

Labyrinthe optique : Notes pédagogiques

Préambule :

Cette version est destinée aux enseignants, par la couleur verte nous attirons le regard des enseignants : il s'agit de réponses à des questions, des remarques.

Cet atelier a été conçu dans l'idée de servir d'introduction à l'optique et d'aborder les rudiments de l'optique par une démarche expérimentale. C'est également l'occasion pour les élèves de manipuler de manière ludique des éléments de base tels que miroir plan, lentille convergente ou divergente, prisme ou lame à face parallèle.

Pourquoi ?

Sans formule ni calcul, l'atelier privilégie la manipulation par les élèves afin qu'ils développent une certaine intuition en optique. En effet, si les élèves sont parfois capables de faire des calculs et des schémas élaborés, ils sont trop souvent complètement déconnectés de toute réalité.

Comment ?

Les élèves sont amenés à réaliser une succession d'une dizaine de défis de plus en plus complexes. Pour la plupart d'entre eux, on fait entrer le faisceau laser par la porte centrale et le but est de le faire ressortir par une des portes latérales en utilisant les différents éléments optiques. A la fin de chaque tâche l'élève prend une photo avec son smartphone (veillez à bien enlever le flash).

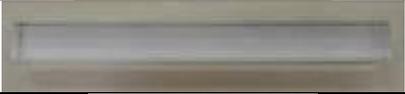
Combien ?

Cet atelier a été conçu pour pouvoir être réalisé en une heure de cours mais il est modulaire, c-à-d que certains défis peuvent être supprimés ou modifiés et peut-être que vous en trouverez des nouveaux !

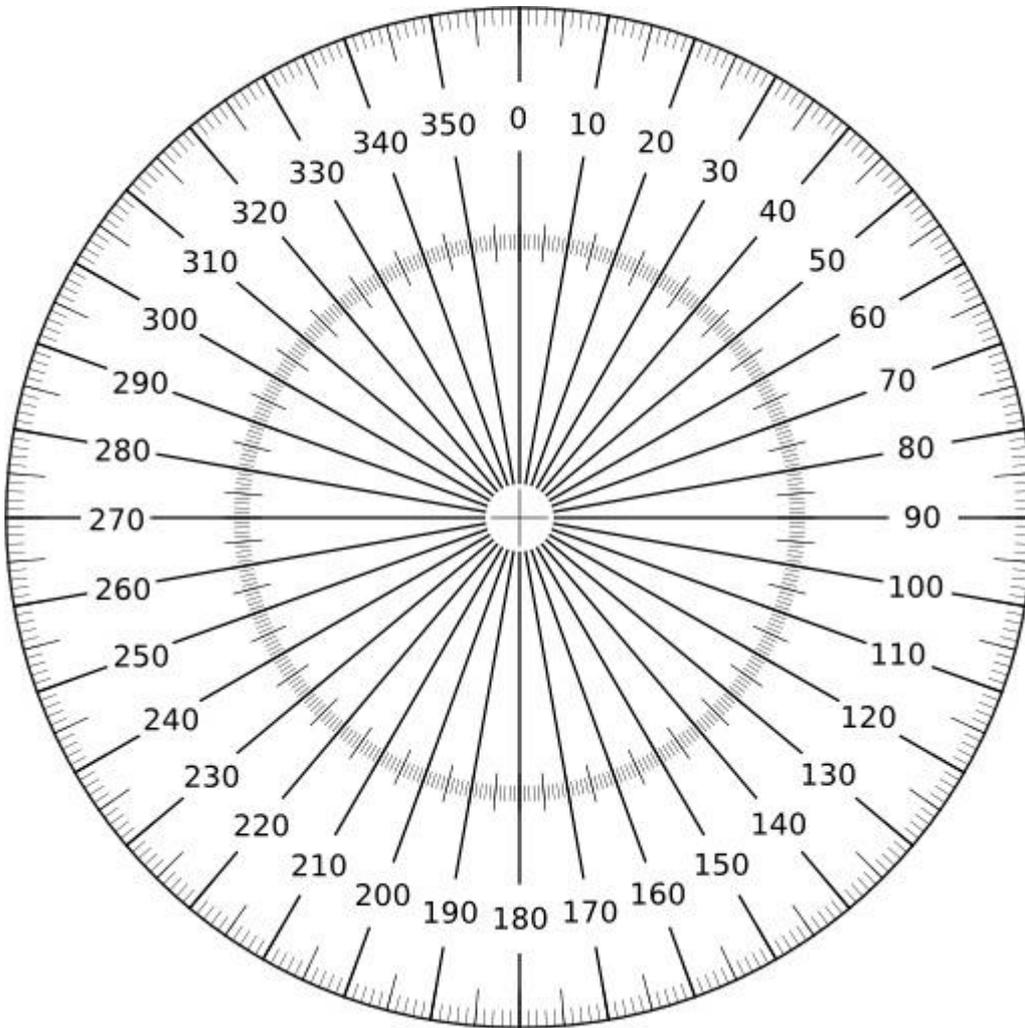
De plus, libre à vous d'intégrer également les concepts, les notions, les constructions ou les calculs avant, pendant ou après cet atelier. De même vous voudrez peut-être poser directement des questions posées formelles ou informelles.

Il est entendu qu'en agissant de la sorte vous rallongerez significativement le temps de cet atelier, mais vous aborderez un bon nombre d'items relatifs à l'UUA4 « *La magie de l'image* ». Nous avons numéroté les items (arbitrairement) afin que vous puissiez les retrouver au fil du protocole.

A. Matériel :

Boîte à 3 portes	
Laser	
Lentille cylindrique sur son support	
Diapositive « réseau de diffraction »	
Réglette avec des fentes	
Quelques cales en bois, cartons, d'épaisseurs différentes	
Miroir plan(3)	
Lentille convergente fine	
Lentille convergente épaisse	
Lentille divergente	
Lentille à faces parallèles	
Prisme	
Lentille en demi-lune	
Smartphone des élèves	

Vous trouverez également ci-dessous un rapporteur qui imprimé et mis au fond de la boîte peut servir pour prendre des mesures.



Les photos des élèves peuvent servir ensuite de support pour le cours. Le fait que ce soient les photos des élèves vous assure une crédibilité et est également valorisant pour eux. Assurez-vous que les élèves puissent utiliser leur smartphone en classe (accord de la direction et décharge de responsabilité en cas de casse).

Notez aussi que la manipulation sera d'autant plus aisée que le local sera sombre.

B. Attention !



Précaution : attention, si les lasers utilisés sont sans danger pour les expositions momentanées, ils peuvent être dangereux pour une exposition délibérée dans le faisceau. En particulier, ne regardez jamais directement à travers les ouvertures de la boîte pour observer la lumière laser sortante.

Il est indispensable de rappeler cette consigne oralement avant de commencer car beaucoup d'élèves ne lisent pas suffisamment attentivement les consignes !

C. Manipulations

Une des particularités d'un faisceau laser est qu'il est focalisé, et que la taille du spot lumineux est la même quelle que soit la distance. Le faisceau laser simule ici un rayon lumineux. Afin de pouvoir visualiser le trajet sur le fond de la boîte nous utilisons la lentille cylindrique qui permet d'obtenir un faisceau plan.

Une des premières étapes consiste à ajuster le laser et la lentille cylindrique pour avoir une belle trace sur le fond de la boîte, c'est ici que les cales en carton sont bien utiles.

Remarques :

- *Nous n'avons volontairement donné aucun support directement bien adapté et à la bonne hauteur, car nous estimons qu'aligner les éléments optiques fait partie intégrante de la démarche expérimentale dans cet atelier.*
- *L'alignement optique n'est pas si simple qu'on croit, il demande patience persévérance et délicatesse.*
- *Dans tous les défis suivants nous avons mis une photo en guise d'exemple mais les solutions ne sont pas uniques*

Afin de ne pas se répéter sans cesse dans le protocole, nous avons défini « l'effet recherché » présent quasi à chaque défi.

Effet recherché : la lumière doit entrer par la porte centrale et ressortir par une autre porte après avoir touché ou traversé tous les éléments qui s'y trouvent.

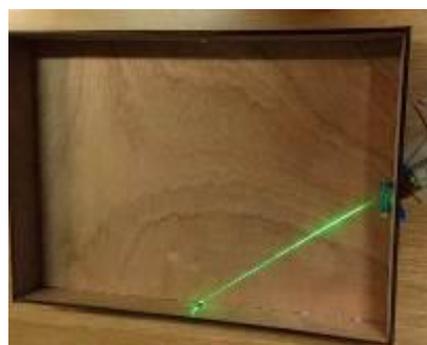
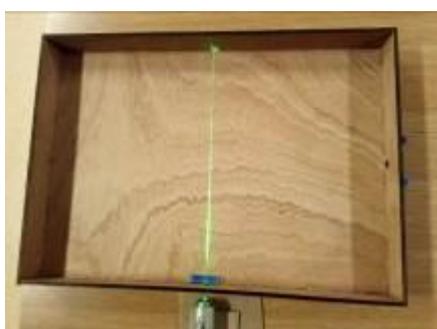
Quand vous avez accompli une tâche, **prenez une (une seule !) photo du résultat**. Conservez ces résultats dans l'ordre numérique.

Pour toutes les manipulations, placez la lentille cylindrique sur son support dans l'axe de votre laser, à l'intérieur de la boîte, au niveau de la porte choisie, collée contre la paroi. Cela vous permettra de mieux visualiser le faisceau de votre laser.

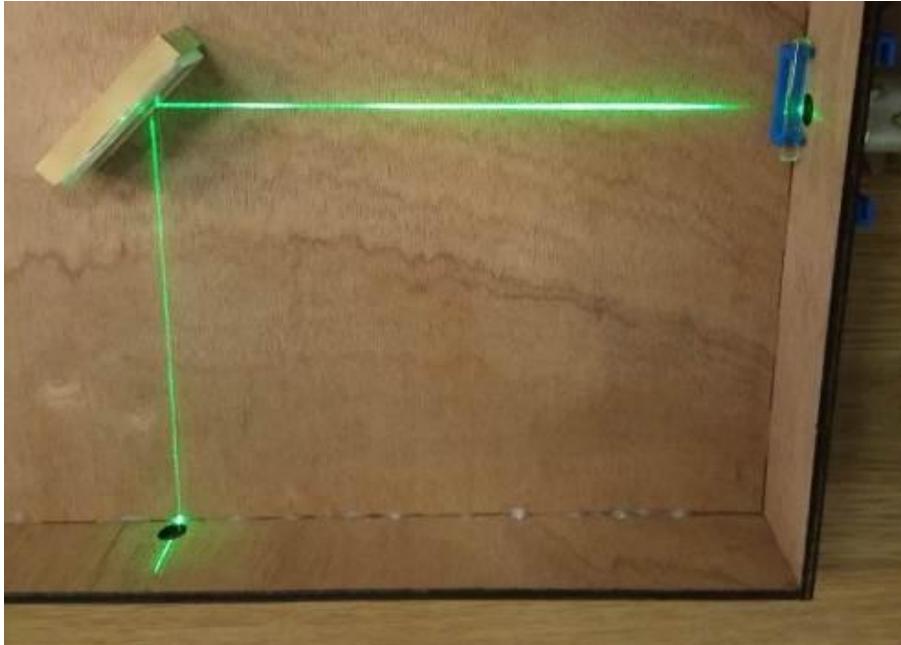
Ajustez si nécessaire avec des cales en cartons pour obtenir une belle trace sur le fond de la boîte.

1. Pas de diapositive. Aucun élément à l'intérieur. Posez le laser horizontalement devant une des portes de la boîte. Quelle porte choisissez-vous pour que la lumière ressorte par une autre porte ? (1,2)

Bien qu'il n'y ait aucun élément optique, la solution naturelle consiste à choisir une porte latérale et peu importe que ce soit la gauche ou la droite puisque la propagation en ligne droite sera la même dans un sens ou dans l'autre. Une autre solution pourrait être la porte centrale et partir avec un faisceau oblique.

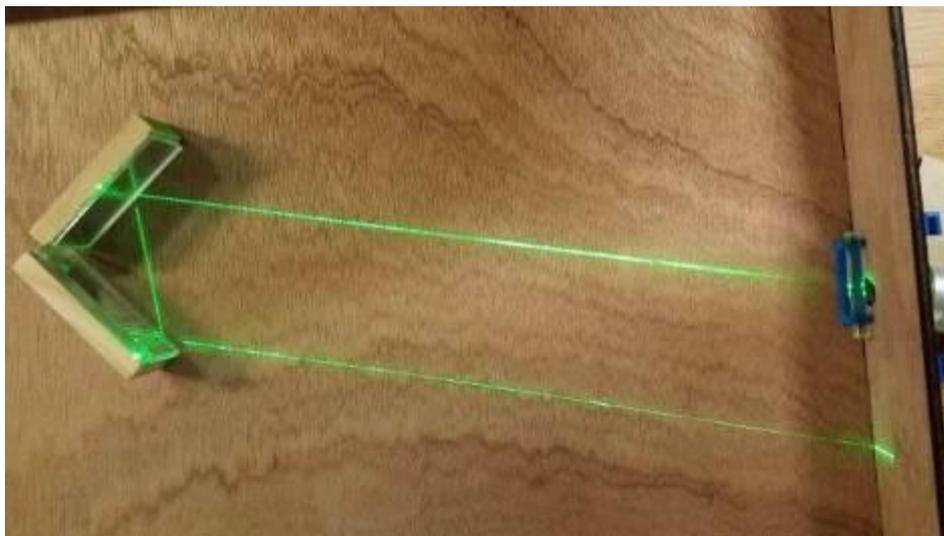


2. Posez le miroir plan dans la boîte. Faites entrer le laser à travers la porte centrale. Trouvez une position du miroir pour obtenir **l'effet recherché**. (1,2,5,6,9,10)
 Si vous mesurez les angles à partir de la photo vous pouvez mettre en évidence l'égalité entre l'angle d'incidence et de réflexion avec le rapporteur en annexe.



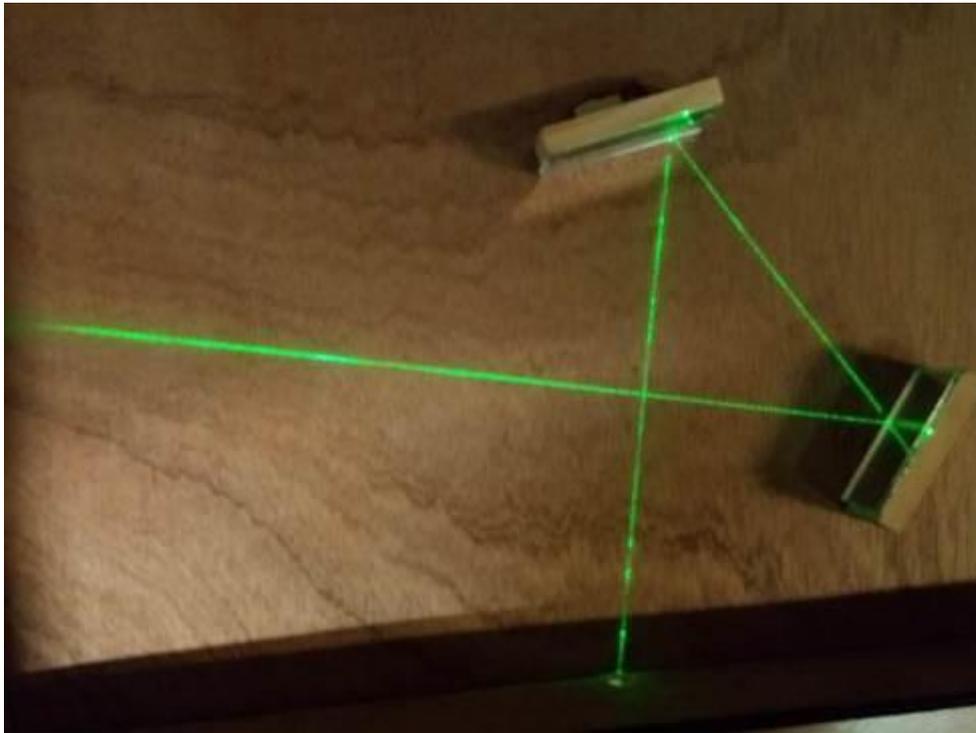
3. Posez deux miroirs plans dans la boîte. Faites entrer le laser à travers la porte centrale. Trouvez une position du miroir pour obtenir **des portions de faisceaux parallèles**. Vous ne devez **PAS** obtenir l'effet recherché. (1,2,5,6,9,10)

L'idée de ce défi est de montrer que les miroirs sont obligatoirement perpendiculaires, ce résultat étant logique étant donné que le faisceau après les deux réflexions a tourné d'un angle de 180° par rapport au faisceau initial. On peut en faire la démonstration mathématique également !

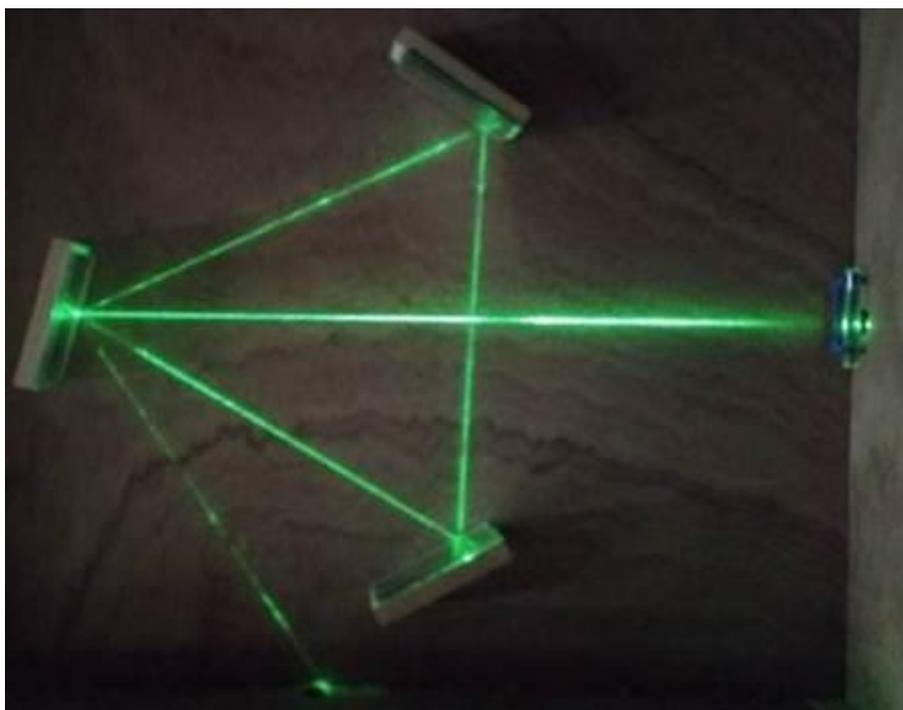


4. Posez deux miroirs plans dans la boîte. Trouvez un assemblage pour obtenir l'effet recherché et que les faisceaux délimitent un triangle rectangle. (1,2,5,6,9,10)

Il est important que le faisceau initial soit bien calibré au risque d'avoir une trace très légère sur le fond de la boîte après deux réflexions. Veillez également à la verticalité des miroirs. Si ce n'est pas le cas ajuster avec une très faible épaisseur (papier) pour que la trace soit bien visible sur le fond de la boîte après réflexion.

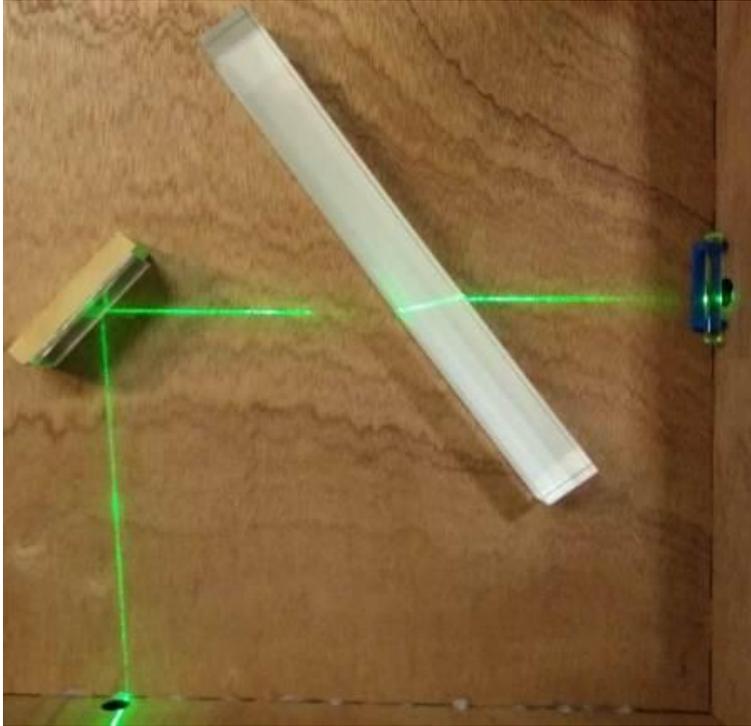


5. Posez trois miroirs plans dans la boîte. Trouvez un assemblage pour obtenir l'effet recherché et que les faisceaux délimitent un triangle isocèle. (1,2,5,6,9,10)



6. Posez un miroir et la lame à face parallèle. Le faisceau doit traverser la lame à face parallèle. Trouvez un assemblage pour obtenir l'effet recherché. (1,2,5,6,7,9,10)

Ce défi permet de montrer la réfraction (air-verre) et (verre air), comme les faces sont parallèle le faisceau entrant est parallèle au faisceau sortant et ce quel que soit l'angle d'incidence. De plus la lame face parallèle est l'élément optique de la boîte mystère, et même si celle-ci est beaucoup plus fine il est indispensable qu'il ait pu la manipuler.



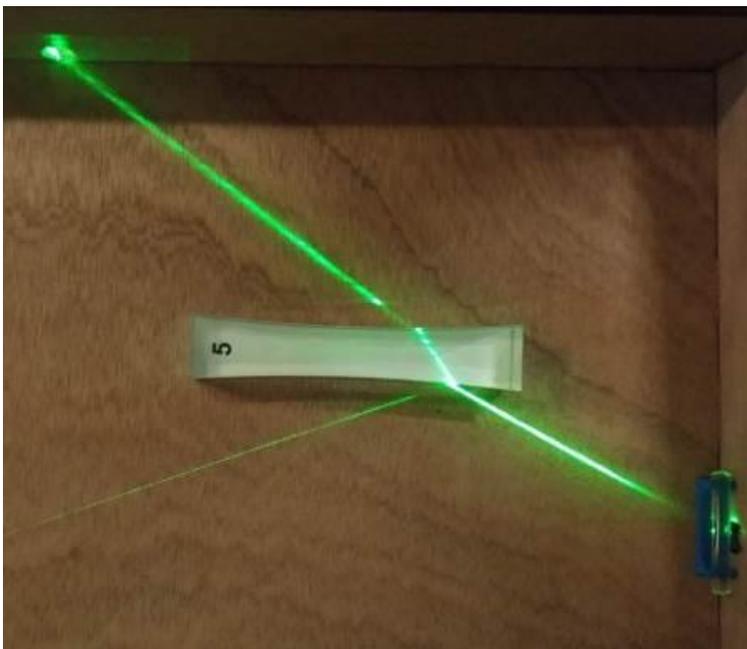
Notez qu'il est également possible avec la lame à face parallèle de montrer le principe de la fibre optique. (8,9,11)



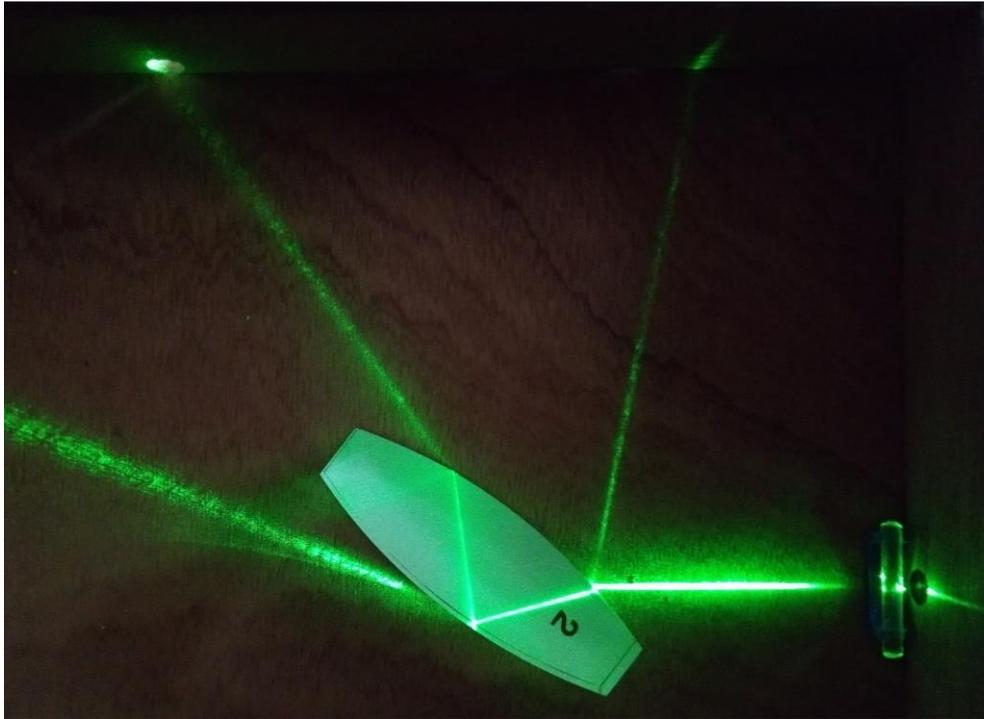
7. Posez une lentille convergente dans la boîte. Le faisceau doit traverser la lentille. Trouvez sa position pour obtenir l'effet recherché.



Idem avec la lentille divergente. (1,2,3,7,9)

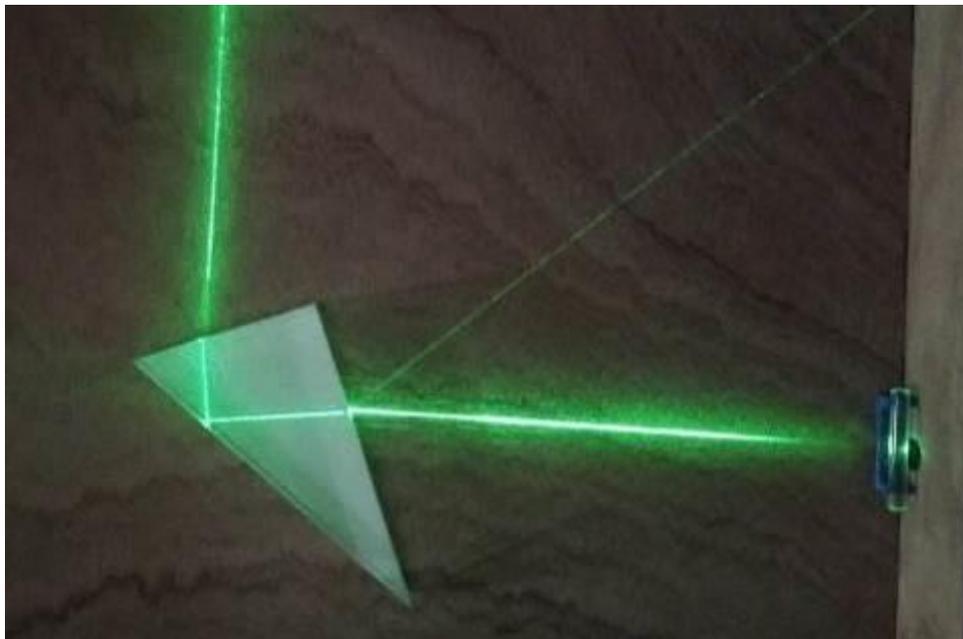


Grâce à des photos avec des angles d'incidence différents on peut observer une réfraction plus ou moins importante. Notez également que certains élèves vont résoudre ce défi en effectuant une réflexion totale dans la lentille.

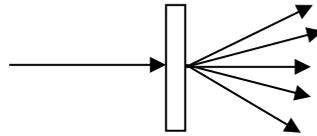


8. Posez le prisme dans la boîte. Trouvez une position du prisme pour laquelle 2 faisceaux sortent chacun par une porte différente. (1,2,3,7,8,9)

C'est l'occasion de découvrir un nouvel élément le prisme et la réflexion totale à l'intérieur de celui-ci.



9. Placez la diapositive (réseau de diffraction) dans l'encoche du plateau, contre la baguette de verre. Ce réseau a pour effet de diviser la lumière du laser en plusieurs faisceaux.

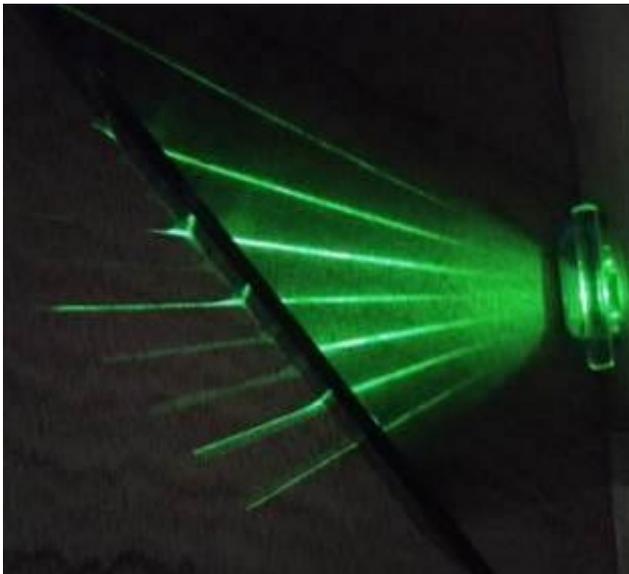


Placez le peigne en bois de façon qu'aucun faisceau lumineux ne soit arrêté par une des dents du peigne. (1,2,3,7,9)

Le réseau de diffraction sert ici à simuler les rayons divergents d'une source ponctuelle. Le fait d'utiliser le peigne sert à faire sentir la divergence : pour un écartement donné entre deux dents du peigne, il faut plus ou moins s'écarter de la source.

Remarques :

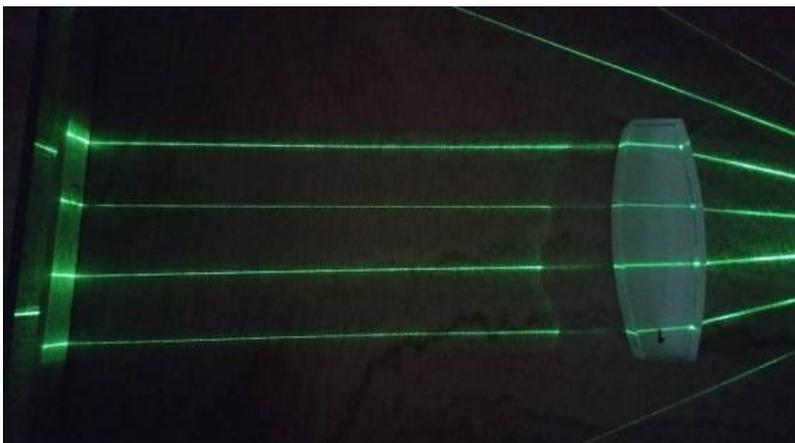
- *Il y a parfois des faisceaux extérieurs qui ne peuvent passer à travers le peigne car celui-ci n'a pas des fentes sur toute la longueur.*
- *Le peigne ne doit pas être forcément perpendiculaire au faisceau central*



10. (toujours) Avec le réseau de diffraction. Disposez un ou plusieurs éléments optiques afin d'obtenir des faisceaux parallèles.

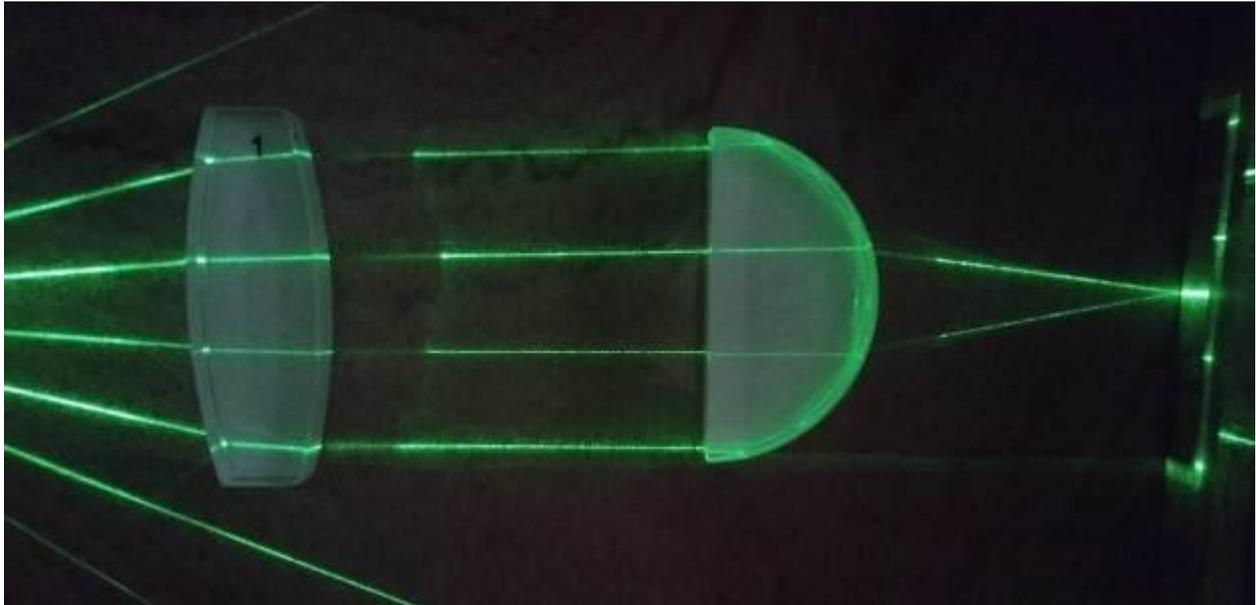
Ce défi permet de comprendre une des applications de la lentille convergente

Remarque : Les élèves ne vont peut-être pas mettre spontanément la bonne lentille convergente, Le fait de tester différentes lentilles leur permettra de se familiariser avec leur effet.



11. En partant de la situation précédente (point 10), disposez un élément optique pour focaliser les rayons sur le fond la boîte. (1,2,3,4,7,9)

Ce défi permet de comprendre la focalisation et la notion de focale (et éventuellement de la mesurer !). Notez qu'il est intéressant d'utiliser plusieurs lentilles et de constater le lien entre la focale et le rayon de courbure des différentes lentilles. La seule lentille pouvant fonctionner ici est la demi-lune étant donné les dimensions de la boîte et la focale des lentilles fournies. Une question supplémentaire pourrait être d'estimer la focale de la lentille 4 par exemple.

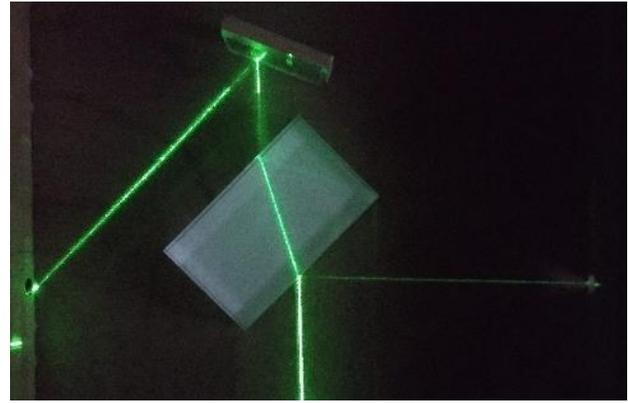
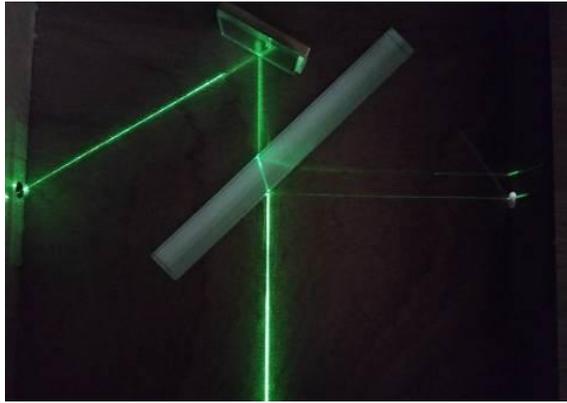


12. Posez la lame à faces parallèles et un autre élément au choix. Trouvez un assemblage pour lequel 2 faisceaux sortent par des portes différentes. (1,2,3,7,9)

Ce défi donne à nouveau des indices sur la lame à face parallèle présente dans la boîte mystère. Remarquez que vous avez deux types de faces à lame parallèle selon les boîtes : une fine et une épaisse

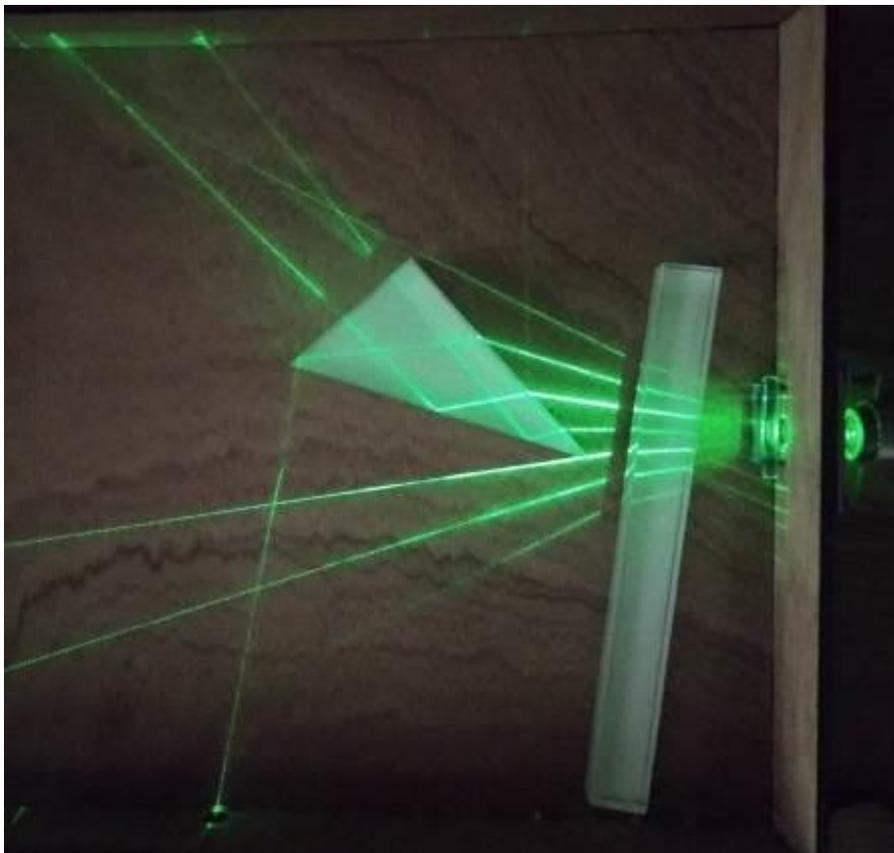
Le faisceau passant à travers la lame face parallèle suit (éventuellement) deux trajets différents : une réfraction et une réflexion partielle.

- Pour la réfraction le faisceau entrant et sortant seront parallèle et la distance dépendra de l'angle d'incidence et surtout de l'épaisseur de la lame. Vous pouvez discuter avec les élèves la différence entre les deux types de lames parallèles présentes dans les boîtes. Si celle-ci est très fine alors le faisceau sortant sera quasi confondu avec le faisceau incident, comme s'il ne traversait aucun élément optique (ce qui est le cas dans la boîte mystère).
- Pour la réflexion, le faisceau réfléchi sera d'autant plus intense que l'angle d'incidence est important (ce qu'on peut aisément constater avec une vitre ou une flaque lors d'une journée bien ensoleillée). Dans la boîte mystère l'angle est de 45° ce qui constitue un angle suffisant pour réfléchir une partie importante du faisceau incident.



13. Utilisez tous les éléments que vous voulez et la diapositive (réseau) pour faire sortir trois faisceaux par la même porte.

Juste pour le fun :)



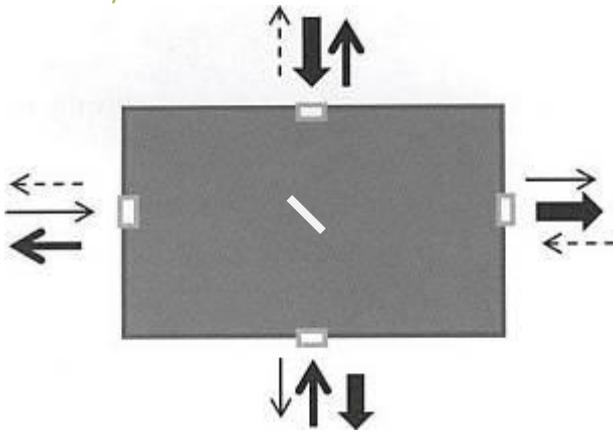
D. Terra incognita :

Réclamez la boîte mystère.
Déterminer ce qu'il y a dedans, sans l'ouvrir bien entendu.

Petit conseil n'hésitez pas à faire des schémas sur un feuille à part :)

Pour le défi final, la « Terra Incognita », nous avons confectionné une boîte mystère qui renverse la question. Elle est fermée par un couvercle, et percée de 4 portes aux centres des 4 faces latérales. Les élèves peuvent diriger un faisceau laser à travers une porte, voir par où il ressort et tenter d'imaginer le dispositif optique se trouvant à l'intérieur.

Il s'agit simplement une lame à face parallèle (fine) disposée à 45° (représentée en blanc sur le schéma) :



Chaque type de flèche correspond à un trajet du faisceau laser.

Bien que la boîte rectangulaire possède une certaine symétrie, ce n'est pas le cas pour les faisceaux quand on rentre par une porte et sa « symétrique ».

Remarques :

- La solution (sans ouvrir la boîte) n'est pas simple à trouver, les élèves peuvent relativement vite abandonner, vous pouvez les inviter à faire un dessin et /ou essayer avec les éléments optiques de la boîte.
- On pourrait imaginer sur le même principe de mettre un autre élément optique !

E. Conclusion :

Cet atelier existe depuis plusieurs années, durant cette période il a été modifié à de nombreuses reprises et le sera probablement encore. En effet, par son caractère modulable, ludique et facile à mettre en œuvre l'enseignant peut l'adapter en fonctions de ses besoins et objectifs, voire le réinventer !

Le fait de prendre une photo à chaque défi offre un réel avantage car il constitue une trace qui vous permet de l'utiliser à plusieurs reprises par la suite.

N'hésitez pas à nous faire part de vos expériences, commentaires ou suggestions.

Merci et bon Amusement !



F. Référentiel

Les items de l'UUA4 « La magie de l'image » abordés dans ce protocole sont les suivants :

1. *Propriétés de la lumière : propagation, ligne droite (Savoirs disciplinaire)*
2. *Faisceau lumineux. (Savoirs disciplinaire)*
3. *Lentille convergente et lentille divergente (Savoirs disciplinaires)*
4. *Déterminer expérimentalement la distance focale d'une lentille convergente(appliquer)*
5. *Loi de la réflexion sur un miroir (Savoirs disciplinaires)*
6. *Schématiser un dispositif optique. (Savoir-faire disciplinaires)*
7. *Réfraction (Savoirs disciplinaires)*
8. *Réflexion totale ((Savoirs disciplinaires))*
9. *Utiliser le matériel d'optique (source de lumière, lentilles, miroir) (Savoir-faire disciplinaires)*
10. *Décrire comment la lumière se réfléchit sur un miroir. (Connaître)*
11. *Décrire le fonctionnement d'une fibre optique.*

