » :



Lancer une acquisition continue : [4] enfoncé. Régler la sensibilité ou plutôt la durée d'intégration du capteur sur une valeur faible (2 ms est la valeur minimale). **Attention : la valeur n'est validée qu'après appui sur la touche « Entrée » du clavier.** Vérifier que le zoom n'est pas actif (cliquer sur [11]). Vérifier que le mode « Transformée de Fourier » n'est pas actif (bouton « FFT » [6] non enfoncé). Placer les filtres (gris/polarisant) pour atténuer le faisceau lumineux. La courbe Intensité en fonction de la position x doit apparaître.

Ajuster éventuellement la hauteur de la barrette pour améliorer la courbe. Il peut aussi être nécessaire de faire pivoter la pupille diffractante si la figure de diffraction n'est pas symétrique. Enlever un des filtres si le signal n'est pas assez fort. Déplacer latéralement le support du boîtier pour centrer la figure sur le pic central ou bien au contraire mieux voir les pics secondaires (dans ce dernier cas, il est possible d'augmenter la sensibilité, quitte à saturer le pic central).

Une fois les réglages satisfaisants quitter le mode acquisition continue : désactiver le bouton [4]. On peut choisir de faire une moyenne sur quelques acquisitions : menu « Paramètres-Acquisition » et indiquer le nombre d'acquisitions. Après avoir supprimé les lumières parasites, lancer l'acquisition : Bouton [5].

4. Exploitation

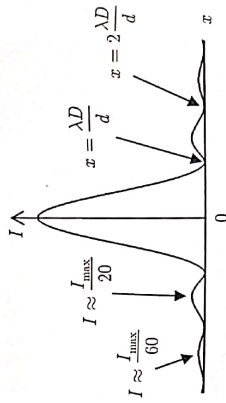
Utiliser éventuellement la loupe [10] pour régler l'affichage. Si l'enregistrement est correct, sauvegarder le fichier : Menu « Fichier » « Enregistrer sous ... » ou bouton [2]. Les mesures de position et d'intensités relatives se font à l'aide des curseurs dans le logiciel (Boutons [7] et [8])

Le but de cette expérience est de comparer les mesures avec les résultats théoriques illustrés par le graphique ci-contre :

- Mesurer et comparer les largeurs des taches de diffraction.
- Comparer les intensités des différents maxima.
- Déduire de la mesure des largeurs des pics et de la distance $D = (F)-(B)$ la largeur d de la fente diffractante ($\lambda_{\text{laser HeNe}} = 632,8 \text{ nm}$).

Le logiciel permet de superposer une courbe théorique à la courbe expérimentale (Menu « Paramètres/Simulation »).

Il est possible d'imprimer la figure (bouton [2]) si une imprimante est connectée par le réseau (ou par transfert du fichier sauvegardé auparavant sur un ordinateur muni d'une imprimante).

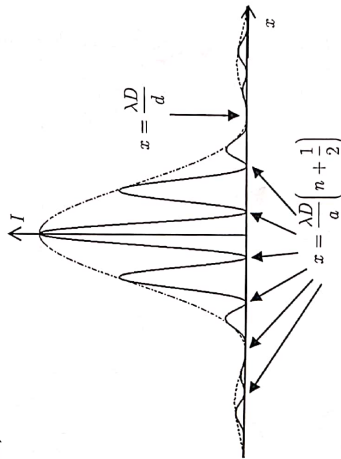


Le graphique ci-contre illustre la courbe théorique de la fente simple. Les positions des maxima sont indiquées par des flèches et les largeurs des taches par des double flèches. Les équations $x = \frac{\lambda D}{d}$ et $x = 2 \frac{\lambda D}{d}$ sont indiquées. Les intensités relatives $I \approx \frac{I_{\text{max}}}{20}$ et $I \approx \frac{I_{\text{max}}}{60}$ sont également indiquées.

5. Diffraction par une fente double (fentes d'Young)

Si l'étude précédente a duré plus de 45 minutes, ne pas faire cette partie et passer directement au II.

Reprendre les réglages après avoir remplacé la fente diffractante par une fente double. (Obtenir une figure de diffraction bien contrastée sur l'écran (E) avant de la centrer sur la barrette (B)). La figure d'interférence (taches d'interférence équidistantes) a une intensité modulée (spatialement) par le terme de diffraction par une fente mis en évidence précédemment (dessiné en pointillés ci-contre). Faire un enregistrement et exploiter les mesures de position des annulations d'intensité pour déterminer la largeur d de chaque fente et la distance a entre les axes des fentes.



II. Autres figures d'interférences ou diffraction

NB : La suite du TP n'utilise plus la barrette CCD. Les mesures de position seront directement faites à la règle sur la figure projetée sur un écran ou au mur, voire au plafond !

1. Mesure de l'épaisseur d'un cheveu

Placer un cheveu sur le faisceau à la sortie du laser (le fixer avec une bande adhésive). Observer la figure de diffraction. Interpréter en détail cette figure. Mesurer ses dimensions caractéristiques. En déduire le diamètre d du cheveu en utilisant le fait que les taches secondaires de diffraction ont la même largeur angulaire : λ / d .

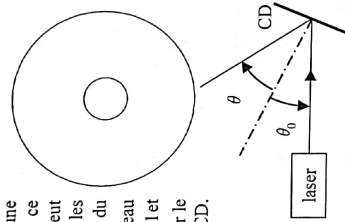
2. Capacité d'un C.D. ROM. Comparaison avec un DVD

La piste en forme de spirale d'un CD-ROM peut se comporter, si elle n'est éclairée que sur une faible partie comme un réseau réfléchissant à traits parallèles pratiquement rectilignes. C'est ce qui est responsable des « irisations » qui apparaissent lorsqu'on en regarde la surface. On peut exploiter ce phénomène pour déterminer la largeur de la piste. Pour un réseau par réflexion, les directions de maximum de lumière sont données par $\alpha (\sin \theta + \sin \theta_0) = m \lambda$, où α est le pas du réseau et λ la longueur d'onde. Placer le CD de façon à ce que sa normale soit selon le faisceau laser (θ_0 voisin de 0) et mesurer les angles correspondant à l'ordre 1 et à l'ordre 2 ($m = 1$ et $m = 2$). En déduire la valeur de α (largeur de la piste). On admet que chaque bit enregistré sur le CD occupe une longueur de $1 \mu\text{m}$ sur la piste. Mesurer les dimensions de la partie utile du CD. En déduire une estimation de la capacité en Mo du CD.

Mesurer de même l'écart entre les pistes d'un DVD (à demander). Calculer la capacité (pour un DVD, un ensemble de 3 bits occupe une longueur de $1 \mu\text{m}$ sur la piste).

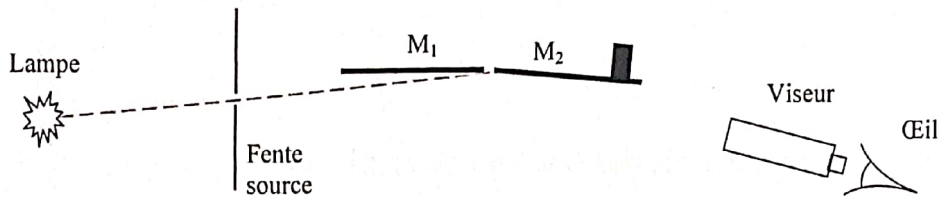
3. Diffraction par un réseau

Observer les lampes du plafond à travers un réseau. Qu'observe-t-on ? La lumière émise est-elle monochromatique ? blanche ? ... ?



III. Expérience des miroirs de Fresnel

1. Réglage de l'appareil



Le dispositif, installé sur le plan de travail, est préréglé. On observe les franges à travers le viseur placé entre les miroirs et l'œil. Le réglage a pu être modifié par les utilisateurs précédents. Faire, si nécessaire, les ajustements ci-dessous pour améliorer la figure d'interférence observée.

Déplacer ou orienter le viseur pour centrer les franges.

On peut modifier l'interfrange de deux façons : en utilisant la molette d'orientation de M_2 ou bien en éloignant l'oculaire des miroirs (mais on peut alors rendre la figure moins lumineuse).

On peut améliorer la luminosité en déplaçant la lampe pour mieux éclairer les miroirs.

Si le dispositif est vraiment trop mal réglé, reprendre le protocole complet de réglage indiqué en 4. Annexe.

2. Interférences en lumière blanche

Observer et interpréter. Comparer avec les résultats du cours.

3. Observation en lumière quasi monochromatique

On peut utiliser 5 ou 6 filtres (rouge, ... , vert, ... , bleu, ...) qui sont à placer sur le trajet de la lumière (par exemple contre l'oculaire). Il est en général possible d'observer au moins une dizaine de franges en lumière quasi monochromatique.

L'oculaire dispose d'une graduation dite « micrométrique » (l'ensemble de la graduation mesure 1 cm ; la distance entre traits n'est pas $1\mu\text{m}$!). L'utiliser pour mesurer l'interfrange i pour les couleurs utilisables.

Évaluer la précision sur chaque mesure d'interfrange.

Les longueurs d'onde de la bande passante de chaque filtre sont indiquées dans la boîte de rangement. Tracer le graphe de la relation $i = f(\lambda)$ (en faisant figurer les barres d'incertitude).

Facultatif : Mesurer, en lumière rouge, l'interfrange pour différentes valeurs de D , à écart angulaire constant entre les miroirs (bien réfléchir à ce à quoi correspond D (notation du cours) dans le cas du dispositif utilisé. Comparer avec les résultats théoriques.

4. Annexe : protocole de réglage

Éclairer la fente source en positionnant la lampe de façon à ce que lampe, fente source et arête commune aux deux miroirs soient alignées (on doit voir de la lumière diffusée par les surfaces des miroirs proches de l'arête commune).

Placer l'œil à environ 50 cm des miroirs de façon à voir simultanément les deux images de la fente source par réflexion. La molette située derrière M_2 permet le réglage de l'angle entre les plans des 2 miroirs. L'utiliser pour rapprocher le plus possible les deux images observées. Vérifier qu'elles sont bien parallèles à la fente source.

Placer alors l'oculaire (le viseur) devant l'œil et ajuster sa position pour voir les franges d'interférence à travers l'oculaire. La qualité des franges dépend beaucoup du parallélisme entre la fente source et l'arête commune aux deux miroirs. Si possible, ajuster l'orientation de la fente source pour optimiser le contraste.