

Le pointeur laser à diode et son support

Pointeur: OP 1500 11111

Support: OP 1501 12111



Mode d'emploi et quelques utilisations possibles



Centre technique et pédagogique
de l'Enseignement de la Communauté française

Les manipulations décrites dans ce document sont celles qui ont été conçues par Madame Myriam Van Sinoy et présentées par elle lors de journées pédagogiques en 1999.

1. Description

Le pointeur se présente sous la forme d'un cylindre de 55 mm de longueur et de 13 mm de diamètre.

Le faisceau lumineux qu'il produit est émis à l'une de ses extrémités.

Un bouton poussoir rouge, placé sur le flanc de l'appareil, permet la mise sous tension de la diode.

Le pointeur se fixe sur un support grâce à deux colliers. L'un de ceux-ci peut servir à maintenir enfoncé le bouton-poussoir (interrupteur). Une semelle magnétique, protégée par une fine couche de feutre, permet de faire adhérer le support à un tableau métallique, par exemple la plaque OG 0437 01011.

Le pointeur est alimenté par deux piles qui lui confèrent une autonomie de fonctionnement de trois heures en continu. **Il est donc indispensable de veiller à éteindre le pointeur dès la fin de l'expérimentation.** Lors du remplacement des piles, il faut veiller au respect des polarités.

Le rayonnement du pointeur laser a une longueur d'onde dans l'air comprise entre 630 et 680 nm. La puissance maximale du rayonnement émis est de 1 mW.

2. Précautions d'emploi

Les pointeurs de puissance maximale 1 mW sont en vente libre et autorisés comme aide aux conférences, contrairement aux pointeurs de la génération précédente (5 mW) interdits depuis septembre 1998.

Le pointeur OP 1500 11111 ne présente donc, en principe, aucun danger. Il convient toutefois de prendre quelques précautions afin que le faisceau ne puisse pénétrer dans l'œil d'un manipulateur ou d'un spectateur:

- ne jamais placer l'œil dans le faisceau direct, ni dans le faisceau qui a traversé un instrument d'optique (lunette, lentille...);
- éviter de diriger le faisceau vers une personne;
- éviter les surfaces réfléchissantes inutiles et se méfier des autres;
- éviter d'obscurcir la salle plus que nécessaire, de manière à ne pas provoquer une excessive dilatation des pupilles;
- ne jamais laisser fonctionner le laser inutilement.

3. Liste des manipulations

1. Propagation de la lumière dans un milieu non homogène
2. Guides de lumière
3. Réfraction de la lumière par un dioptre plan air - plexiglas
Détermination de l'indice de réfraction du plexiglas
4. Réfraction de la lumière par un dioptre plan air - eau
Détermination de l'indice de réfraction de l'eau
5. Cuve à faces parallèles
6. Interférences produites par une fente double (fentes de Young)
7. Interférences produites par une ouverture circulaire double (trous de Young)
8. Franges d'interférences produites par une lame de verre
9. Diffraction de Fresnel
10. Diffraction par une fente à bords parallèles
11. Point de Poisson
12. Diffraction par un réseau
13. Diffraction par des réseaux croisés
14. Relation entre les longueurs d'onde d'un rayonnement dans deux milieux et l'indice de réfraction correspondant
15. Diffraction par un cheveu
16. Diffraction par la surface d'un disque compact (CD)
17. Estimation de la taille de grains de lycopode

Manipulation 1

Propagation de la lumière dans un milieu non homogène

1. But

Montrer la propagation non rectiligne de la lumière dans un milieu non homogène.

2. Matériel nécessaire

1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)

1 plaque métallique verticale (OG 0437 01011)

2 supports magnétiques en forme d'équerre (OG 0436 11212)

2 cuves étroites, en verre (OG 0900 12111)

1 entonnoir

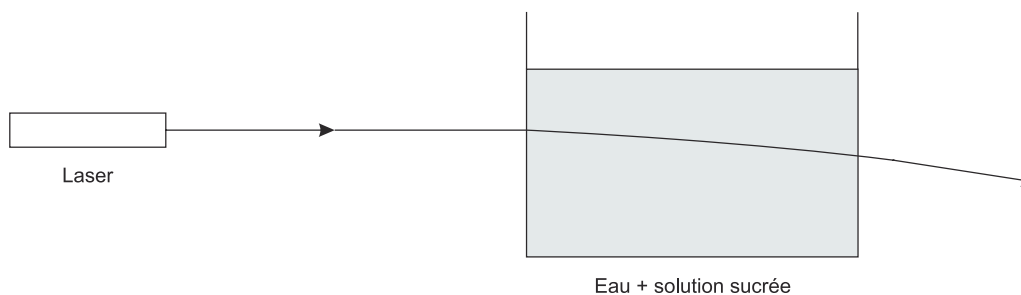
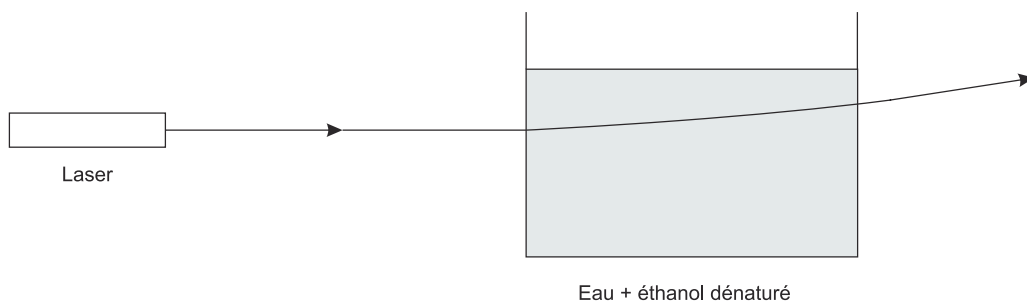
1 pipette de Pasteur (ou 1 flacon compte-gouttes)

Eau déminéralisée

Éthanol dénaturé

Solution aqueuse de sucre de canne (300 g/l)

3. Schéma du montage



4. Mode opératoire

1. Placer les deux supports magnétiques en forme d'équerre sur la plaque métallique verticale, l'un en dessous de l'autre, en veillant à ce qu'ils soient horizontaux.
2. Verser de l'eau dans les deux cuves étroites jusqu'à 3 cm de hauteur environ et les déposer sur les supports magnétiques.
3. Insérer le laser à diode dans son support et placer l'ensemble sur la plaque métallique, de telle sorte que le faisceau lumineux traverse la première cuve suivant sa plus grande dimension.
4. Ajouter, dans la première cuve, avec beaucoup de précautions, 1 à 2 cm d'éthanol dénaturé. Utiliser pour cela la pipette de Pasteur ou le flacon compte-gouttes.
5. Ajouter, de la même façon, la solution sucrée à l'eau de la seconde cuve.
6. Laisser reposer les solutions pendant une à deux heures afin que s'éliminent les excès locaux de concentration. Il ne faut cependant pas permettre aux mélanges de s'homogénéiser complètement. Ceci ne se produirait qu'au bout d'un jour.
7. Déplacer le support du laser de manière que le faisceau, tout en restant horizontal, pénètre dans chaque cuve, successivement dans les différentes couches des milieux constitués ci-dessus: les parties supérieure et inférieure des contenus des cuves sont quasi homogènes, les couches situées à mi-hauteur ne le sont pas. Observer le trajet suivi par la lumière.

5. Résultats obtenus

On observe que la lumière se propage en ligne droite dans les zones homogènes et suit une trajectoire incurvée dans les zones non homogènes. Cette trajectoire est incurvée vers le haut si la cuve contient de l'éthanol et vers le bas si elle contient la solution sucrée.

Les liquides ajoutés (éthanol et solution sucrée) ont un indice de réfraction plus élevé que celui de l'eau. L'éthanol, moins dense que l'eau, constitue la couche supérieure de la première cuve, tandis que la solution sucrée, plus dense que l'eau, constitue la couche inférieure de la deuxième cuve.

6. Remarques

1. Si le local n'est pas trop éclairé, il n'est pas nécessaire d'ajouter des substances diffusantes dans les solutions. S'il faut rendre la trajectoire lumineuse plus visible, utiliser de l'eau troublée par un soupçon de lait (1 goutte pour un litre d'eau) dans la première cuve. Pour la seconde, celle qui contient la solution sucrée, il faut remplacer l'eau déminéralisée par de l'eau colorée par quelques grains de café soluble.
2. Veiller à utiliser de l'eau déminéralisée pour éviter tout dépôt de calcaire sur les parois de la cuve.
3. Rincer abondamment les cuves après utilisation et les essuyer.

Manipulation 2

Guides de lumière

1. But

Montrer, par plusieurs expériences, que la lumière peut être maintenue, grâce à une série de réflexions totales, entre les parois d'un milieu transparent.

2. Matériel nécessaire

Expérience 1

- 1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)
- 1 plaque métallique verticale (OG 0437 01011)
- 1 demi-cylindre en plexiglas muni d'une semelle magnétique
- 1 support pour diapositives muni d'une semelle magnétique (OG 0440 31202)
- 1 lentille cylindrique en verre collée sur un cadre de diapositive (OG 0438 10102)

Expérience 2

- 1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)
- 1 fibre optique (OP 0136 11112)

Expérience 3

- 1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)
- 1 étagère à vérin (SL 4300 22102)
- 1 fontaine lumineuse (OP 0145 11112)
- 1 récipient large destiné à recueillir de l'eau (seau, bac à dissection...)
- Eau déminéralisée

Expérience 4

- 1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)
- 1 plaque métallique verticale (OG 0437 01011)
- 1 cuve longue et étroite, en verre OG 0900 11111
- 1 support magnétique en forme d'équerre (OG 0436 11212)
- Eau déminéralisée

3. Schémas des montages

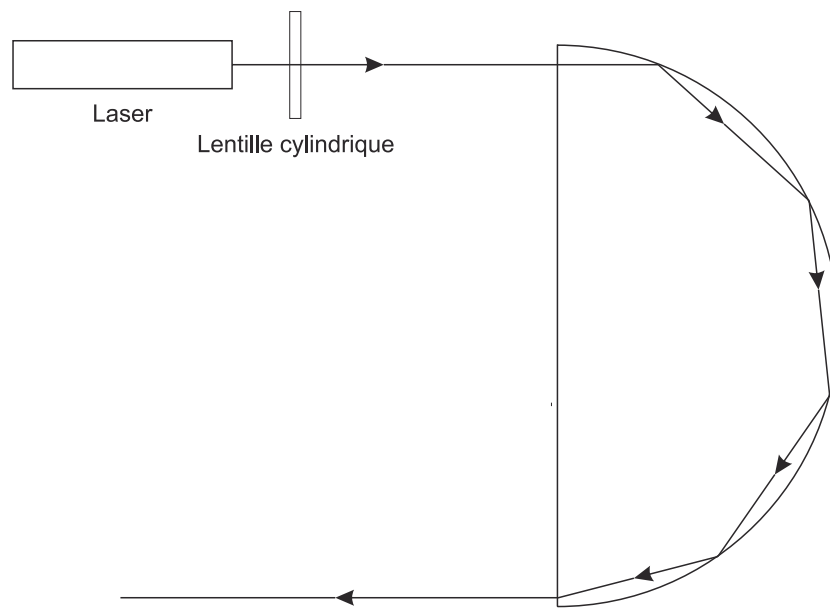


Schéma 1

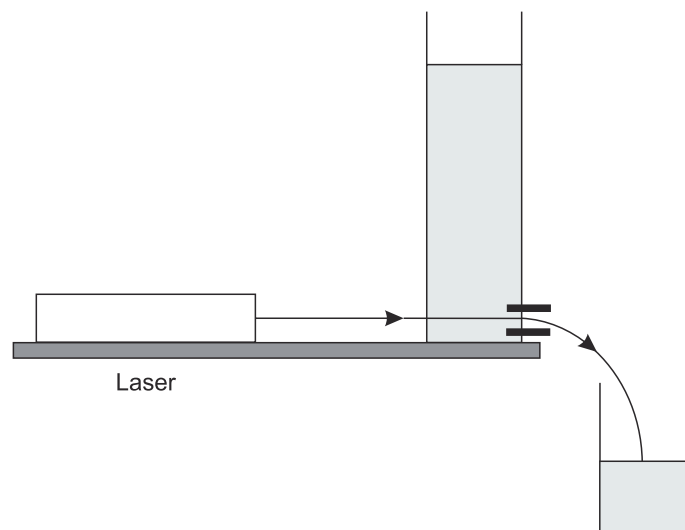


Schéma 2

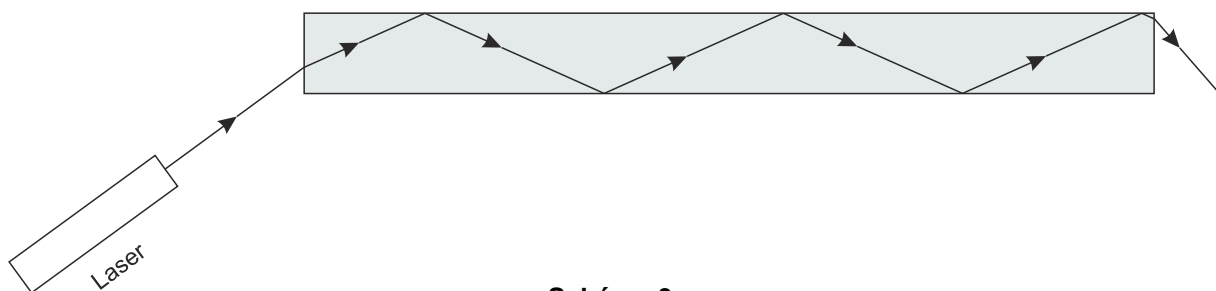


Schéma 3

4. Mode opératoire

Expérience 1 (voir schéma 1)

1. Insérer le laser à diode dans son support. Placer l'ensemble sur la plaque métallique (face blanche), en le disposant, par exemple, de manière que le faisceau soit horizontal.
2. Glisser le cadre de diapositive qui porte la lentille cylindrique dans le support pour diapositives et placer l'ensemble sur la plaque métallique. Disposer l'axe de la lentille cylindrique parallèlement au plan de la plaque métallique et perpendiculairement au faisceau du laser. Il est ainsi possible d'élargir ce faisceau.
3. Ajuster la position de la lentille cylindrique, de manière que le faisceau lumineux, élargi par son passage dans la lentille, laisse une trace visible sur la plaque métallique qui sert de fond au montage.
4. Placer le demi-cylindre en plexiglas sur le tableau métallique devant la lentille cylindrique. Orienter le demi-cylindre pour que le faisceau du laser tombe sous une incidence normale sur la face plane du bloc en plexiglas, le plus loin possible du centre du bloc (voir schéma 1). Un parcours polygonal régulier peut être obtenu très facilement. Remarquer que si l'on envoie le faisceau lumineux sur l'extrémité de la face plane, la lumière suit une trajectoire circulaire en épousant la forme du demi-cylindre.

Expérience 2

1. Enrouler la fibre optique sur un tuyau ou autour de la main.
2. Placer une extrémité de la fibre optique à la sortie du laser et observer l'autre extrémité de la fibre.

Expérience 3 (voir schéma 2)

1. Placer la fontaine lumineuse («vide») sur une étagère à vérin de manière qu'elle soit visible par tous les élèves de la classe.
2. Retirer le bouchon protégeant le tube fin situé au bas de la fontaine.
3. Disposer le laser à diode fixé à son support sur l'étagère de manière que le faisceau lumineux pénètre dans la fontaine par la face opposée à celle où est fixé le tube fin.
4. Régler la position du laser pour que le faisceau coïncide avec l'axe du tube (voir schéma 2).
5. Placer le récipient large afin de recueillir l'eau qui s'écoulera du tube.
6. Remplir d'eau la fontaine lumineuse. Attendre la fin des turbulences. À la sortie du tuyau fin, le faisceau lumineux arrive alors sur le dioptré eau-air sous un angle tel qu'il est réfléchi totalement. Les réflexions totales successives permettent au faisceau lumineux de rester prisonnier du jet d'eau.
7. Mettre la main sous le jet d'eau pour intercepter le faisceau laser guidé par l'eau.

Expérience 4 (voir schéma 3)

1. Placer le support magnétique en forme d'équerre, horizontalement sur la plaque métallique.
2. Placer la cuve longue et étroite sur le support magnétique. La remplir d'eau déminéralisée.
3. Insérer le laser à diode dans son support et placer l'ensemble sur la plaque métallique de manière que le faisceau de lumière pénètre obliquement dans la cuve (voir schéma 3).
4. Observer les réflexions totales subies par le faisceau lumineux.

5. Remarque

Ces expériences gagnent à être réalisées dans l'obscurité.

Manipulation 3

Réfraction de la lumière par un dioptre plan air-plexiglas

Détermination de l'indice de réfraction du plexiglas

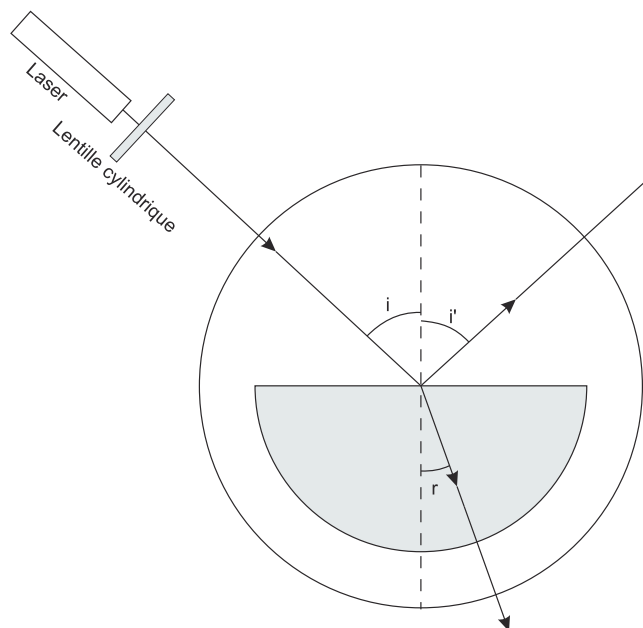
1. But

Observer le phénomène de réfraction et déterminer l'indice de réfraction du plexiglas par rapport à l'air.

2. Matériel nécessaire

- 1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)
- 1 plaque métallique verticale (OG 0437 01011)
- 1 demi-cylindre en plexiglas muni d'une semelle magnétique
- 1 disque goniométrique en papier épais (OG 0110 10002) ou (OG 0110 31102)
- 1 support pour diapositives muni d'une semelle magnétique (OG 0440 31202)
- 1 lentille cylindrique en verre collée sur un cadre de diapositive (OG 0438 10102)

3. Schéma du montage



4. Mode opératoire

1. Insérer le laser à diode dans son support et placer l'ensemble sur la plaque métallique (face blanche).
2. Glisser le cadre de diapositive qui porte la lentille cylindrique dans le support pour diapositives et placer l'ensemble sur la plaque métallique. Disposer l'axe de la lentille cylindrique parallèlement au plan de la plaque métallique et perpendiculairement au faisceau du laser.
3. Ajuster la position de la lentille cylindrique, de manière que le faisceau lumineux élargi par son passage dans la lentille, laisse une trace visible sur la plaque métallique qui sert de fond au montage.
4. Placer le demi-cylindre en plexiglas sur le disque goniométrique en papier épais, de manière que le bord de sa face plane coïncide avec le diamètre ($90^\circ - 90^\circ$) du disque, et que le milieu de ce bord coïncide avec le centre du disque goniométrique.
5. Placer l'ensemble sur le tableau métallique, puis le faire glisser, de manière à amener la petite médiane du rectangle qui limite le demi-cylindre sur le trajet du faisceau lumineux. Veiller au respect de cette précaution dans toutes les opérations qui vont suivre, de manière à éviter toute déviation du faisceau réfracté à sa sortie du demi-cylindre.
6. Faire tourner (et glisser) l'ensemble «disque goniométrique - demi-cylindre» de manière à faire varier, à partir de zéro, l'angle d'incidence i , en ayant soin de veiller au respect de la précaution citée en 5.
7. Observer les faisceaux incident et réfracté, mesurer les angles d'incidence i et de réfraction r , ce pour chaque position du dioptré plan air-plexiglas.
8. Calculer le rapport $\frac{\sin i}{\sin r} = n$ pour chaque couple de valeurs, n étant l'indice de réfraction du plexiglas par rapport à l'air. Vérifier sa constance.

5. Remarques

1. La baguette de verre (OG 0438 10102) joue le rôle d'une lentille cylindrique de courte distance focale. Elle permet de transformer le faisceau laser en un faisceau plan. Ce faisceau plan est normal à l'axe de la baguette de verre.
2. Une des façons de s'assurer que le demi-cylindre en plexiglas est bien placé est de vérifier l'égalité entre l'angle d'incidence et l'angle de réflexion.
3. Pour faire varier l'angle d'incidence, on a le choix entre le déplacement de l'ensemble «laser - lentille cylindrique» et la rotation de l'ensemble «disque goniométrique - demi-cylindre». Cette deuxième solution est la plus aisée et est à conseiller vivement.
4. En faisant tomber le faisceau laser sur la face courbe du demi-cylindre, on peut étudier le passage de la lumière du plexiglas dans l'air.

Manipulation 4

Réfraction de la lumière par un dioptre plan air-eau

Détermination de l'indice de réfraction de l'eau

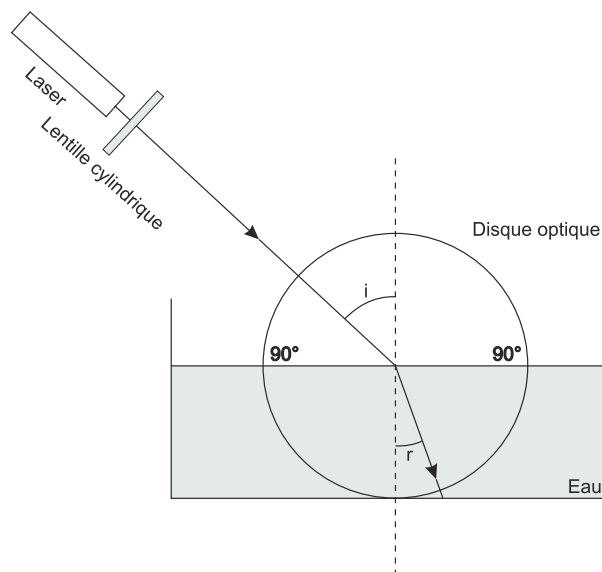
1. But

Observer le phénomène de réfraction et déterminer l'indice de réfraction de l'eau par rapport à l'air.

2. Matériel nécessaire

- 1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)
- 1 plaque métallique verticale (OG 0437 01011)
- 1 disque goniométrique sur panneau en plexiglas (OG 0110 32002)
- 1 support pour diapositives muni d'une semelle magnétique (OG 0440 31202)
- 1 lentille cylindrique en verre collée sur un cadre de diapositive (OG 0438 10102)
- 1 cuve en matière plastique transparente (OG 0910 12002)
- 1 étagère à vérin (SL 4300 22102)
- Eau déminéralisée (plusieurs litres)

3. Schéma du montage



4. Mode opératoire

1. Insérer le laser à diode dans son support et placer l'ensemble sur la plaque métallique (face blanche).
2. Glisser le cadre de diapositive qui porte la lentille cylindrique dans le support pour diapositives et placer l'ensemble sur la plaque métallique. Disposer l'axe de la lentille cylindrique parallèlement au plan de la plaque métallique et perpendiculairement au faisceau du laser.
3. Ajuster la position de la lentille cylindrique de manière que le faisceau lumineux, élargi par son passage dans la lentille, laisse une trace visible sur la plaque métallique qui sert de fond au montage.
4. Poser la cuve en matière plastique transparente sur l'étagère à vérin, contre la plaque métallique verticale, de sorte que le montage soit visible par tous les élèves de la classe.
5. Introduire le disque goniométrique sur panneau en plexiglas verticalement dans la cuve, contre la face proche de la plaque métallique (voir schéma).
6. Verser de l'eau dans la cuve jusqu'au moment où le niveau du liquide atteint l'axe ($90^\circ - 90^\circ$) du disque goniométrique.
7. Orienter le faisceau laser pour qu'il atteigne le dioptré air-eau au centre du disque goniométrique.
8. Faire varier l'angle d'incidence, observer les faisceaux incident et réfracté en veillant chaque fois à ce que le faisceau incident arrive au centre du disque.
9. Mesurer les angles d'incidence i et de réfraction r , pour chaque position du faisceau incident. Calculer le rapport $\frac{\sin i}{\sin r} = n$ pour chaque couple de valeurs, n étant l'indice de réfraction de l'eau par rapport à l'air. Vérifier sa constance.

5. Remarques

1. La baguette de verre OG 0438 10102 joue le rôle d'une lentille cylindrique de courte distance focale. Elle permet de transformer le faisceau laser en un faisceau plan. Ce faisceau plan est normal à l'axe de la baguette de verre.
2. Pour faire varier l'angle d'incidence, on doit nécessairement déplacer l'ensemble «laser - lentille cylindrique». Un léger déplacement latéral du disque goniométrique permet au faisceau incident de passer par son centre.
3. Il n'est pas nécessaire d'ajouter une substance diffusante à l'eau (lait ou café soluble). Le disque optique, blanc, permet de voir la trace des faisceaux lumineux. Une légère inclinaison du disque peut rendre les faisceaux plus visibles.

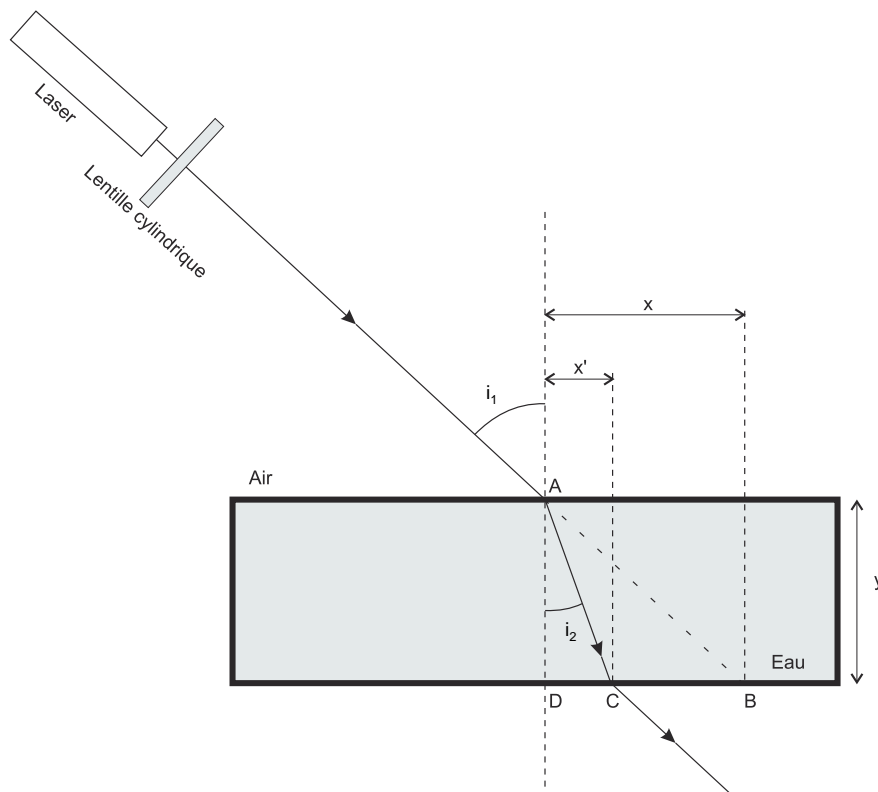
Manipulation 5

Cuve à faces parallèles

1. But

Déterminer l'indice de réfraction d'un liquide par la mesure du déplacement latéral d'un faisceau de lumière dans une cuve à faces parallèles.

2. Rappel théorique



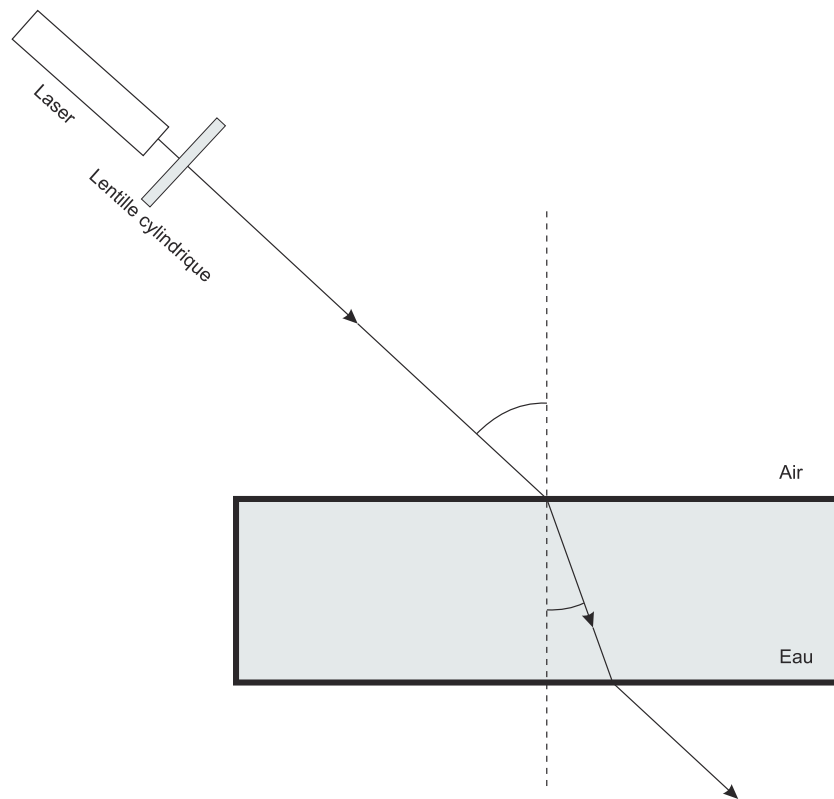
À partir du schéma ci-dessus, on peut déduire:

$$\left. \begin{array}{l} \sin i_1 = \frac{DB}{AB} \\ \sin i_2 = \frac{DC}{AC} \end{array} \right\} n = \frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{DB \cdot AC}{AB \cdot DC} = \frac{x \sqrt{x'^2 + y^2}}{x' \sqrt{x^2 + y^2}}$$

3. Matériel nécessaire

- 1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)
- 1 support pour diapositives muni d'une semelle magnétique (OG 0440 31202)
- 1 lentille cylindrique en verre collée sur un cadre de diapositive (OG 0438 10102)
- 1 cuve à faces parallèles (OG 0900 22111)
- 1 feuille de papier
- Eau déminéralisée

4. Schéma du montage



5. Mode opératoire

1. Insérer le laser à diode dans son support et placer l'ensemble sur une feuille de papier posée sur une table horizontale.
2. Glisser le cadre de diapositive qui porte la lentille cylindrique dans le support pour diapositives et placer l'ensemble sur la feuille de papier. Disposer l'axe de la lentille cylindrique horizontalement et perpendiculairement au faisceau du laser.

3. Ajuster la position de la lentille cylindrique de manière que le faisceau lumineux, élargi par son passage dans la lentille, laisse une trace visible sur la plaque métallique qui sert de base au montage.
4. Poser la cuve («vide») sur la feuille de papier et régler sa position de manière que le faisceau de lumière arrive obliquement sur l'une de ses plus grandes faces.
5. Repérer, par des traits de crayon tracés sur la feuille de papier, le contour de la cuve ainsi que les rayons incident et émergent.
6. Remplir la cuve avec de l'eau et repérer la nouvelle trace du rayon émergent.
7. Enlever la cuve, reconstituer les trajets des faisceaux lumineux et en déduire l'indice de réfraction n de l'eau par rapport à l'air.

6. Exemple de résultats

$$y = 7,6 \text{ cm}$$

$$x = 7,3 \text{ cm}$$

$$x' = 4,4 \text{ cm}$$

On en déduit que:

$$n = \frac{7,3 \sqrt{4,4^2 + 7,6^2}}{4,4 \sqrt{7,3^2 + 7,6^2}} = 1,38$$

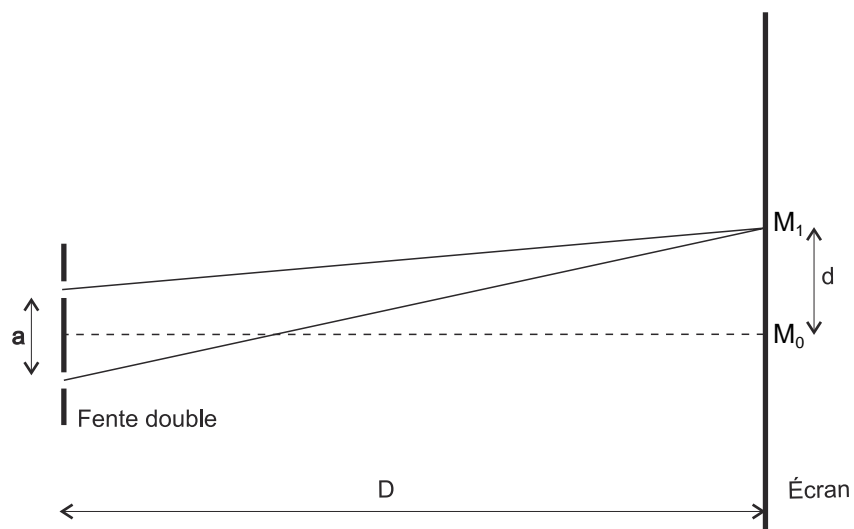
Manipulation 6

Interférences produites par une fente double (fentes de Young)

1. But

Déterminer la distance entre deux fentes très rapprochées, la longueur d'onde du rayonnement émis par le laser étant connue.

2. Rappel théorique



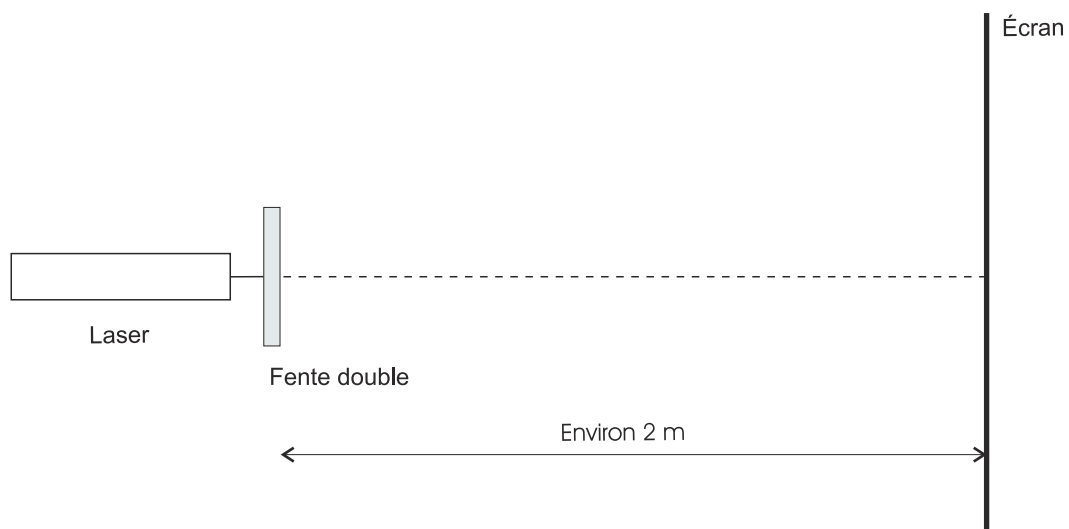
Si: a : distance entre les fentes
 λ : longueur d'onde
 D : distance entre le plan des fentes et celui de l'écran
 d : distance entre deux maxima consécutifs (interfrange)

alors:
$$a = \frac{\lambda D}{d}$$

3. Matériel nécessaire

- 1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)
- 1 banc d'optique
- 1 diapositive «double fente»
- 1 support pour diapositives, avec tige (OG 0405 00001)
- 1 écran
- 1 support-plateau avec tige, pour banc d'optique (OG 0431 10002)
- 3 cavaliers pour le banc d'optique

4. Schéma du montage



5. Mode opératoire

1. Insérer le laser à diode dans son support, placer l'ensemble sur le support-plateau et fixer celui-ci sur le banc d'optique.
2. Fixer le support pour diapositives le plus près possible du laser et y glisser la diapositive «double fente». Régler le faisceau pour qu'il éclaire un des couples de fentes.
3. Recueillir la figure d'interférence sur l'écran placé à l'extrémité du banc d'optique, à environ deux mètres du plan de la diapositive. Mesurer cette distance D .
4. Mesurer la distance qui sépare deux franges brillantes bien nettes et suffisamment écartées. En déduire la distance d entre deux maxima d'interférence consécutifs.
5. Calculer la distance a entre les deux fentes.
6. Recommencer la manipulation en utilisant les autres couples de fentes présents sur la diapositive.

6. Exemple de résultat

$$D = 2,2 \text{ m}$$

$$d = 2,5 \text{ mm (25 mm pour 10 franges)} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\lambda = 660 \text{ nm} = 660 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$a = \frac{660 \cdot 10^{-9} \cdot 2,2}{2,5 \cdot 10^{-3}} = 0,58 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,58 \text{ mm}$$

Manipulation 7

Interférences produites par une ouverture circulaire double (trous de Young)

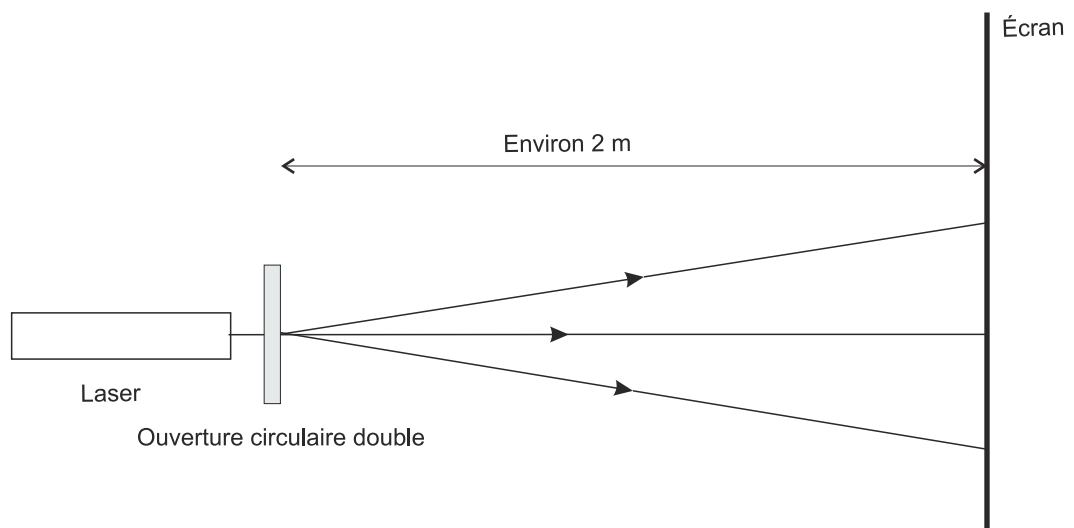
1. But

Produire des franges d'interférence à partir de deux faisceaux cohérents provenant d'une ouverture circulaire double.

2. Matériel nécessaire

- 1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)
- 1 banc d'optique
- 1 diapositive «double trous (éloignés)»
- 1 diapositive «double trous (rapprochés)»
- 1 support pour diapositives, avec tige (OG 0405 00001)
- 1 écran
- 1 support-plateau avec tige, pour banc d'optique (OG 0431 10002)
- 3 cavaliers pour le banc d'optique

3. Schéma du montage



4. Mode opératoire

1. Insérer le laser à diode dans son support, placer l'ensemble sur le support-plateau et fixer celui-ci sur le banc d'optique.
2. Fixer le support pour diapositives le plus près possible du laser et y glisser une des diapositives «double trous». Régler le faisceau pour qu'il éclaire les deux trous.
3. Recueillir la figure d'interférence sur l'écran placé à l'extrémité du banc d'optique, à environ deux mètres du plan de la diapositive.
4. Refaire la manipulation avec l'autre diapositive «double trous».

5. Résultat obtenu

On observe des anneaux concentriques sillonnés de franges de Young. La taille du disque central (disque d'Airy) dépend du diamètre de l'ouverture. Plus celui-ci est faible, plus le disque d'Airy est grand. Le diamètre de ce disque vérifie la relation:

$$a = 1,22 \frac{2 \lambda d}{b}$$

- où:
- a: diamètre du disque (m)
 - λ : longueur d'onde (m)
 - d: distance entre les trous (m)
 - b: diamètre du trou (m)

Le nombre de franges que comporte le disque d'Airy dépend de la distance séparant les deux trous. À une distance plus grande, correspond un nombre de franges moindre.

6. Remarques

1. Il est utile d'utiliser un support-plateau en acier pour déposer le support du pointeur car la semelle magnétique maintient le laser dans la position dans laquelle il a été placé sur la tablette.
2. L'écran peut être opaque ou translucide.
3. La figure d'interférence n'est pas très lumineuse. Il est nécessaire de travailler dans une pièce partiellement occultée.
4. Les trous sur la diapositive sont obtenus par un procédé informatique et ne sont donc pas des cercles parfaits, ce qui se voit par la figure d'interférence.

Manipulation 8

Franges d'interférences produites par une lame de verre

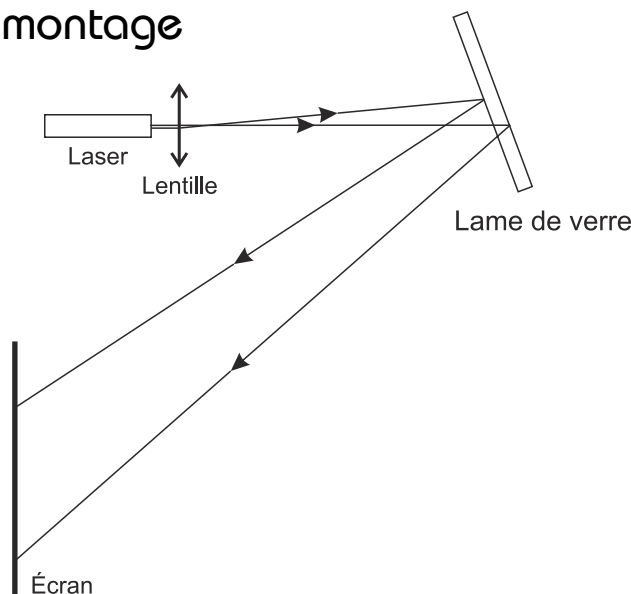
1. But

Produire des franges d'interférence par réflexion sur les deux faces d'une lame de verre placée dans l'air.

2. Matériel nécessaire

- 1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)
- 1 banc d'optique
- 2 supports-plateaux avec tige, pour banc d'optique (OG 0431 10002)
(ou 1 support-plateau et une tablette porte-objet (OG 0408 00001) pouvant se fixer sur un banc d'optique)
- 1 lentille convergente de 10 cm de distance focale
- 1 écran
- 3 cavaliers pour le banc d'optique
- 1 briquet
- 1 statif
- 1 noix et 1 pince
- Plasticine
- Lames de verre de différentes épaisseurs (lame pour préparation microscopique, lame couvre objet...)

3. Schéma du montage



4. Mode opératoire

1. Insérer le laser à diode dans son support, placer l'ensemble sur un des supports-plateaux et fixer celui-ci sur le banc d'optique.
2. Planter une lame de verre propre dans la plasticine en veillant à ne pas y déposer d'empreintes. Déposer l'ensemble sur le deuxième support-plateau placé sur le banc d'optique.
3. Fixer la lentille convergente sur le banc d'optique entre le laser et la lame de verre.
4. Régler la position de la lame de verre de manière que celle-ci soit bien éclairée par le faisceau élargi par la lentille.
5. Orienter la lame de verre pour que la figure d'interférence soit reçue sur l'écran fixé à l'aide du statif, de la noix et de la pince.
6. Toucher l'arrière de la lame de verre avec la flamme du briquet et observer la déformation des franges.
7. Modifier l'orientation de la lame et déplacer l'écran pour continuer à y capter la figure d'interférence et ce, en veillant à rester à une distance constante de la lame. Constaté la diminution de la largeur des franges au fur et à mesure de l'augmentation de l'angle d'incidence.
8. Refaire la manipulation en superposant deux lames de verre et observer les franges de moiré obtenues.
9. Refaire la manipulation en utilisant d'autres lames de verre.

5. Remarques

1. Il est utile d'utiliser un support-plateau en acier pour déposer le support du pointeur: la semelle magnétique maintient le laser dans la position dans laquelle il a été placé sur la tablette.
2. La tablette qui supporte la lame de verre ne doit pas nécessairement être en acier.

Manipulation 9

Diffraction de Fresnel

1. But

Mettre en évidence le comportement de la lumière au voisinage de certains obstacles.

2. Matériel nécessaire

1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)

1 banc d'optique

2 supports-plateaux avec tige, pour banc d'optique (OG 0431 10002)

(ou 1 support-plateau et une tablette porte-objet (OG 0408 00001) pouvant se fixer sur un banc d'optique)

1 lentille convergente de 10 cm de distance focale

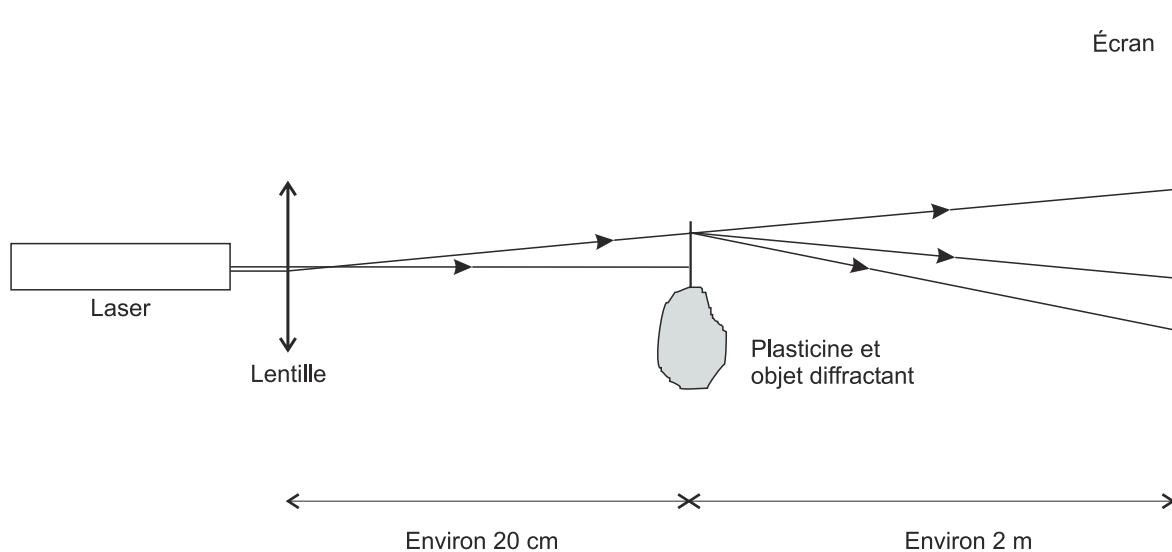
1 écran

4 cavaliers pour le banc d'optique

Plasticine

Objets diffractant (aiguille, plume métallique, épingle de sûreté, lame de rasoir...)

3. Schéma du montage



4. Mode opératoire

1. Insérer le laser à diode dans son support, placer l'ensemble sur un des supports-plateaux et fixer celui-ci sur le banc d'optique.
2. Planter un objet diffractant (aiguille, plume métallique, épingle de sûreté, lame de rasoir...) dans la plasticine. Déposer l'ensemble sur le deuxième support-plateau placé sur le banc d'optique.
3. Fixer la lentille convergente sur le banc d'optique entre le laser et l'objet diffractant à environ 20 cm de ce dernier.
4. Régler la position de l'objet diffractant pour que celui-ci soit bien éclairé par le faisceau élargi par la lentille.
5. Recueillir la figure de diffraction sur un écran.
6. Refaire la manipulation en utilisant d'autres objets diffractant.

5. Remarques

1. On peut remplacer les objets plantés dans la plasticine par une grille métallique ou une diapositive comportant une ouverture circulaire, placée dans un porte-diapositive.
2. Il est préférable d'utiliser un écran translucide si l'on veut procéder à une observation en groupe.

Manipulation 10

Diffraction par une fente à bords parallèles

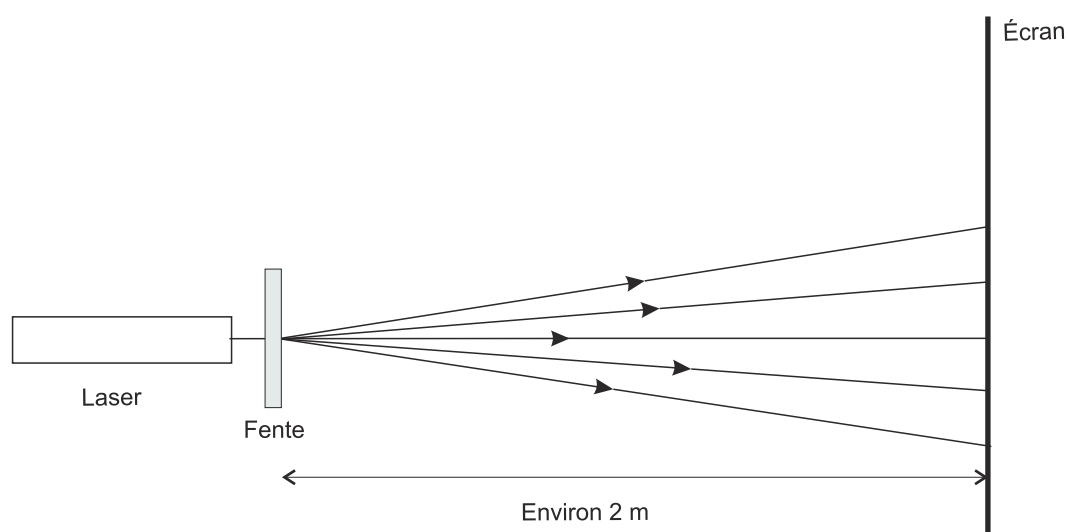
1. But

Observer la diffraction par une fente et l'influence de la largeur de celle-ci sur l'aspect de la figure de diffraction.

2. Matériel nécessaire

- 1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)
- 1 banc d'optique
- 1 support pour diapositives avec tige (OG 0405 00001)
- 1 écran
- 1 support-plateau avec tige, pour banc d'optique (OG 0431 10002)
- 3 cavaliers pour le banc d'optique
- 2 diapositives «fentes parallèles»

3. Schéma du montage



4. Mode opératoire

1. Insérer le laser à diode dans son support, placer l'ensemble sur le support-plateau et fixer celui-ci sur le banc d'optique.
2. Fixer le support pour diapositives le plus près possible du laser et y placer une des diapositives «fentes parallèles». Régler le faisceau pour qu'il éclaire l'une des fentes.
3. Recueillir la figure de diffraction sur l'écran placé à l'extrémité du banc d'optique, à environ deux mètres du plan de la diapositive. Mesurer cette distance D.
4. Mesurer la distance qui sépare deux franges brillantes bien nettes et suffisamment écartées. En déduire la distance d entre deux maxima d'interférence consécutifs.
5. Calculer la largeur a de la fente en utilisant la formule $a = \frac{\lambda D}{d}$.
6. Refaire la manipulation avec les autres fentes. Comparer les figures de diffraction produites par les différentes fentes.

5. Exemple de résultat

$$D = 2,02 \text{ m}$$

$$d = 0,66 \text{ cm} = 0,66 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\lambda = 660 \text{ nm} = 660 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$a = \frac{\lambda D}{d} = \frac{660 \cdot 10^{-9} \cdot 2,02}{0,66 \cdot 10^{-2}} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,2 \text{ mm}$$

6. Remarque

Si l'on utilise des fentes étroites, il est nécessaire d'obscurcir fortement le local.

Manipulation 11

Point de Poisson

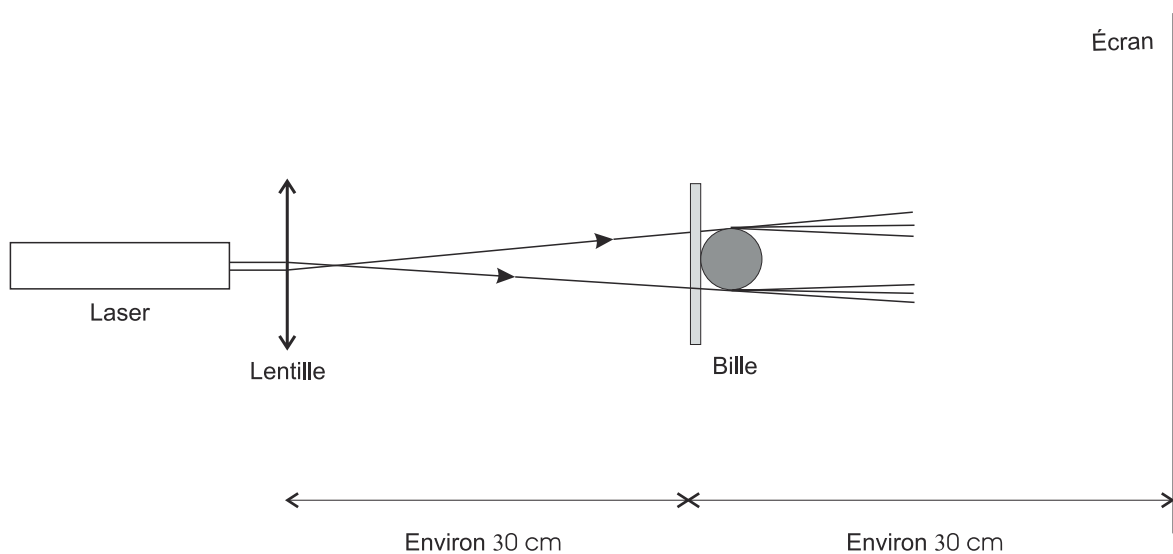
1. But

Mettre en évidence le comportement de la lumière éclairant une bille opaque de petite dimension, afin de souligner l'insuffisance de l'optique géométrique.

2. Matériel nécessaire

- 1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)
- 1 banc d'optique
- 1 support-plateau avec tige, pour banc d'optique (OG 0431 10002)
- 1 lentille convergente de 10 cm de distance focale
- 1 écran
- 1 support pour diapositives, avec tige (OG 0405 00001)
- 1 diapositive portant une bille collée
- 4 cavaliers pour le banc d'optique

3. Schéma du montage



4. Mode opératoire

1. Insérer le laser à diode dans son support, placer l'ensemble sur le support-plateau et fixer celui-ci sur le banc d'optique.
2. Placer la lentille convergente devant le laser afin d'élargir le faisceau.
3. Fixer le support pour diapositives à environ 30 cm de la lentille et y placer la diapositive portant une bille collée. Régler le faisceau pour qu'il éclaire parfaitement la bille.
4. Recueillir la figure de diffraction sur l'écran placé à environ 30 centimètres de la bille.
5. Observer l'ombre de la bille et particulièrement le point central lumineux.

5. Remarques

1. Pour que le point de Poisson soit visible, il faut que le contour de l'objet soit circulaire.
2. Il est préférable d'utiliser un écran translucide si l'on veut procéder à une observation en groupe.
3. Il est souhaitable que l'observation se fasse dans une obscurité quasi totale.

Manipulation 12

Diffraction par un réseau

1. But

Déterminer la longueur d'onde de la lumière émise par le laser à diode.

2. Rappel théorique

Si: 2 d: distance entre deux franges symétriques (ordre 1)
 D: distance entre le plan du réseau et celui de l'écran
 a: distance entre deux traits du réseau
 λ : longueur d'onde du rayonnement utilisé

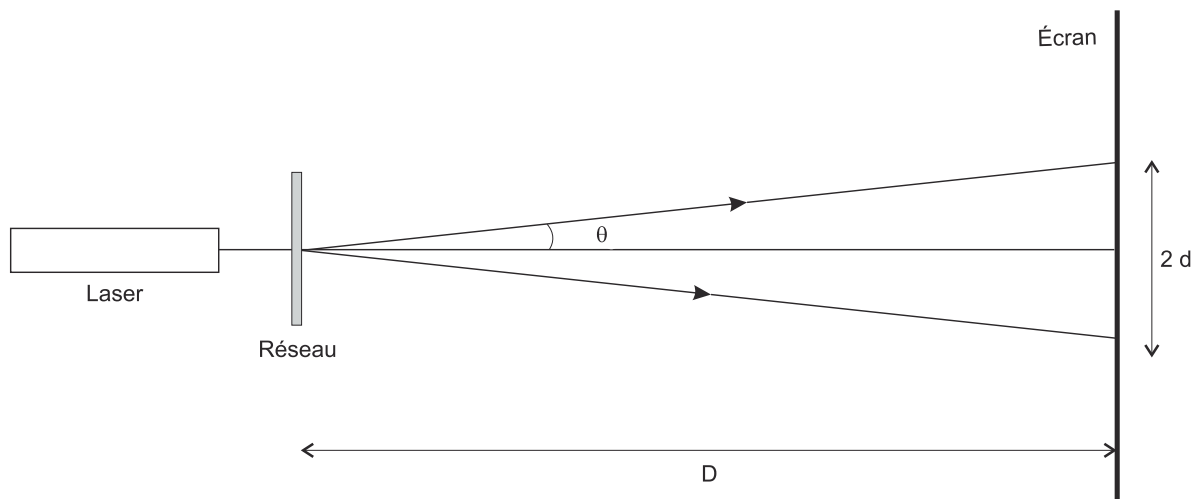
alors: $\text{tg } \theta = \frac{d}{D}$

et $\lambda = a \sin \theta$

3. Matériel nécessaire

1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)
1 banc d'optique
1 support-plateau avec tige, pour banc d'optique (OG 0431 10002)
1 écran
1 support pour diapositives avec tige (OG 0405 00001)
1 diapositive portant un réseau (9055 traits/cm)
3 cavaliers pour le banc d'optique

4. Schéma du montage



5. Mode opératoire

1. Insérer le laser à diode dans son support, placer l'ensemble sur le support-plateau et fixer celui-ci sur le banc d'optique.
2. Fixer le support pour diapositives le plus près possible du laser et y glisser la diapositive portant le réseau (9055 traits/cm). Régler le faisceau pour qu'il éclaire le réseau perpendiculairement.
3. Recueillir la figure de diffraction sur l'écran. Mesurer la distance D entre le plan du réseau et celui de l'écran. Mesurer la distance $2d$ entre deux franges symétriques (ordre 1). En déduire la longueur d'onde de la lumière émise par le laser.

6. Exemple de résultat

$$D = 20 \text{ cm} = 0,20 \text{ m}$$

$$2d = 29,9 \text{ cm} = 29,9 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$a = 1,104 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\text{tg } \theta = \frac{d}{D} = \frac{\frac{29,9 \cdot 10^{-2}}{2}}{0,20} = 0,7475$$

$$\text{On en tire que } \theta = 36^{\circ}46'41''$$

$$\text{D'où } \sin \theta = 0,5987$$

$$\lambda = a \sin \theta = 1,104 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5987 = 6,61 \cdot 10^{-7} = 661 \text{ nm}$$

7. Remarques

1. Si les dimensions de l'écran le permettent, on peut éloigner ce dernier du réseau, ce qui améliorera la précision des mesures.
2. Les maxima du second ordre ne sont pas visibles, le calcul montre que $\sin \theta > 1$.
3. Il est souhaitable que l'observation se fasse dans une obscurité quasi totale.

Manipulation 13

Diffraction par des réseaux croisés

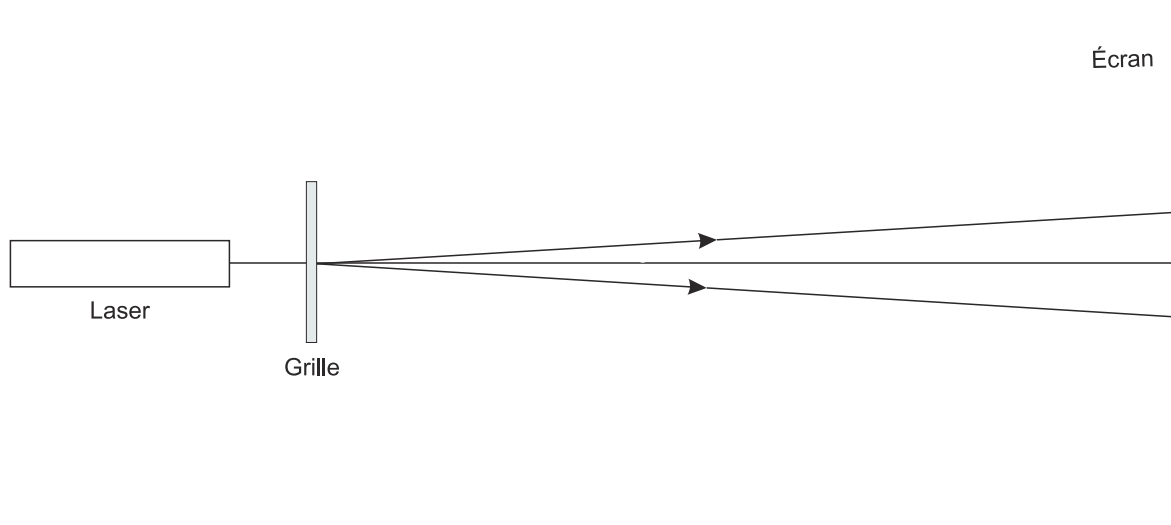
1. But

Observer les figures de diffraction produites par des grilles à fils croisés.

2. Matériel nécessaire

- 1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)
- 1 banc d'optique
- 1 support-plateau avec tige, pour banc d'optique (OG 0431 10002)
- 1 écran
- 1 support pour diapositives avec tige (OG 0405 00001)
- 3 grilles
- 3 cavaliers pour le banc d'optique

3. Schéma du montage



4. Mode opératoire

1. Insérer le laser à diode dans son support, placer l'ensemble sur le support-plateau et fixer celui-ci sur le banc d'optique.
2. Fixer le support pour diapositives le plus près possible du laser et y placer une des grilles.
3. Observer la figure de diffraction sur l'écran placé sur le banc d'optique, derrière la grille.
4. Refaire la manipulation avec les autres grilles. Comparer les figures produites.

5. Exemple de résultats

Les figures de diffraction sont formées de lignes perpendiculaires; elles sont dues à l'«effet réseau» produit par les mailles des grilles. Ces figures seront d'autant mieux observables que l'écran sera plus distant de la grille.

6. Remarques

1. Une figure plus étalée peut être produite en remplaçant la grille par un fragment de voile de rideau.
2. Il est souhaitable d'effectuer cette manipulation dans une obscurité quasi totale.

Manipulation 14

Relation entre les longueurs d'onde d'un rayonnement dans deux milieux et l'indice de réfraction correspondant

1. But

Établir que le rapport entre les longueurs d'onde d'un faisceau de lumière dans l'air et dans l'eau est égal à l'indice de réfraction de l'eau par rapport à l'air.

2. Rappel théorique

On sait que:

$$n = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1 \cdot \nu}{\lambda_2 \cdot \nu} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad (1)$$

avec n = indice de réfraction du milieu 2 par rapport au milieu 1.

D'autre part, si un réseau est éclairé par de la lumière monochromatique, on a:

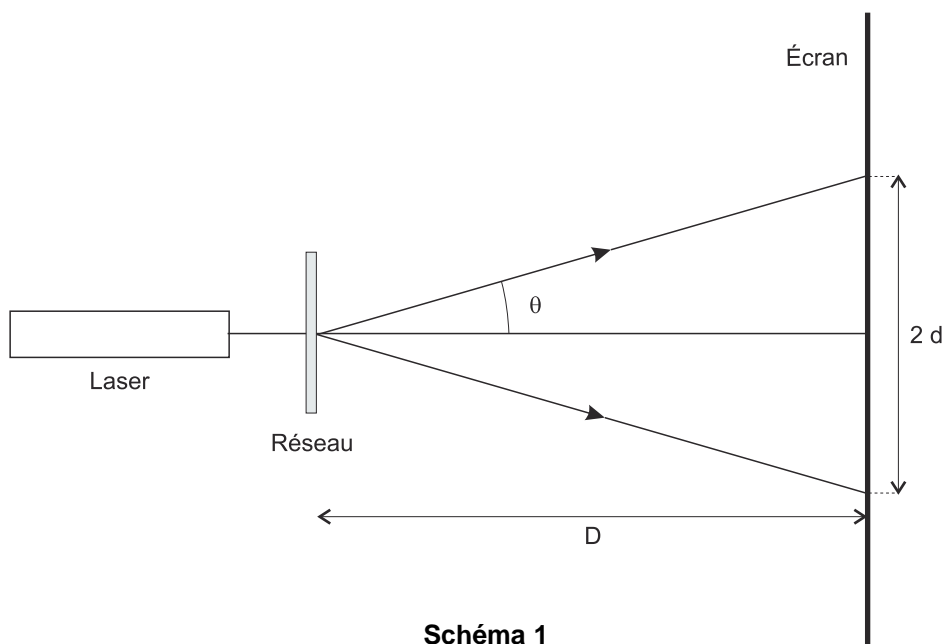


Schéma 1

Au premier ordre de diffraction:

$$\lambda = a \sin \theta \quad (2)$$

avec λ = longueur d'onde du rayonnement utilisé

a = distance entre deux traits consécutifs du réseau

De plus:

$$\text{tg } \theta = \frac{d}{D} \quad (3)$$

avec d = demi-distance entre deux franges symétriques

D = distance entre le plan du réseau et l'écran

Si l'on mesure d et D , on peut calculer θ . En introduisant cette valeur de θ dans la relation (2), on peut en déduire λ si l'on connaît a .

Si le milieu 1 est l'air (cuve «vide»), les expressions (3) et (2) s'écrivent:

$$\text{tg } \theta_1 = \frac{d_1}{D} \quad \text{et} \quad \lambda_1 = a \sin \theta_1$$

Si le milieu 2 est l'eau (cuve pleine d'eau), les expressions (3) et (2) s'écrivent:

$$\text{tg } \theta_2 = \frac{d_2}{D} \quad \text{et} \quad \lambda_2 = a \sin \theta_2$$

En remplaçant λ_1 et λ_2 dans (1), on a:

$$n = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{a \sin \theta_1}{a \sin \theta_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

Remarque: la connaissance de a n'est pas indispensable pour déterminer l'indice de réfraction.

3. Matériel nécessaire

1 laser à diode (OP 1500 1111) et son support (OP 1501 1211)

1 diapositive portant un réseau (9055 traits/cm)

1 cuve en verre OG 0900 2211

1 feuille de papier calque

1 pince à linge

Papier collant

4. Schéma du montage

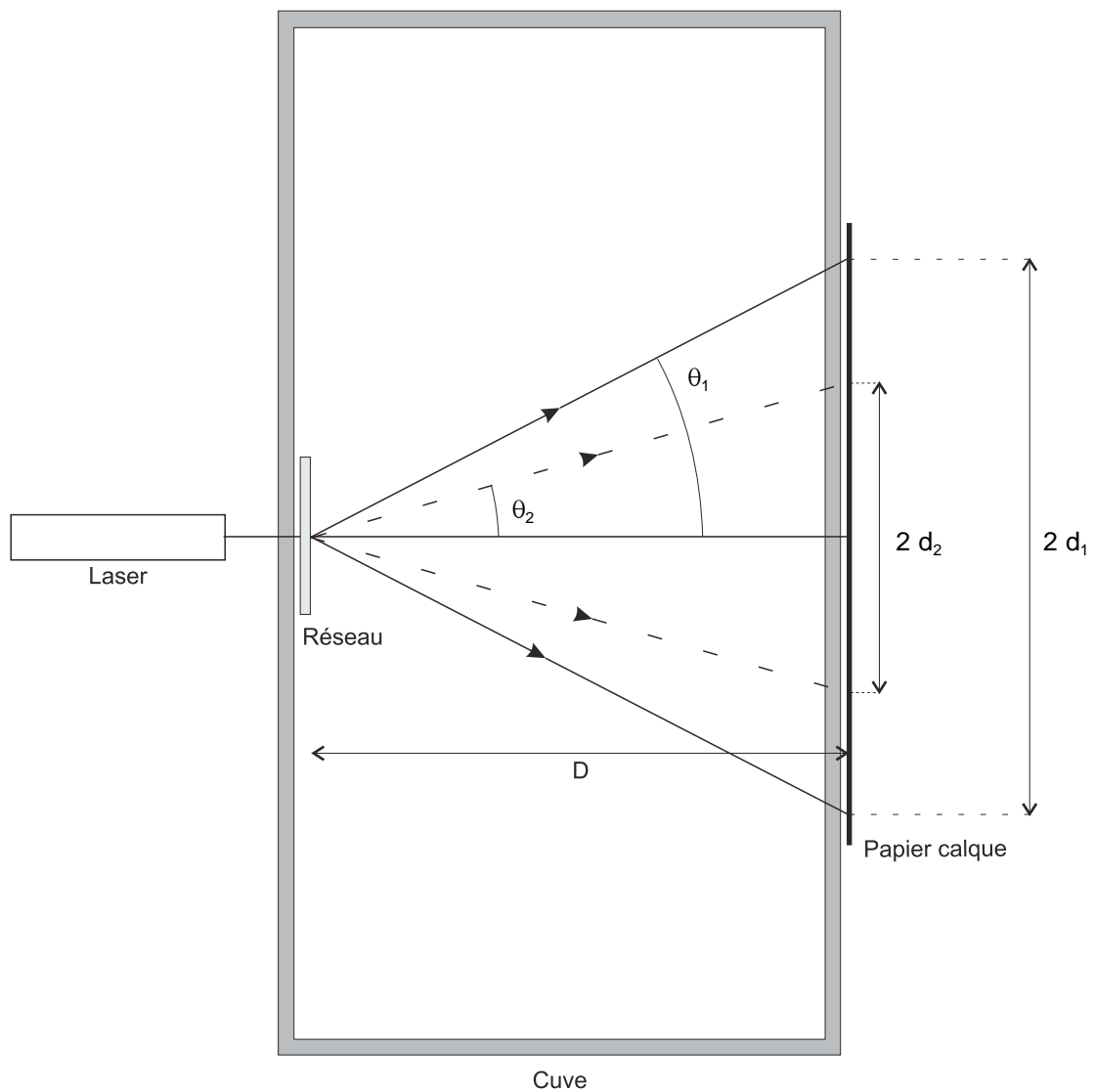


Schéma 2

5. Mode opératoire

1. Insérer le laser à diode dans son support. Placer l'ensemble devant l'une des plus longues faces de la cuve en verre («vide»), à égale distance des deux petites faces, le faisceau de lumière émis étant perpendiculaire à la longue face (voir schéma 2).
2. Fixer, avec du papier collant, un morceau de papier calque à l'extérieur de la cuve, le long de l'autre longue face.
3. Fixer la diapositive portant le réseau à l'intérieur de la cuve, sur la face opposée à celle sur laquelle se trouve le papier calque.
4. Éclairer le réseau en veillant à ce que la lumière y arrive perpendiculairement.

- Mesurer la distance la distance $2 d_1$ séparant les maxima d'ordre 1 de part et d'autre de la tache centrale. Mesurer la distance D entre le réseau et le papier calque.
- Verser de l'eau dans la cuve jusqu'à immersion complète du réseau et mesurer la distance $2 d_2$ séparant les nouveaux maxima d'ordre 1 de part et d'autre de la tache centrale.

6. Exemple de résultats

$$D = 6,9 \text{ cm} = 6,9 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$2 d_1 = 9,7 \text{ cm} = 9,7 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$2 d_2 = 6,6 \text{ cm} = 6,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

On en tire:

$$\text{tg } \theta_1 = \frac{\frac{9,7 \cdot 10^{-2}}{2}}{6,9 \cdot 10^{-2}} = 0,7029 \quad \rightarrow \quad \theta_1 = 35^\circ 6' 12''$$

$$\sin \theta_1 = 0,5751$$

$$\text{tg } \theta_2 = \frac{\frac{6,6 \cdot 10^{-2}}{2}}{6,9 \cdot 10^{-2}} = 0,4783 \quad \rightarrow \quad \theta_2 = 25^\circ 33' 36''$$

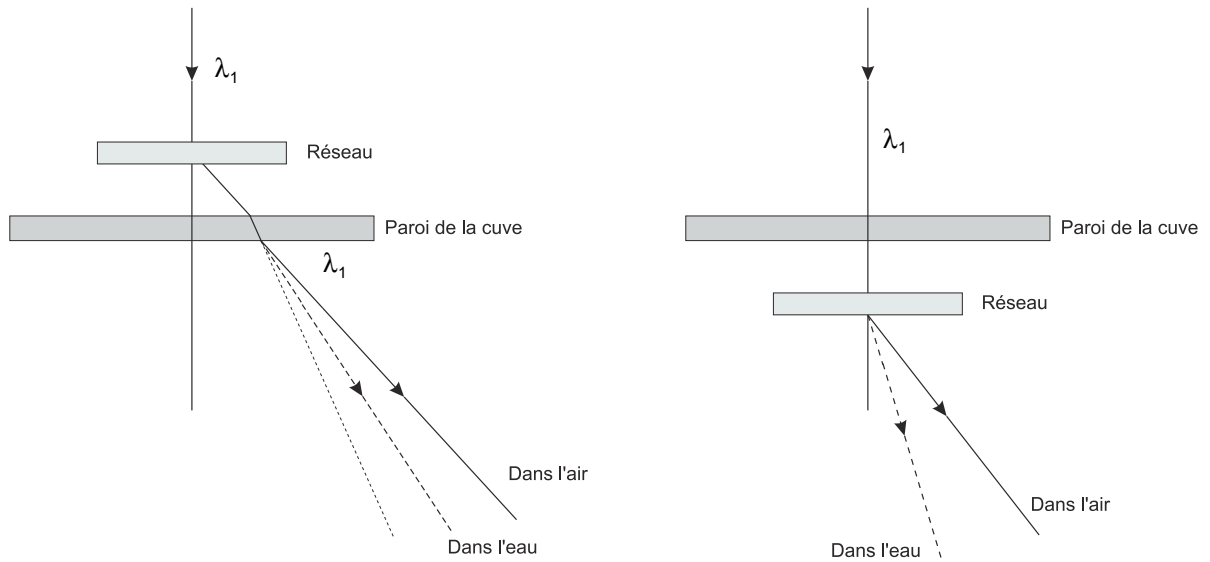
$$\sin \theta_2 = 0,4315$$

$$n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{0,5751}{0,4315} = 1,33$$

7. Remarques

- Le papier calque étant placé à l'extérieur de la cuve, on devrait tenir compte de la réfraction se produisant dans la paroi de celle-ci. En fait, cette correction n'influence pratiquement pas le résultat.
- La diapositive portant le réseau n'est pas étanche. Après l'expérience, il convient de l'ouvrir, d'en sécher tous les éléments en les tamponnant avec du papier essuie-tout.

3. Il est indispensable de s'assurer qu'une couche d'eau, si mince soit-elle, sépare la diapositive de la paroi de la cuve. On peut alors être certain que le réseau reçoit un faisceau incident dont la longueur d'onde a été modifiée par la présence de l'eau. Si le réseau était fixé à l'extérieur de la cuve, on obtiendrait la même égalité: $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = n$, mais il s'agirait alors de la simple vérification de la loi de la réfraction appliquée au faisceau quittant le réseau et pénétrant dans la cuve. C'est ce que montrent les deux schémas ci-dessous.



Manipulation 15

Diffraction par un cheveu

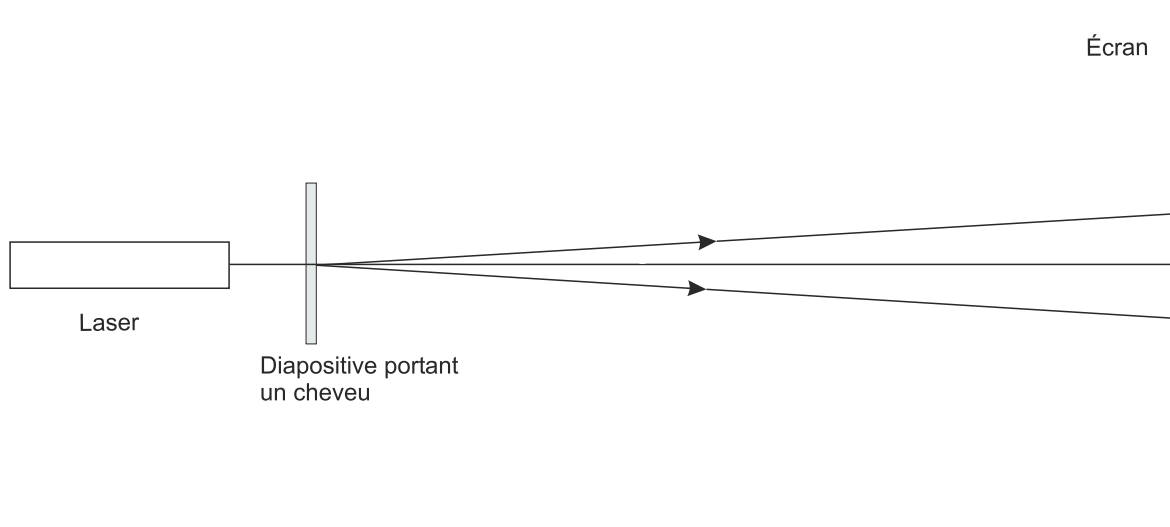
1. But

Déterminer l'épaisseur d'un cheveu à partir d'une figure de diffraction.

2. Matériel nécessaire

- 1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)
- 1 banc d'optique
- 1 support-plateau avec tige, pour banc d'optique (OG 0431 10002)
- 1 écran
- 1 support pour diapositives avec tige (OG 0405 00001)
- 1 diapositive portant un cheveu
- 3 cavaliers pour le banc d'optique

3. Schéma du montage



4. Mode opératoire

1. Insérer le laser à diode dans son support, placer l'ensemble sur le support-plateau et fixer celui-ci sur le banc d'optique.
2. Fixer le support pour diapositives le plus près possible du laser et y glisser la diapositive portant un cheveu. Régler le faisceau pour qu'il éclaire le cheveu.
3. Recueillir la figure de diffraction sur l'écran placé à l'extrémité du banc d'optique, à environ deux mètres du plan de la diapositive.
4. Mesurer la distance qui sépare deux franges brillantes bien nettes et suffisamment écartées. En déduire la distance d entre deux maxima d'interférence consécutifs.
5. Mesurer la distance D qui sépare le plan de la diapositive et celui de l'écran. En déduire l'épaisseur a du cheveu.

5. Exemple de résultat

$$d = 1,5 \text{ cm} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$D = 1,98 \text{ m}$$

$$\lambda = 660 \text{ nm} = 660 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$a = \frac{\lambda D}{d} = \frac{660 \cdot 10^{-9} \cdot 1,98}{1,5 \cdot 10^{-2}} = 8,7 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 0,087 \text{ mm}$$

Manipulation 16

Diffraction par la surface d'un disque compact (CD)

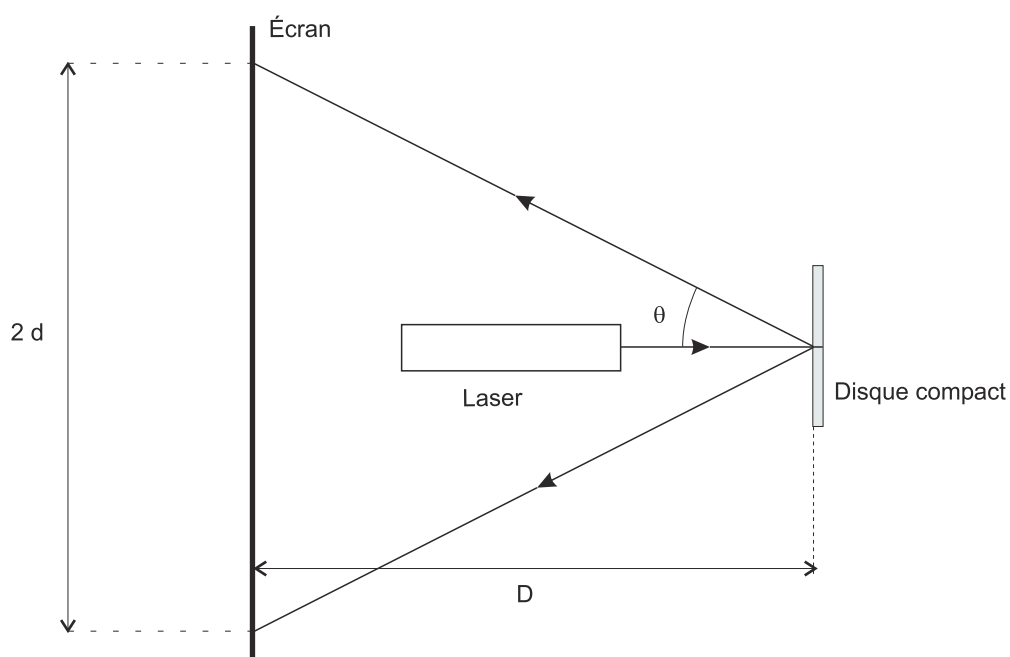
1. But

Déterminer la distance entre deux rayures consécutives portées par la surface d'un disque compact.

2. Matériel nécessaire

- 1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)
- 1 banc d'optique
- 1 support-plateau avec tige, pour banc d'optique (OG 0431 10002)
- 1 écran
- 1 support pour diapositives avec tige (OG 0405 00001)
- 1 disque compact
- 3 cavaliers pour le banc d'optique

3. Schéma du montage



4. Mode opératoire

1. Insérer le laser à diode dans son support, placer l'ensemble sur le support-plateau et fixer celui-ci sur le banc d'optique.
2. Fixer le support pour diapositives à une dizaine de centimètres du laser et y placer le disque compact. Régler le faisceau pour qu'il éclaire perpendiculairement le disque compact.
3. Recueillir la figure de diffraction sur l'écran placé derrière le laser (voir schéma).
4. Mesurer la distance $2d$ séparant les maxima d'ordre 1 et la distance D entre le disque compact et l'écran. En déduire la distance a entre deux rayures consécutives du disque.

5. Exemple de résultat

$$2d = 28,3 \text{ cm} = 28,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$D = 31,5 \text{ cm} = 31,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\lambda = 660 \text{ nm} = 660 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$\text{tg } \theta = \frac{d}{D} = \frac{28,3 \cdot 10^{-2}}{31,5 \cdot 10^{-2}} = 0,4492 \quad \rightarrow \quad \theta = 24^{\circ}11'24''$$

$$\sin \theta = 0,4098$$

La distance a vaut:

$$a = \frac{\lambda}{\sin \theta} = \frac{660 \cdot 10^{-9}}{0,4098} = 1,61 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 1,61 \mu\text{m}$$

Manipulation 17

Estimation de la taille de grains de lycopode

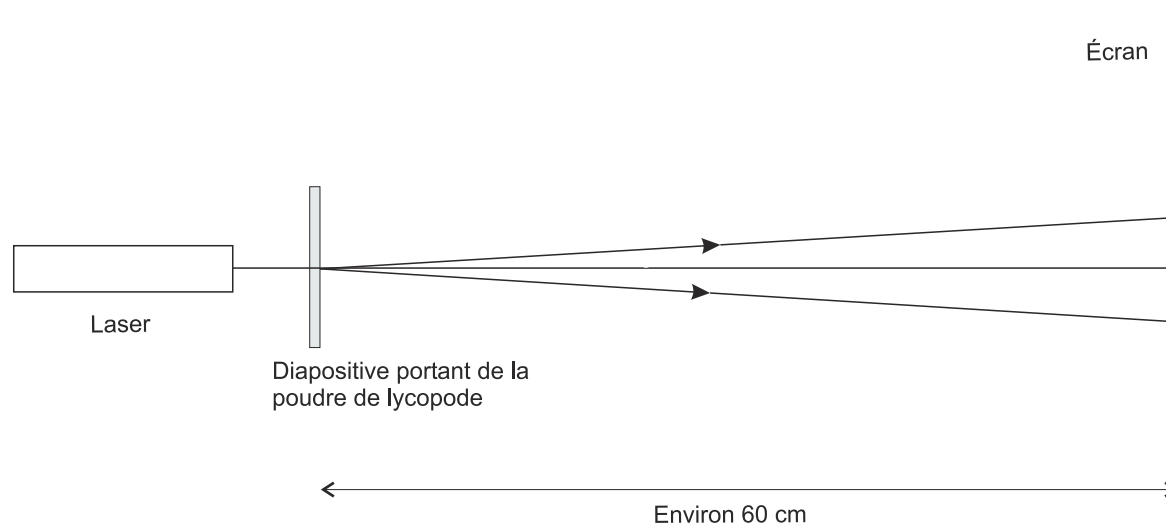
1. But

Estimer le diamètre de grains de lycopode par une méthode de diffraction.

2. Matériel nécessaire

- 1 laser à diode (OP 1500 11111) et son support (OP 1501 12111)
- 1 banc d'optique
- 1 support-plateau avec tige, pour banc d'optique (OG 0431 10002)
- 1 écran
- 1 support pour diapositives avec tige (OG 0405 00001)
- 1 diapositive portant de la poudre de lycopode
- 3 cavaliers pour le banc d'optique

3. Schéma du montage



4. Mode opératoire

1. Insérer le laser à diode dans son support, placer l'ensemble sur le support-plateau et fixer celui-ci sur le banc d'optique.
2. Fixer le support pour diapositives à quelques centimètres du laser et y placer la diapositive portant la poudre de lycopode. Régler le faisceau pour qu'il éclaire perpendiculairement la diapositive.
3. Recueillir et observer la figure de diffraction sur l'écran (voir schéma), mesurer le rayon r du premier cercle obscur ainsi que la distance D entre le plan de la diapositive et celui de l'écran. En déduire le diamètre d des grains de lycopode à partir de la relation:

$$d = 1,22 \frac{\lambda D}{r}$$

5. Exemple de résultats

On observe des anneaux de diffraction comparables à ceux que donnent un écran opaque percé de trous identiques.

La figure de diffraction est la même, qu'il s'agisse d'une ou de n ouvertures identiques distribuées de façon irrégulière dans un même plan. L'intensité lumineuse est cependant n fois plus grande dans le second cas.

$$r = 1,9 \text{ cm} = 1,9 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$D = 60 \text{ cm} = 0,60 \text{ m}$$

$$\lambda = 660 \text{ nm} = 660 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$d = 1,22 \frac{660 \cdot 10^{-9} \cdot 0,6}{1,9 \cdot 10^{-2}} = 25 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 25 \mu\text{m}$$