

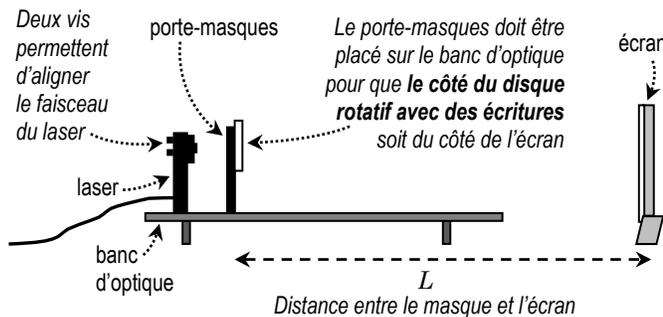
Interférence et diffraction Protocole

Lors de la séance de laboratoire, vous allez suivre les instructions de ce protocole et répondre au fur et à mesure aux questions dans le rapport.

Consignes de sécurité importantes

- **Évitez** de vous placer de manière à ce que le faisceau du laser pénètre directement dans un de vos yeux.
- Pour minimiser les chances que le faisceau du laser pénètre directement dans votre œil ou dans l'œil de quelqu'un d'autre, **éteignez le laser lorsque vous le manipulez** (en particulier, lorsque vous l'installez sur le banc d'optique ou que vous l'enlevez pour le remplacer par une autre source de lumière).

Dans ce laboratoire, vous allez étudier les figures lumineuses produites par la lumière qui traverse divers masques (une fente, deux fentes, réseau). Le montage de base (**schéma ci-dessous**) est constitué d'un banc d'optique (rail) servant de support à un laser (rouge ou vert, selon les parties de l'expérience) et à un « porte-masques » comportant un disque rotatif permettant de placer différents masques sur le chemin du laser.



Expérience 1

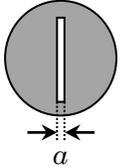
Première partie : Observations qualitatives

Étape 1.1. Pour commencer, installez le laser rouge sur le banc d'optique, près de l'extrémité du banc la plus éloignée de l'écran. (Pour distinguer les lasers, on peut se servir du fait que le cylindre qui émet le faisceau laser est plus court pour le laser rouge que pour le vert.) Branchez l'alimentation électrique du laser. S'il y a un porte-masques sur le banc, enlevez-le en le soulevant et déposez-le sur la table.

Étape 1.2. Allumez le laser à l'aide de l'interrupteur situé en arrière et observez le point rouge sur l'écran. Selon l'horizontale, le point devrait être à peu près au centre de l'écran : si ce n'est pas le cas, vous pouvez aligner le faisceau du laser avec les vis d'ajustement à l'arrière du laser.

Dans les étapes qui suivent, lorsqu'on placera un masque entre le laser et l'écran, le maximum central de la figure lumineuse sera toujours situé à l'endroit où le laser frappe l'écran en l'absence de masque.

Étape 1.3. Sur le porte-masques **SINGLE SLITS**, ajustez le disque rotatif pour avoir une fente de largeur $a = 0,16 \text{ mm}$ (il y a une ligne blanche sur le côté qui indique quel masque est sélectionné). En examinant le masque de près, on peut constater que la fente est verticale, comme sur le **schéma ci-contre**. Installez le porte-masques sur le banc d'optique, quelques centimètres devant le laser : tel que précisé sur le schéma, *le porte-masques doit toujours être orienté pour que le côté du disque rotatif avec des écritures soit du côté de l'écran* (et non du laser).



Étape 1.4. Si la figure lumineuse sur l'écran n'est pas très intense, le faisceau laser n'est peut-être pas parfaitement aligné sur la fente du masque : vous pouvez tenter d'améliorer l'alignement du faisceau laser avec les vis d'ajustement à l'arrière du laser. De plus, si l'éclairage du laboratoire vous empêche de bien voir la figure, vous pouvez « faire de l'ombre » sur l'écran avec une feuille de papier, un cahier ou un livre.

En observant la figure sur l'écran, répondez aux questions suivantes dans le rapport.

- **Question 1.1.** Comment se compare la largeur de la zone lumineuse centrale (« pic » central) avec la largeur des zones lumineuses de part et d'autre ?

répondez dans le rapport

- **Question 1.2.** Comment se compare l'intensité de la zone lumineuse centrale avec celle des zones lumineuses de part et d'autre ?

répondez dans le rapport

• **Question 1.3.** La figure lumineuse sur l'écran est-elle étendue dans la direction verticale ou horizontale ?

répondez dans le rapport

Étape 1.5. Afin d'observer l'effet sur l'écran de la diminution de la largeur de la fente, faites tourner le disque du porte-masques afin de sélectionner successivement les fentes de largeur $a = 0,08 \text{ mm}$, $a = 0,04 \text{ mm}$ et $a = 0,02 \text{ mm}$.

• **Question 1.4.** Qu'arrive-t-il à la largeur du pic central (et des autres zones lumineuses de part et d'autre) au fur et à mesure qu'on diminue la largeur de la fente ?

répondez dans le rapport

Étape 1.6. Faites tourner le disque du porte-masques afin de sélectionner successivement les masques suivants :

- dans la section **CIRCULAR APERTURES**, la fente circulaire de **0,4 mm** de largeur ;
- dans la section **PATTERN**, le masque **SQUARE**, composé d'un grand nombre de trous carrés ;
- dans la section **PATTERN**, le masque **HEX**, composé d'un grand nombre de trous hexagonaux.

Observez les différentes figures obtenues afin de constater les ressemblances et les différences entre la forme de la fente et la forme de la figure sur l'écran. (Il n'y a rien à écrire dans le rapport.)

Étape 1.7. Sur le banc d'optique, remplacez le porte-masques **SINGLE SLITS** par le porte-masques **MULTIPLE SLITS** et sélectionnez la section **VARIABLE DOUBLE SLIT** (fente double avec espacement variable). En faisant tourner le disque graduellement, vous pouvez faire varier la distance entre les fentes.

• **Question 1.5.** Qu'arrive-t-il à la distance entre les maximums lumineux sur l'écran au fur et à mesure qu'on diminue la distance entre les fentes du masque ?

répondez dans le rapport

Étape 1.8. Dans la section **MULTIPLE SLITS**, qui comporte des masques avec 2, 3, 4 et 5 fentes, sélectionnez le masque à 2 fentes, puis faites tourner le disque pour observer ce qui se passe lorsqu'on ajoute des fentes supplémentaires. (La distance d entre deux fentes successives demeure la même pour tous les masques).

• **Question 1.6.** Lorsqu'on ajoute des fentes, la *position* des zones les plus lumineuses sur l'écran est-elle modifiée ? Si oui, comment ?

répondez dans le rapport

• **Question 1.7.** Lorsqu'on ajoute des fentes, l'*intensité* des zones les plus lumineuses sur l'écran est-elle modifiée ? Si oui, comment ?

répondez dans le rapport

• **Question 1.8.** Observez attentivement les figures sur l'écran. Constatez-vous un autre effet qui découle de l'ajout de fentes ?

répondez dans le rapport

Étape 1.9. Éteignez le laser jusqu'à la prochaine mesure.

Deuxième partie : Tracé des figures pour une fente, deux fentes... et un cheveu !

Étape 1.10. Prenez en note dans le rapport la longueur d'onde du laser rouge : cette valeur, en nanomètres, a été indiquée par le fabricant sur l'étiquette en arrière du laser.

répondez dans le rapport

Étape 1.11. Sur le banc d'optique, remplacez le porte-masques **MULTIPLE SLITS** par le porte-masques **SINGLE SLITS** et sélectionnez la fente de largeur $a = 0,08 \text{ mm}$. Allumez le laser et utilisez au besoin les vis d'ajustement en arrière du laser afin d'obtenir une figure lumineuse satisfaisant sur l'écran.

Étape 1.12. À l'aide des « pinces relieuses » (photo ci-contre) mises à votre disposition, fixez sur l'écran le côté **EXPÉRIENCE 1** de la feuille de papier pliable spécialement conçue pour dessiner les figures lumineuses de ce laboratoire. Ajustez la position de la feuille pour



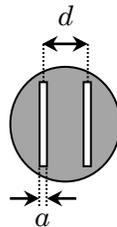
que la figure tombe dans la zone **Figure 1A : UNE FENTE** et que le centre de la figure se trouve sur la ligne verticale centrale déjà imprimée sur la feuille. Si le montage est trop désaligné pour que ce soit facilement possible, appelez le professeur.

Étape 1.13. À l'aide d'un ruban à mesurer, déterminez la distance entre l'écran et le côté du porte-masques qui fait face à l'écran (il suffit d'être précis au centimètre près).

répondez dans le rapport

Étape 1.14. Avec un crayon à mine, « encerclez » les zones lumineuses de la figure en délimitant leur contour le mieux possible : *prenez soin de ne pas déplacer la feuille pendant la durée du tracé !* Si l'éclairage du laboratoire vous empêche de bien voir la figure, vous pouvez faire de l'ombre sur l'écran avec une feuille de papier, un cahier ou un livre. Vous devriez être au moins capable de dessiner la zone centrale et deux zones de chaque côté, pour avoir au moins cinq zones de dessinées.

Étape 1.15. Remplacez le porte-masques **SINGLE SLITS** par le porte-masques **MULTIPLE SLITS**. Dans la section **DOUBLE SLITS**, sélectionnez les fentes pour lesquelles $a = 0,04 \text{ mm}$ et $d = 0,25 \text{ mm}$: chaque fente a une largeur a de 0,04 mm et la distance d entre le centre d'une fente et le centre de l'autre est de 0,25 mm (**schéma ci-contre**).



Étape 1.16. À l'aide du ruban à mesurer, déterminez la distance entre l'écran et le côté du porte-masques qui fait face à l'écran (il suffit d'être précis au centimètre près).

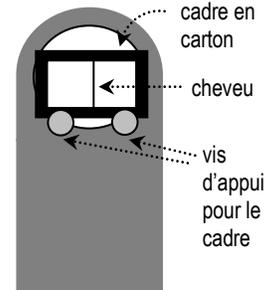
répondez dans le rapport

Étape 1.17. Sur l'écran, faites glisser la feuille **EXPÉRIENCE 1** vers le haut pour que la figure tombe dans la zone **Figure 1B : DEUX FENTES**. Encore une fois, ajustez la position de la feuille pour le centre de la figure se trouve sur la ligne verticale centrale.

Étape 1.18. Utilisez au besoin les vis d'ajustement en arrière du laser afin d'obtenir une figure lumineuse satisfaisante, puis tracez-la comme vous l'avez fait pour la figure précédente à l'**étape 1.14**. Vous devriez pouvoir observer (et tracer) **au**

moins sept zones lumineuses de chaque côté du maximum central : si vous n'en voyez pas assez, faites de l'ombre sur votre écran. C'est normal qu'à certaines distances du maximum central, les zones lumineuses deviennent très faibles ou carrément invisibles : lorsque c'est le cas, n'encerclez rien et passez aux zones lumineuses suivantes.

Étape 1.19. Obtenez un cheveu d'un des membres de votre équipe et, à l'aide de ruban adhésif, fixez-le en position verticale au centre du cadre de carton, puis fixez le cadre sur le support prévu à cette fin à l'aide des vis d'appui (voir **schéma ci-contre**).



Étape 1.20. Sur le banc d'optique, remplacez le porte-masques par le support avec le cheveu. À l'aide du ruban à mesurer, déterminez la distance L entre l'écran et le côté du porte-masques qui fait face à l'écran (il suffit d'être précis au centimètre près).

répondez dans le rapport

Étape 1.21. Ajustez au besoin la position du cadre sur les vis de support pour que le cheveu soit bien placé dans le faisceau du laser (vous devriez voir une petite portion du cheveu éclairé en rouge par le faisceau) et pour que la figure sur l'écran soit optimale (elle devrait ressembler à la figure obtenue lorsque le laser passe par une fente).

Étape 1.22. Sur l'écran, faites glisser la feuille **EXPÉRIENCE 1** vers le haut pour que la figure tombe dans la zone **Figure 1C : CHEVEU**. Encore une fois, ajustez la position de la feuille pour que le centre de la figure se trouve sur la ligne verticale centrale. Tracez la figure comme vous l'avez fait pour les figures précédentes. Les zones lumineuses seront probablement plus irrégulières que pour les autres figures, mais les détails fins ne sont pas importants : contentez-vous de tracer le pourtour des grandes zones lumineuses. Comme pour la **figure 1A**, vous devriez pouvoir observer (et tracer) au moins la zone centrale et deux zones de chaque côté, pour avoir au moins cinq zones de dessinées.

Étape 1.23. Retirez le cheveu du cadre. Pour garder un espace de travail bien propre, jetez le cheveu à la poubelle ! ☺

Expérience 2

Première partie : L'effet de la longueur d'onde sur la diffraction

Étape 2.1. Pour commencer, il ne devrait y avoir que le laser rouge allumé sur le banc d'optique. S'il y a un autre élément sur le banc, enlevez-le en le soulevant et déposez-le sur la table.

Étape 2.2. Sur le porte-masques **SINGLE SLITS**, ajustez le disque rotatif pour avoir une fente de largeur $a = 0,04 \text{ mm}$.

Étape 2.3. Installez le porte-masques sur le banc d'optique : rappel : *le porte-masques doit toujours être orienté pour que le côté du disque rotatif avec des écritures soit du côté de l'écran* (et non du laser).

Étape 2.4. Déplacez le porte-masques pour que la distance L entre le masque et l'écran soit comprise entre 90 cm et 110 cm. Mesurez cette valeur avec un ruban à mesurer (il suffit d'être précis au centimètre près).

répondez dans le rapport

Étape 2.5. Vous devriez voir une figure lumineuse sur l'écran. Si la figure n'est pas très intense, le faisceau laser n'est peut-être pas parfaitement aligné sur la fente du masque : vous pouvez tenter d'améliorer l'alignement du faisceau laser avec les vis d'ajustement à l'arrière du laser.

Étape 2.6. À l'aide des « pinces relieuses » mises à votre disposition, fixez sur l'écran le côté **EXPÉRIENCE 2** de la feuille de papier pliable spécialement conçue pour dessiner les figures lumineuses de ce laboratoire. Ajustez la position de la feuille pour que la figure tombe dans la zone **Figure 2A : UNE FENTE, LASER ROUGE** et que le centre de la figure se trouve sur la ligne verticale centrale déjà imprimée sur la feuille. Si le montage est trop désaligné pour que ce soit facilement possible, appelez le professeur.

Étape 2.7. Avec un crayon à mine, « encerclez » les zones lumineuses de la figure en délimitant leur

contour le mieux possible : *prenez soin de ne pas déplacer la feuille pendant la durée du tracé !*

Si l'éclairage du laboratoire vous empêche de bien voir la figure, vous pouvez faire de l'ombre sur l'écran avec une feuille de papier, un cahier ou un livre. Vous devriez être au moins capable de dessiner la zone centrale et deux zones de chaque côté, pour avoir au moins cinq zones de dessinées.

Étape 2.8. Éteignez le laser rouge et débranchez-le. Enlevez-le du banc d'optique et remplacez-le par le laser vert. Branchez le laser vert et allumez-le. Comme vous n'avez pas touché au porte-masques, la distance L devrait être encore la même que celle que vous avez notée à l'**étape 2.4** : si ce n'est pas le cas, ajustez la position du porte-masques.

Étape 2.9. Prenez en note la longueur d'onde du laser vert : cette valeur, en nanomètres, a été indiquée par le fabricant sur l'étiquette en arrière du laser.

répondez dans le rapport

Étape 2.10. Sur l'écran, faites glisser la feuille **EXPÉRIENCE 2** vers le haut pour que la figure tombe dans la zone **Figure 2B : UNE FENTE, LASER VERT**. Encore une fois, ajustez la position de la feuille pour le centre de la figure se trouve sur la ligne verticale centrale.

Étape 2.11. Utilisez au besoin les vis d'ajustement en arrière du laser afin d'obtenir une figure lumineuse satisfaisante, puis tracez-la comme vous l'avez fait pour la figure précédente à l'**étape 2.7**. Le modèle de laser vert qu'on utilise étant plus lumineux que le laser rouge, vous devriez pouvoir observer (et tracer) davantage de zones lumineuses de part et d'autre du pic central.

Étape 2.12. Éteignez le laser vert, débranchez-le et déposez-le sur la table. Enlevez le porte-masques et déposez-le sur la table.

En comparant les deux figures de diffraction que vous venez de dessiner, répondez aux questions suivantes dans le rapport.

- **Question 2.1.** Lorsqu'on passe du laser rouge au laser vert, la longueur d'onde augmente-t-elle ou diminue-t-elle ?

répondez dans le rapport

- **Question 2.2.** Comparativement à la figure obtenue avec le laser rouge, la figure obtenue avec le laser vert possède-t-elle des zones lumineuses plus rapprochées ou plus éloignées les unes des autres ?

répondez dans le rapport

Deuxième partie : L'effet de la longueur d'onde sur la figure produite par un réseau

Étape 2.13. Sur votre table, vous disposez d'un *réseau*, un rectangle transparent en plastique sur lequel a été gravé un très grand nombre de fentes trop minces et trop rapprochées pour être visibles à l'œil nu. Fixez le réseau au support en plastique noir (le même qui a été utilisé pour fixer le cheveu). Sur le banc d'optique, installez le support et ajustez sa position pour que la distance L entre le réseau et l'écran soit comprise entre 65 cm et 75 cm. Déterminez précisément cette valeur avec un ruban à mesurer et prenez-la en note dans le rapport.

répondez dans le rapport

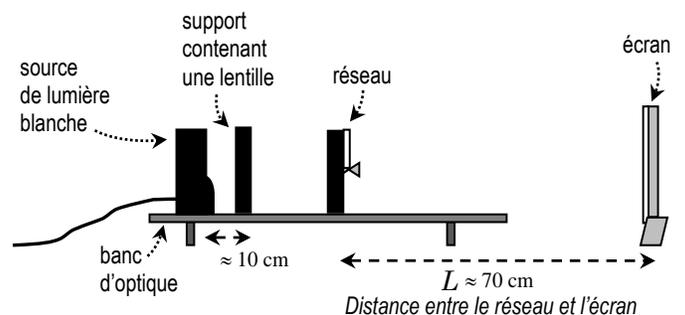
Étape 2.14. Sur le banc d'optique, allumez le laser rouge et placez le réseau pour que faisceau laser le traverse et produise sur l'écran une figure composée de quelques points rouges très intenses.

Étape 2.15. Sur l'écran, faites glisser la feuille **EXPÉRIENCE 2** vers le haut pour que la figure tombe dans la zone **Figure 2C : RÉSEAU, LASERS ROUGE (R) et VERT (V)**. Encore une fois, ajustez la position de la feuille pour que le centre de la figure se trouve sur la ligne verticale centrale. Avec un crayon à mine, tracez sur la feuille le contour des points lumineux rouges : identifiez chacun des points par la lettre « R » (pour « rouge »).

Étape 2.16. Éteignez le laser rouge, débranchez-le et remplacez-le par le laser vert. Branchez et allumez le laser. Comme vous n'avez pas touché au réseau, la distance L devrait être encore la même que celle que vous avez notée à l'**étape 2.13** : si ce n'est pas le cas, ajustez la position du support du réseau.

Étape 2.17. Sur l'écran, ajustez au besoin la position de la feuille **EXPÉRIENCE 2** pour que le point lumineux central vert tombe exactement sur la position du point lumineux central « R » que vous avez dessiné à l'**étape 2.15**. Avec un crayon à mine, tracez le contour des points verts et identifiez-les par la lettre « V » (pour « vert »). Éteignez le laser vert, débranchez-le et déposez-le sur la table.

Étape 2.18. Vous allez maintenant éclairer le réseau avec une source de lumière blanche : il s'agit d'une boîte rectangulaire noire qui possède un trou d'environ 1 cm de diamètre sur un des côtés et une plaque transparente avec motif sur l'autre : ici, ***nous allons nous servir de la lumière qui sort du trou***. Installez la source sur le banc d'optique, près de l'extrémité gauche du banc (**schéma ci-dessous**), et allumez-la en la branchant. Comme cette source produit un faisceau divergent assez large, on va placer une lentille convergente (déjà enchâssée dans un support) *entre la source et le réseau* afin de mieux concentrer la lumière sur le réseau. (Comme cette lentille agit *avant* que la lumière ne pénètre dans le réseau, sa présence ne modifiera pas la position des maximums sur l'écran.) Placez la lentille à environ 10 cm de la source, puis déplacez-la un peu vers la gauche ou vers la droite afin d'obtenir la figure la plus nette possible sur l'écran.



Étape 2.19. Comme vous n'avez pas touché au réseau, la distance L devrait être encore la même que celle que vous avez noté à l'**étape 2.13** : si ce n'est pas le cas, ajustez la position du support du réseau et ajustez de nouveau la position de la lentille pour avoir la figure la plus nette possible sur l'écran.

Étape 2.20. Sur l'écran, faites glisser la feuille **EXPÉRIENCE 2** vers le haut pour que la figure tombe dans la zone **Figure 2D : RÉSEAU, LUMIÈRE BLANCHE** et que le maximum central (blanc) coïncide avec la ligne verticale au centre de la feuille. Vous n'avez pas de crayons de couleur pour reproduire ce que vous voyez : contentez-vous de tracer à la mine des barres verticales au milieu de toutes les zones rouges (en les identifiant par la lettre « **R** ») et de toutes les zones vertes (en les identifiant par la lettre « **V** »).

Étape 2.21. Débranchez la source blanche et déposez-la sur la table. Enlevez les supports avec la lentille et le réseau et déposez-les sur la table. Remettez le montage dans l'état où vous l'avez trouvé à l'**étape 2.1** : il ne devrait y avoir que le laser rouge (dont l'alimentation électrique est branchée) sur le banc d'optique.

En comparant les figures produites par le réseau avec le laser rouge, le laser vert et la lumière blanche, répondez aux questions suivantes dans le rapport.

• **Question 2.3.** Que remarquez-vous lorsque vous comparez la position des maximums rouges obtenus en utilisant un laser rouge avec la position des maximums rouges obtenus en utilisant une source blanche ?

répondez dans le rapport

• **Question 2.4.** Remarquez-vous la même chose pour les maximums verts ?

répondez dans le rapport