

NOTICE

MT03132

LOS – 1

Kit d'optique Laser



Table des matières

1	Introduction	3
2	Les interférences lumineuses	5
2.1	Interférences lumineuses par une fine plaque de verre	5
2.2	L'interféromètre de Michelson-Morley	7
3	La diffraction de la lumière	12
3.1	Diffraction de la lumière par des ouvertures carrées et circulaires	12
3.2	Diffraction de la lumière par un réseau	13
4	L'holographie	17
4.1	Enregistrement d'un hologramme	17
4.2	Reconstruction de l'hologramme	17
5	Polarisation de la lumière	20
6	Absorption de la lumière	22
7	Consignes de sécurité	22

1 Introduction

Grâce à l'utilisation du nouveau kit d'optique laser LOS-1 (Figure 1), il vous est possible d'améliorer l'apprentissage de l'optique dans l'enseignement secondaire. La source de lumière cohérente – le laser – vous apporte une solution innovante et concrète afin d'enseigner l'optique ondulatoire, ce qui représente une excellente alternative aux méthodes conventionnelles et théoriques. Le kit d'optique laser LOS-1 permet de réaliser la démonstration de phénomènes optiques, tels que le cheminement des rayons lumineux, la réflexion de la lumière, la polarisation de la lumière, ainsi que la diffraction et les interférences lumineuses. Le kit d'optique laser LOS-1 contient également un hologramme de type Fresnel.

Les expériences décrites ci-après sont spécialement adaptées à l'utilisation du kit d'optique laser. Le choix revient au professeur quant à l'élaboration d'expériences à partir des expériences de base.

Les éléments de ce kit sont inclus dans un coffret capitonné de mousse afin de prévenir toute usure des éléments optomécaniques.

Accessoire conseillé : un panneau métallique MB02257.



Figure 1

Composition du kit d'optique laser LOS-1

- 1 diode laser 635 nm d'une puissance de sortie de 1 mW (laser de classe 2)

Mise en garde : Evitez toute exposition directe de l'œil avec le faisceau laser.

- 1 lentille convergente
- 2 miroirs
- 1 miroir semi-transparent
- 1 écran de référence (visualisation/alignement)
- 1 écran
- 1 jeu de filtres colorés (rouge F1, vert F2, bleu F3)
- 1 filtre polarisant
- 1 jeu d'ouvertures circulaires de diffraction (D1, D2)
- 1 jeu d'ouvertures carrées de diffraction (D3, D4)
- 1 jeu de réseaux linéaires de diffraction (G1, G2, G3)
- 1 réseau croisé de diffraction (G4)
- 1 hologramme
- 1 plaque de verre servant à la démonstration du phénomène d'interférences
- 1 jeu de 9 supports
- 4 pieds en caoutchouc utilisable sur le tableau métallique
- 1 compartiment pour batterie (2x1.5V)

Tous les éléments optomécaniques se fixent sur un tableau métallique par aimantation.

2 Les interférences lumineuses

Les interférences sont un phénomène par lequel, au moins deux faisceaux lumineux interagissent. Leurs différences de phase font varier l'intensité de leur recombinaison qui n'est plus la simple somme des faisceaux lumineux considérés individuellement. Au début du 18^e siècle, deux théories ont tenté d'expliquer l'origine de la lumière. La première était celle de Huygens, la théorie ondulatoire, et la seconde était celle de Newton, la théorie corpusculaire. En 1801, le docteur et physicien anglais T. Young a découvert l'effet des interférences lumineuses et l'a expliqué en utilisant la théorie ondulatoire. Il a explicité l'arrangement des fines bandes colorées en terme d'interférences. Le physicien français J.A. Fresnel a appliqué le principe de la théorie ondulatoire pour expliquer les phénomènes de recourbement et d'interférences.

2.1 Interférences lumineuses par une fine plaque de verre

Objectif

Observer et expliquer les franges d'interférence obtenues.

Matériel requis

Laser (635 nm), écran de référence, plaque de verre, support, lentille.

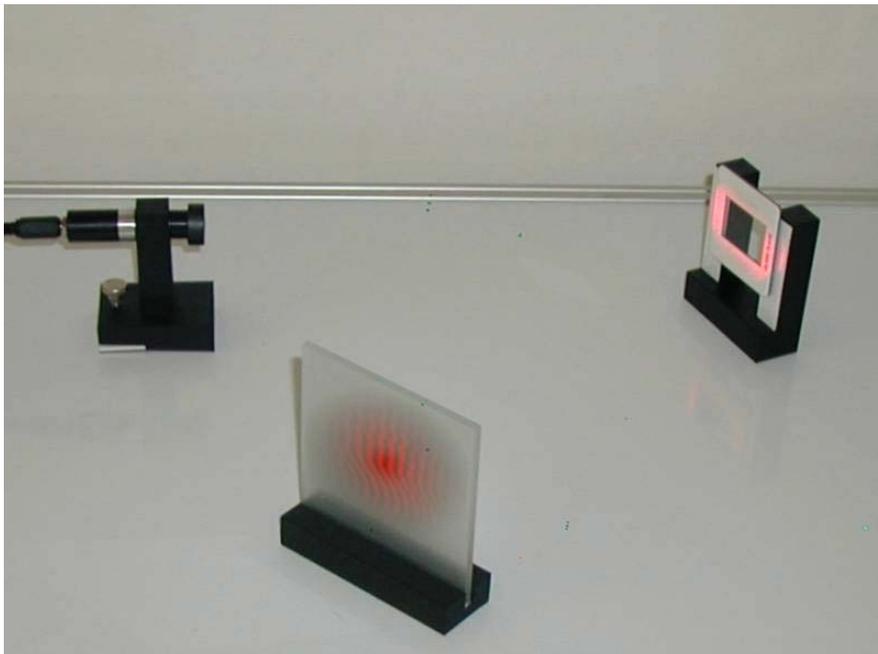


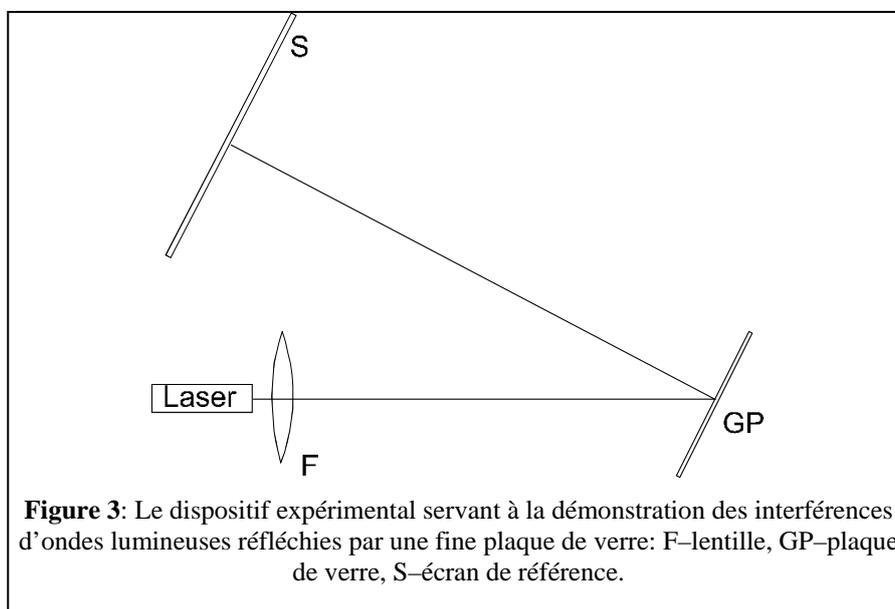
Figure 2

Procédure (Figure 3)

1. Placez le laser (sans la lentille) au coin de la table magnétique, le faisceau laser devant être parallèle au côté le plus long de la table.
2. Placez le support et la plaque de verre à l'autre coin de la table. Le faisceau laser devrait être visible sur la plaque ; la position verticale du faisceau peut être ajustée en tournant la vis du support du laser.
3. Positionnez l'écran de référence dans le coin situé en diagonale par rapport à la plaque de verre. (Figure 3).
4. Orientez le support de la plaque de verre jusqu'à ce que le faisceau apparaisse au centre de l'écran de référence.
5. Placez le support pour lentille, avec la lentille, en sortie du laser ou tenez simplement la lentille en contact avec le laser afin de produire un faisceau divergent. Le diamètre du faisceau ne devrait pas excéder les dimensions de la plaque de verre afin d'optimiser l'utilisation de la source lumineuse.
6. Observez les franges d'interférences sur l'écran de référence. Ajustez la position de ce dernier afin de visualiser au mieux la figure d'interférences.

Question

Les interférences sont un effet induit par la présence d'au moins deux ondes. Quelles sont les deux ondes qui interfèrent dans notre cas ?



2.2 L'interféromètre de Michelson

Introduction

L'interféromètre est un dispositif grâce auquel des variations infimes de chemin optique, de l'un des faisceaux interférents, peuvent être mesurées. Il devient alors possible de détecter les imperfections de surfaces polies, différentes imperfections de matériaux transparents ou simplement de mesurer l'indice de réfraction d'un milieu donné.

L'interféromètre de Michelson comprend un miroir semi-transparent ainsi que deux autres miroirs. Le miroir semi-transparent (SM) divise le faisceau initial en deux faisceaux perpendiculaires l'un à l'autre, les propageant suivant les deux « *bras* » de l'interféromètre. Ces faisceaux sont réfléchis par les miroirs M1 et M2. Puis ils reviennent dans le sens inverse avant de se recombiner au moment de leur transmission par le miroir semi-transparent. Les faisceaux portent l'information relative à la longueur des « bras ». Le positionnement des franges d'interférence dépend de la distance entre les miroirs et le miroir semi-transparent.

Objectif

Observer une figure d'interférences grâce au principe de l'interféromètre de Michelson.

Matériel requis

Laser (635 nm), écran de référence, 2 miroirs, 1 miroir semi-transparent, lentille.

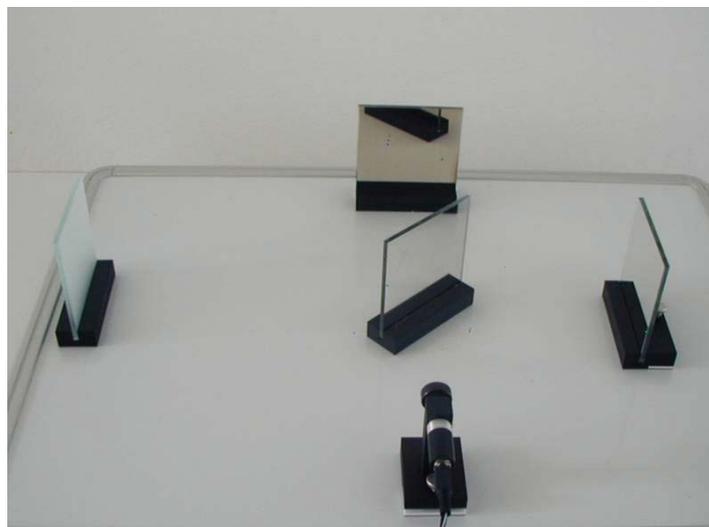
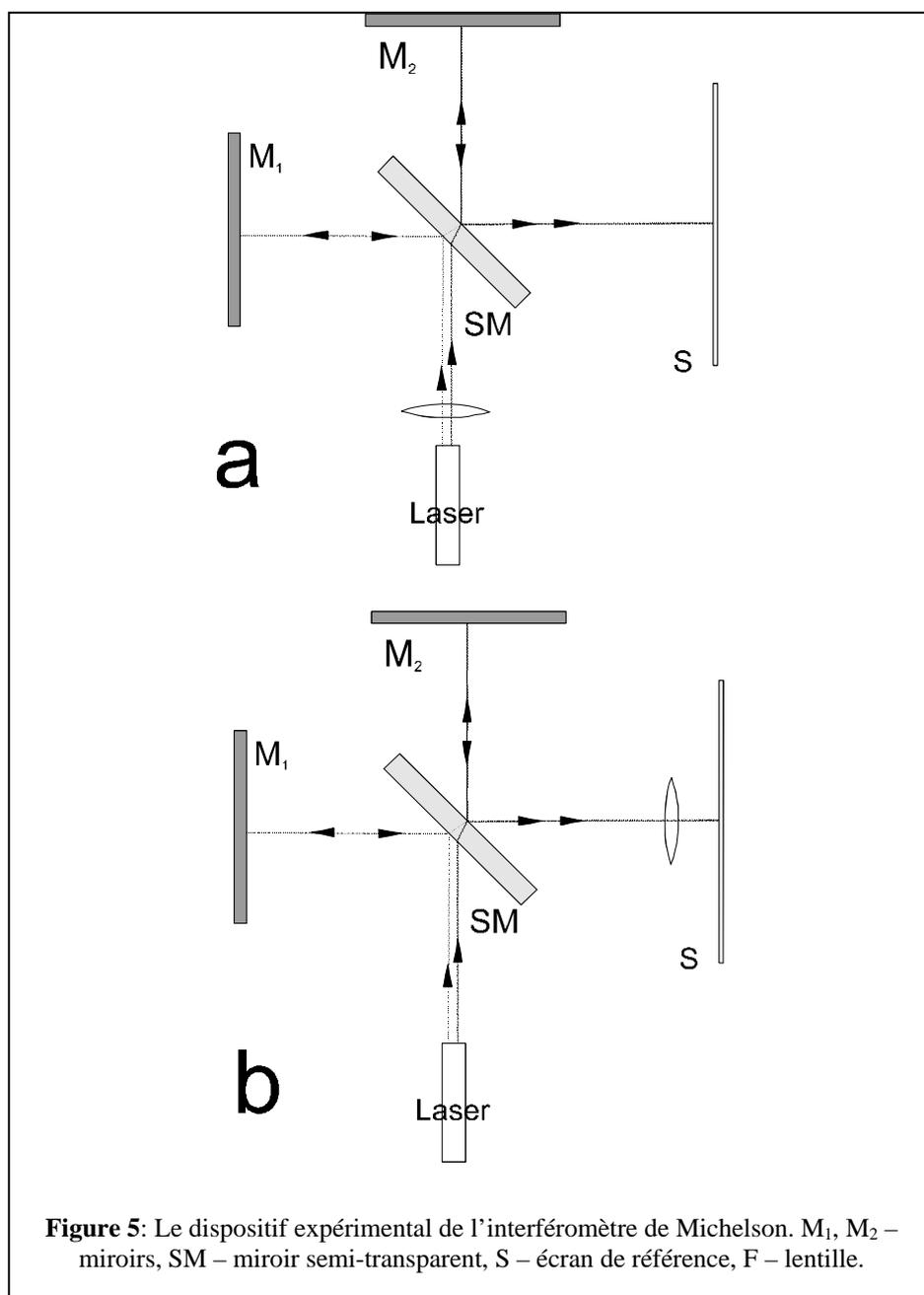


Figure 4: L'interféromètre de Michelson.

Procédure

1. Placez le laser à mi-chemin du côté le plus long de la table magnétique (Figure 4) et ajustez le faisceau laser parallèlement à la plaque de référence (voir remarques).
2. Positionnez le miroir M2 à l'opposé de la table (Figure 4) en vous assurant que le côté ne comportant pas de vis, fait face au laser. Redirigez le faisceau en direction du laser en ajustant le niveau du support laser et du support en vous aidant des vis.



3. Placez le miroir semi-transparent entre le laser et le miroir M2 comme indiqué sur la Figure 5. L'angle entre le plan du miroir semi-transparent et l'axe du laser doit être de 45° . Un positionnement correct de l'ensemble est essentiel.
4. Placez l'écran de référence comme indiqué sur la Figure 5, du côté le plus court de la table.
5. Placez le miroir M₁ à l'opposé de l'écran de référence, de l'autre côté de la table.
6. Faites fusionner les points à l'écran en ajustant la position du miroir M₁ (grâce à la vis située sur son support) et positionnez ces points à la même hauteur que celle de la source laser (voir remarques).
7. Placez la lentille entre le miroir semi-transparent et le laser. Cela génère l'apparition d'une figure d'interférences classique.
8. Si la lentille se trouvait entre l'écran de référence et le miroir semi-transparent (Figure 5), des franges d'interférences parallèles seraient visibles. Ceci résulte de l'interférence qui se produit entre deux ondes sphériques, lorsqu'elles se propagent suivant un trop grand angle ou que les axes de leurs faisceaux sont parallèles, mais non confondus.

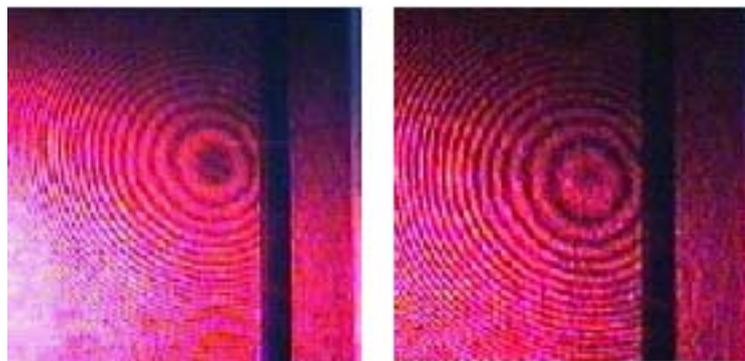
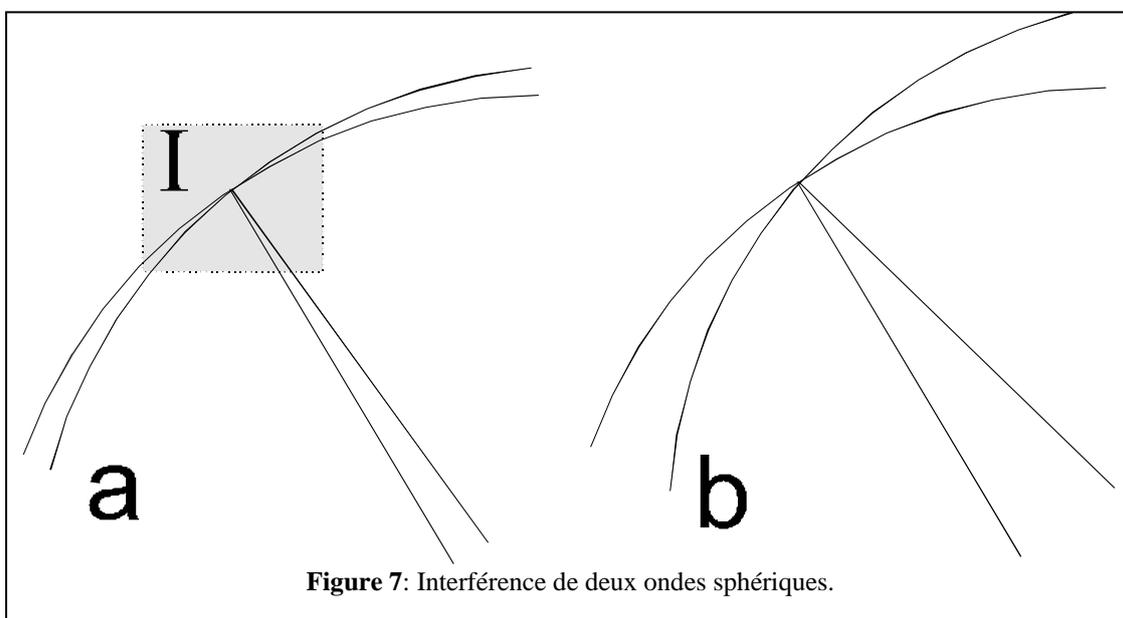


Figure 6 : Figure d'interférences de deux ondes sphériques obtenue lorsque les axes des faisceaux sont confondus en formant un angle suffisamment petit.

Remarques

- Avant de commencer l'expérience, nettoyez la lentille de sorte qu'il ne se forme aucune interférence parasite due à une contamination de la surface de la lentille par des poussières. Il est facile d'identifier de telles

interférences parasites car elles génèrent un certain nombre de cercles concentriques. Une interférence de faisceaux provenant d'un seul des miroirs M_1 ou M_2 peut se produire. Cette interférence est facile à identifier car elle se produit même lorsque l'un des miroirs, M_1 ou M_2 , est recouvert.



- En ajustant les éléments suivant l'ordre indiqué sur la Figure 5, il apparaît important que les ondes sphériques recombinaées forment un angle suffisamment petit (voir Figure 7a), afin d'observer les interférences dans la zone I. Si les ondes sphériques forment un angle trop grand (voir Figure 7b), les interférences ne sont pas observables. Par conséquent, il est très important que les axes des ondes forment un petit angle horizontalement et verticalement et qu'ils se rejoignent au centre de l'écran. Il est donc important d'ajuster le faisceau laser parallèlement à la plaque de référence, et de tenter de le conserver parallèle après réflexion des miroirs M_1 et M_2 . Il devient alors possible d'observer la figure d'interférences typique donnée par l'interféromètre de Michelson, qui est excessivement facile à identifier car intermittente et très sensible. Si l'image de l'interférence ne disparaît pas en recouvrant l'un des miroirs, il s'agit certainement d'une interférence parasite.
- Avant de placer les miroirs, ajustez le laser de façon à ce qu'il soit parallèle à la plaque de référence. Une fois les miroirs correctement positionnés, observez les deux images du faisceau laser obtenues à l'écran. En ajustant la position des miroirs et du laser, positionnez ces deux images à une hauteur identique et déplacez-les à un même endroit à l'écran. De cette façon, vous êtes sûr que l'axe du faisceau est parallèle à la plaque de référence et que les faisceaux se rejoindront pour former une image à l'écran.

- Il est très utile de régler les miroirs en positionnant le laser très près du miroir semi-transparent. Les images miroir doivent être de même forme et dans des positions similaires. Une fois l'image de l'interférence correctement établie, il est possible de déplacer librement la source laser sans perturber l'image obtenue.
- A cause de la grande sensibilité de l'interféromètre de Michelson, il est très important de stabiliser la table afin d'éviter toute vibration néfaste et de régler l'ensemble des éléments sans brusquerie.
- S'il ne se forme aucune image d'interférence à l'écran, enlevez la lentille et assurez-vous que les faisceaux qui interfèrent sont parallèles à la plaque de référence et frappent l'écran au même endroit. Si malgré cela aucune image n'apparaît, il se peut que les chemins optiques soient d'une longueur si proche que les interférences ne puissent être observées. Dans ce cas, déplacez l'un des miroirs en avant ou en arrière sur l'axe optique, d'environ 1 mm.

Questions

Pouvez-vous nous expliquer l'origine de l'intermittence (du clignotement) de la figure d'interférences ?

Essayer de chauffer l'air à différents endroits localisés où passent les faisceaux et observez l'image d'interférence.

Tentez d'expliquer ce que vous observez.

Une fois la figure d'interférences acquise, essayez de faire varier l'angle du faisceau laser en tournant la vis du support et observez la façon dont varient la position et la forme de la figure d'interférences. En faisant varier l'angle des faisceaux, il faut être excessivement prudent et éviter tout mouvement brusque.

3 La diffraction de la lumière

La diffraction de la lumière est une propriété de son caractère ondulatoire. Le principe de diffraction de la lumière peut être expliqué par la théorie de Huygens. Il a supposé que lorsqu'une onde lumineuse passe au travers d'une ouverture ou à proximité d'une barrière optique, chaque point constituant ces derniers agit individuellement comme une source de lumière secondaire. Ces ondes suivent alors différents chemins et interfèrent conséquemment les unes avec les autres. Une figure de diffraction typique peut être obtenue en insérant un écran dans le champ d'interférence.

3.1 Diffraction de la lumière par des ouvertures carrées et circulaires

Introduction

La figure de diffraction change suivant la forme de la fente ou de la barrière optique (Figure 8). Si la lumière est diffractée par une ouverture circulaire, la figure résultante prend la forme d'une série de cercles concentriques, tandis que les rayons diffractés par une ouverture carrée génèrent une figure consistant en une série de bandes cruciformes.

Objectif

Observer la diffraction de la lumière à travers des fentes de formes différentes.

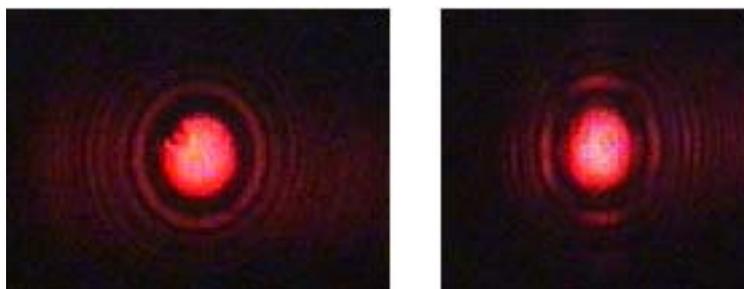


Figure 8: Figures obtenues lorsque la lumière est diffractée au passage d'ouvertures circulaires et carrées.

Matériel requis

Laser (635 nm), ouvertures carrées et circulaires, support, écran de référence.

Procédure (Figure 9)

1. Disposez la diapositive à ouverture carrée ou circulaire sur le support aimanté.
2. Positionnez le support entre le laser et l'écran. La distance entre l'ouverture et l'écran devrait être de 50 cm au minimum.
3. Observez les figures de diffraction générées par différentes ouvertures.
4. L'équation de diffraction pour une ouverture circulaire est :

$$\sin \varphi = k \frac{\lambda}{D}$$

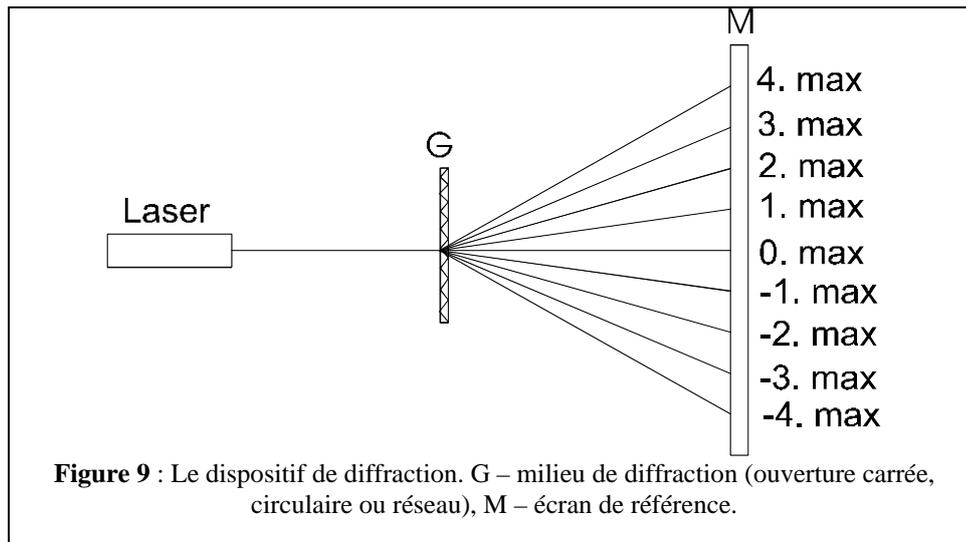
où φ – l'angle de diffraction, k – l'ordre de diffraction (0, 1, 2, ...), λ – la longueur d'onde du faisceau lumineux, D – le diamètre de l'ouverture.

Questions

1. Quelles différences observez-vous en utilisant deux ouvertures circulaires différentes ?
2. De quelle façon varie la figure de diffraction lorsque vous éloignez l'écran de l'ouverture carrée ?

3.2 Diffraction de la lumière par un réseau**Introduction**

Un réseau optique est une plaque comprenant plusieurs fentes parallèles très proches les unes des autres. La distance séparant deux fentes voisines est appelée *pas du réseau*. Toute structure tridimensionnelle périodique qui peut agir sur l'amplitude ou la phase de la lumière passant par ladite structure est considérée comme un réseau optique.



Objectif

Observer la figure de diffraction de la lumière passant par un réseau.

Matériel requis

Laser (635 nm), réseaux linéaires à différents pas (G1, G2, G3), réseau croisé (G4), support aimanté, écran de référence.

Procédure

1. Positionnez le laser et l'écran de référence en vis-à-vis et aussi loin que possible l'un de l'autre sur la table magnétique.
2. Positionnez le réseau entre le laser et l'écran. La distance séparant l'écran du réseau devrait être d'au moins 50 cm.
3. Observez la figure de diffraction. Elle comprend des maxima de diffraction d'ordres supérieurs. Le maximum d'ordre zéro est identique à l'image formée en l'absence de réseau.

Similaire à l'équation pour les ouvertures, l'équation donnant les maxima de diffraction peut-être écrite comme suit :

$$\sin \varphi = m \frac{\lambda}{d}$$

où φ – l'angle de diffraction, m – l'ordre de diffraction (0, 1, 2, ...), λ – la longueur d'onde du faisceau lumineux et d – le pas du réseau.

4. Observez les figures de diffraction générées par différents réseaux (G1, G2, G3, G4).
5. Essayez d'utiliser deux réseaux consécutifs lors d'une même expérience, en plaçant l'un derrière l'autre. Observez la figure de diffraction.



Figure 10 : Figure de diffraction d'un réseau linéaire.

Questions

1. Que pouvez-vous dire à propos des distances réciproques entre les maxima en utilisant les réseaux à différents pas (périodes) ?
2. De quelle façon la figure de diffraction change t-elle lors de l'utilisation de différents réseaux ou en combinant ces derniers ?

Expériences supplémentaires

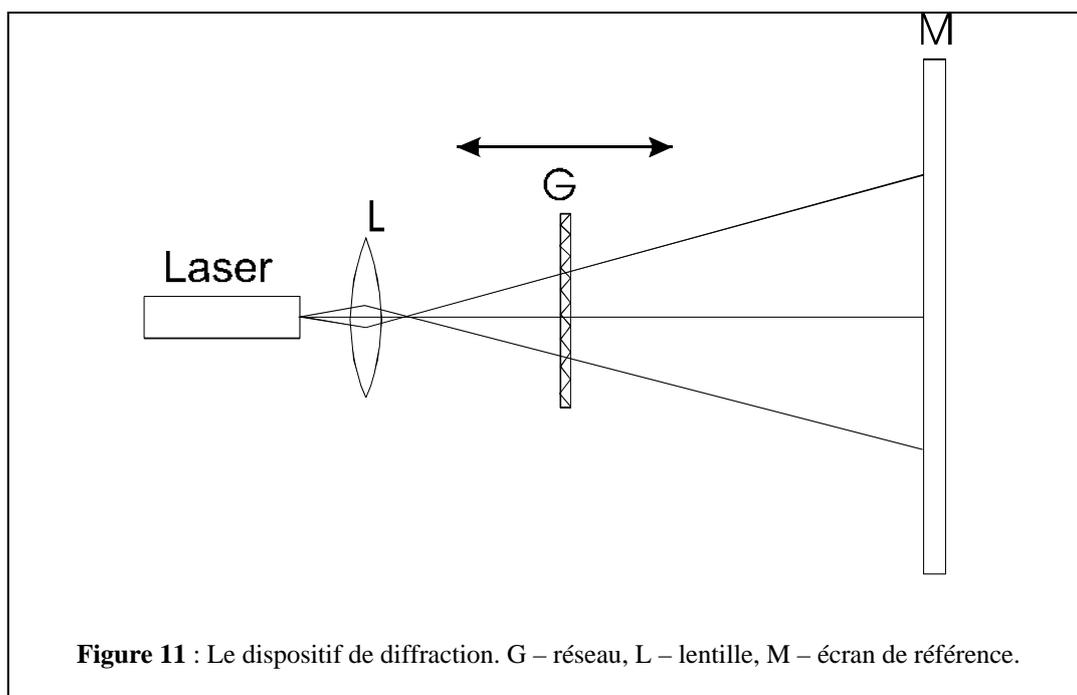
1. Observez la diffraction générée par un cheveu. Attachez ce dernier à un support à l'aide d'aiguilles aimantées.
2. Attachez une lame de rasoir au support et observez la figure de diffraction générée par son tranchant.
3. En positionnant deux lames de rasoir de manière contigue, créez votre propre fente. Observez la diffraction de la lumière qu'elle génère.
4. Couvrez une fraction du faisceau laser sur le réseau et observez les changements au niveau de la figure de diffraction. Tentez de les expliquer.

5. Placez la lentille environ 5 cm en sortie du laser (Figure 11). Placez le réseau devant la lentille de sorte qu'une majeure partie soit arrosée par le faisceau. Rapprochez le réseau de la lentille et observez les variations de la figure de diffraction.
6. Répétez la même procédure que précédemment en échangeant la lentille et le réseau, et en bougeant la lentille.

Attention

Prenez les précautions nécessaires lors de l'utilisation d'un rasoir afin d'éviter toute blessure.

Evitez l'exposition directe de l'œil au laser. La lumière réfléchiée par l'écran de référence n'est pas dangereuse.



4 L'holographie

4.1 Enregistrement d'un hologramme

Les hologrammes sont enregistrés sur un matériau photographique spécifique. Le champ d'interférences des ondes *objet* et *référence* est enregistré. L'onde objet est réfléchi par un objet et l'onde de référence est généralement une onde plane. L'onde objet est porteuse des informations définissant l'objet enregistré. Si cette onde était enregistrée sans onde de référence, seule l'amplitude serait enregistrée, et une photographie ordinaire serait obtenue. Lorsqu'une onde de référence est présente, une différence de phase est enregistrée également. Seul un tel enregistrement est capable de restituer les informations tridimensionnelles se rapportant à l'objet. Le champ de diffraction de l'objet et de l'onde de référence est gravé par un procédé photochimique.

4.2 Reconstruction de l'hologramme

Introduction

Lorsqu'une onde lumineuse passe au travers d'un hologramme, la situation devient similaire à celle observée durant l'enregistrement. Le dispositif servant à l'enregistrement est le même que celui servant à la reconstruction (Figure 12), cependant l'œil ne doit pas être pris en compte et les verres doivent être réels (contrairement à la reconstruction où seule l'image des verres est observée). La lumière émise par le laser sert de faisceau de référence et le faisceau réfléchi par les verres est appelé faisceau objet.

Durant la reconstruction, la lumière provenant du laser traverse le réseau holographique (hologramme) et est diffractée. Cette diffraction mène à la recréation de la situation lors du procédé d'enregistrement. La reconstruction est réalisée grâce à la diffraction de la lumière.

Objectif

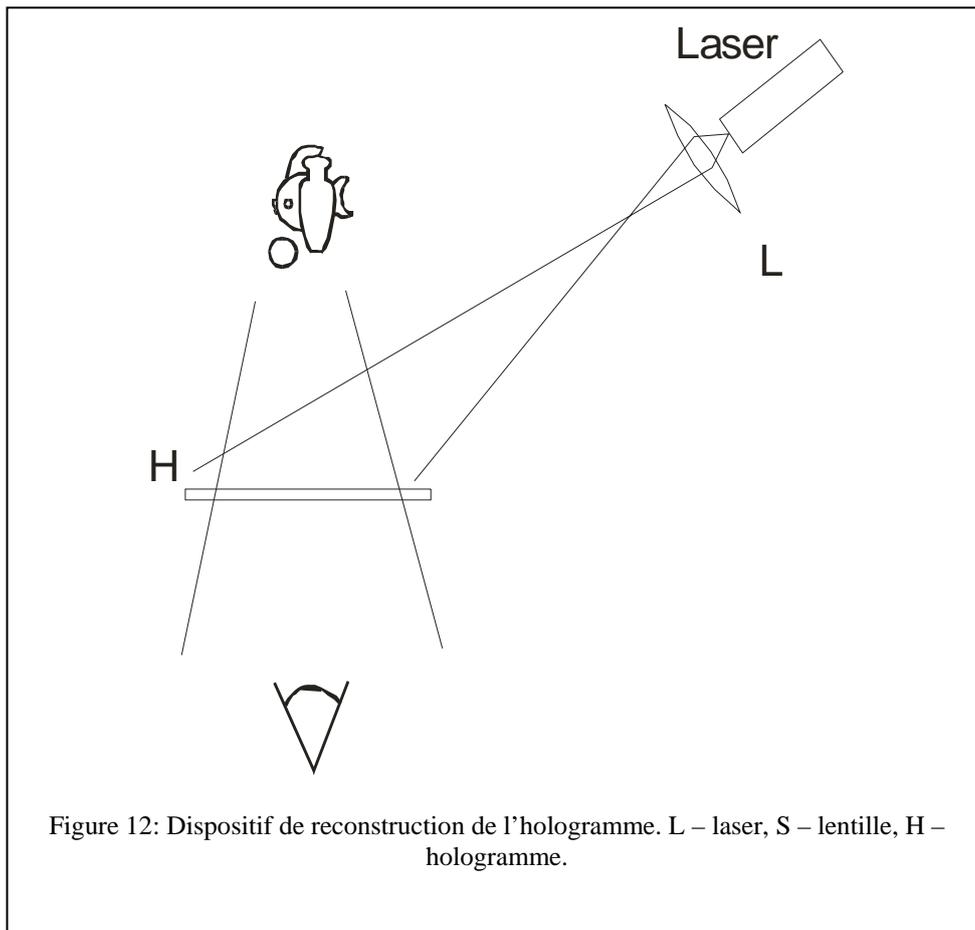
Observez la reconstruction d'un hologramme.

Matériel requis

Laser (635 nm), lentille, hologramme.

Procédure

1. Disposez les éléments sur la table magnétique comme indiqué sur la Figure 12.



2. Plus la zone illuminée de l'hologramme est importante, plus l'image reconstruite devient visible. La lentille doit être mise en contact direct avec le laser et l'hologramme doit être placé aussi loin que possible du laser.
3. Observez l'hologramme à un angle d'environ 30°. Pivotez la plaque holographique jusqu'à ce que l'image holographique (Figure 13) apparaisse¹. Si vous n'arrivez pas à situer l'image, essayez de retourner l'hologramme à 180°, ou de décaler légèrement votre tête (l'observation à 30° peut être réalisée selon deux positions différentes).

Question

Que se passe t-il si vous déplacez votre tête à droite et à gauche lorsque vous observez l'hologramme?



Figure 13: Photographie de l'hologramme

Attention

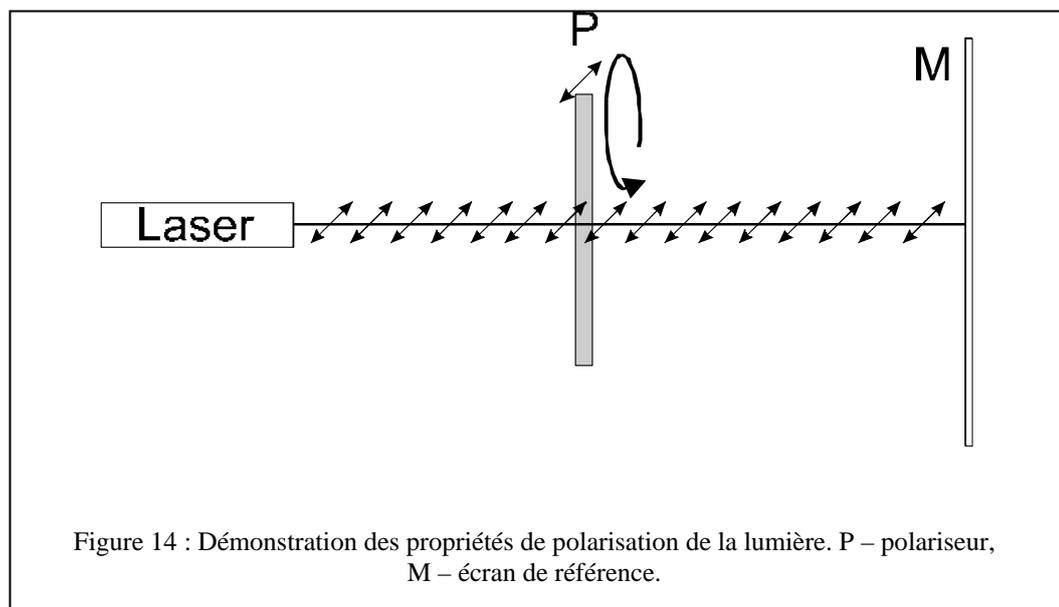
Faites bien attention lorsque vous tentez de visualiser l'image. N'essayez pas d'observer l'image via son maximum de diffraction d'ordre zéro.

¹ La photo de la Figure 13 n'est qu'un exemple. Votre kit peut contenir une image de trois verres ou d'un poisson en verre

5 Polarisation de la lumière

La polarisation est une propriété ondulatoire transverse. L'existence de la polarisation de la lumière démontre que les ondes lumineuses sont également transverses. La plupart des sources lumineuses émettent une lumière non polarisée. La lumière émise par le laser de votre kit est une lumière partiellement polarisée. Son vecteur champ électrique \mathbf{E} est parallèle au plan optique donné par la table.

Un *polariseur* est un élément optique qui est capable de privilégier une direction de polarisation. Lorsqu'une lumière polarisée frappe le polariseur, il est possible d'empêcher la lumière de se propager plus avant en pivotant le polariseur.



La direction de la polarisation de la lumière et la direction de l'axe du polariseur sont perpendiculaires. En utilisant un polariseur, il est possible d'analyser différents types de polarisation de la lumière. Utilisé de cette façon, le polariseur est connu sous le nom d'analyseur.

Objectif

Observer la polarisation de la lumière.

Matériel requis

Laser (635 nm, linéaire, polarisé), écran de référence, filtre polarisant.

Procédure

1. Disposez les éléments comme indiqué sur la 14
2. Faites pivoter le polariseur autour de son axe optique.
3. Observez les variations d'intensité du faisceau laser à l'écran.

Mise en garde

Aucune lumière visible n'apparaît à l'écran à cause de la direction perpendiculaire entre l'axe du polariseur et le vecteur \mathbf{E} de la lumière laser. Cependant, cela ne signifie pas que vos yeux sont protégés du faisceau laser. L'exposition directe de l'œil au faisceau laser peut endommager irrémédiablement votre vue.

6 Absorption de la lumière

Introduction

L'absorption de la lumière par un milieu optique homogène peut être expliquée par la loi de Bouguer. Cette loi décrit l'effet de l'épaisseur du milieu sur la décroissance relative du flux lumineux. Cette loi est donnée par l'équation suivante :

$$\phi = \phi_0 e^{-kx}$$

où ϕ_0 est le flux lumineux incident et ϕ le flux sortant du milieu d'épaisseur x .

Objectif

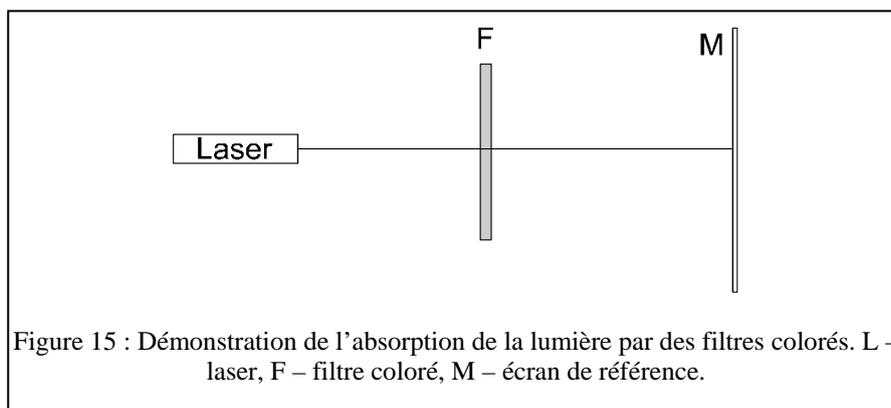
Observer l'absorption de la lumière par des filtres colorés.

Matériel requis

Laser (635 nm), écran de référence, filtres colorés, support.

Procédure

1. Disposez les éléments comme indiqué sur la Figure 15.
2. Observez les variations d'intensité du faisceau lumineux en utilisant les filtres de différentes couleurs.



7 Consignes de sécurité

L'acronyme LASER signifie Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, ou en français amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement. C'est un mécanisme qui permet l'émission d'une radiation électromagnétique dans le domaine du visible, de l'infrarouge ou de l'ultra-violet. Le faisceau de lumière obtenu est très intense et peut s'avérer dangereux sans prendre quelques précautions.

Classes

La norme EN 60825-1 répertorie les lasers, selon leur puissance et leur longueur d'onde, en plusieurs classes: 1, 1M, 2, 2M, 3A, 3B et 4.

- Classe 1 : lasers sans danger, à condition de les utiliser dans leurs conditions raisonnables prévisibles (exemples : imprimantes, lecteurs de CD-ROM et lecteurs de DVD).
- Classe 1M : lasers dont la vision directe dans le faisceau, notamment à l'aide d'instrument optiques, peut être dangereuse.
- Classe 2 : lasers qui émettent un rayonnement visible dans la gamme de longueur de 400 à 700 nm. La protection de l'œil est normalement assurée par les réflexes de défense comprenant le réflexe palpébral, clignement de la paupière (par exemple, des lecteurs de code-barres).
- Classe 2M : lasers qui émettent un rayonnement visible dans la gamme de longueur de 400 à 700 nm. Lasers dont la vision directe dans le faisceau, notamment à l'aide d'instrument optiques, peut être dangereuse (exemples : loupes et télescopes).
- Classe 3A : lasers dont l'exposition directe dépasse l'EMP (Exposition Maximale Permise) pour l'œil, mais dont le niveau d'émission est limité à cinq fois la LEA (Limite d'Émission Accessible) des classes 1 et 2.
- Classe 3B : laser dont la vision directe du faisceau est toujours dangereuse. La vision de réflexions diffuses est normalement sans danger.
- Classe 4 : lasers qui sont aussi capables de produire des réflexions diffuses dangereuses. Ils peuvent causer des dommages sur la peau et peuvent également constituer un danger d'incendie. Leur utilisation requiert des précautions extrêmes.

Règles à respecter

- ✓ Les lasers produisent un rayon intense. Manipulez-les délicatement
- ✓ Ne jamais regarder au travers de l'orifice de sortie du rayon lorsque le laser est en marche
- ✓ Ne jamais utiliser d'appareils optiques grossissants (lunettes, loupe, télescope) pour visualiser le trajet suivi par le faisceau laser
- ✓ Ne jamais pointer le laser vers le visage d'un tiers quand bien même il serait très éloigné
- ✓ Lorsque le laser est utilisé en classe, toujours prévoir un obstacle pour arrêter le faisceau laser à la sortie du montage optique

- ✓ Disposez le laser de telle sorte que personne ne puisse se trouver à proximité du faisceau
- ✓ Ne jamais laisser un laser en fonctionnement sans surveillance et le mettre hors fonction systématiquement dès que son utilisation n'est plus nécessaire
- ✓ Ne jamais intervenir à l'intérieur de l'appareil
- ✓ Veillez à ce que l'appareil soit stocké à l'abri de l'humidité et de la poussière

Sécurité électrique

Le laser de cet ensemble est particulièrement sûr car il fonctionne en très basse tension et à très faible intensité. Malgré tout, comme pour tout appareil électrique, il est nécessaire de prendre quelques précautions :

- ✓ Ne jamais décapoter l'adaptateur secteur
- ✓ Ne jamais démonter le laser sous peine de perte de la garantie
- ✓ La garantie n'est pas prise en compte en cas de dégâts provoqués par utilisation incorrecte ou une mauvaise manipulation.

Pictogrammes



Émission laser.
Ne pas regarder dans le faisceau
Laser de classe 2
Norme EN 60825-1



Ce pictogramme apposé sur tous les équipements électriques et électroniques signifie que l'équipement ne doit pas être jeté avec les autres déchets et qu'il fait l'objet d'une collecte sélective.