



SÉCURITÉ LASER



ET SI ON PRENAIT
SOIN DE NOS YEUX
?



Depuis quelques années, les **imprimantes 3D** ont envahi l'espace des makers et des entreprises. La même technologie de guidage permet par simple remplacement de la tête d'extrusion par un bloc **LASER** de créer un **graveur** ou une **découpe LASER**. Les entreprises qui utilisent ces technologies sont soumises à des réglementations imposées par le code du travail. Pour les **Makers**, **FabLab** et même les établissements **scolaires**, les règles sont beaucoup plus floues, voire méconnues. Si vous avez choisi d'utiliser cette technologie, je vous propose de lire cet article. Vous ne pourrez plus dire "Je ne savais pas

***Nota** : parce que LASER est un acronyme, j'ai choisi de ne pas le mettre au pluriel... et pis c'est tout !*

Table des matières

LE LASER	4
LE LASER ET SES SPECIFICITES	4
LES POINTEURS LASER.....	8
LES RISQUES LIES AUX LASERS.....	11
SECURITE ET LASER.....	11
L'ŒIL ET LA VISION.....	12
LE RISQUE OCULAIRE	12
LE RISQUE POUR LA PEAU	15
LE RISQUE D'INCENDIE	15
LES MICROPARTICULES ET GAZ DANGEREUX	16
REGLEMENTATION ET NORMES.....	17
PREVENTION / PROTECTION	19
EN RESUME.....	26
CONCLUSION	26
SOURCES.....	26

Publié le 11 septembre 2021



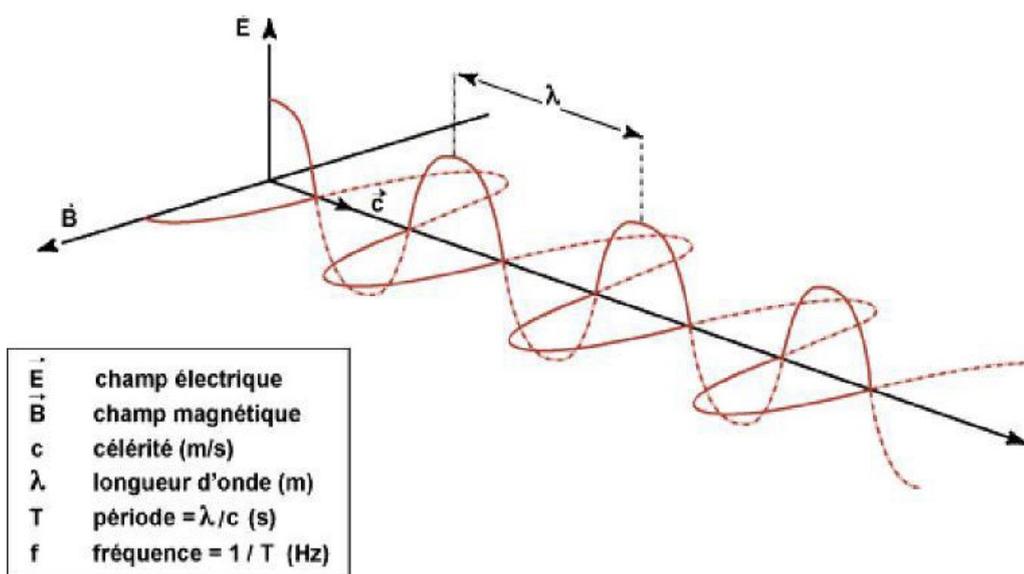
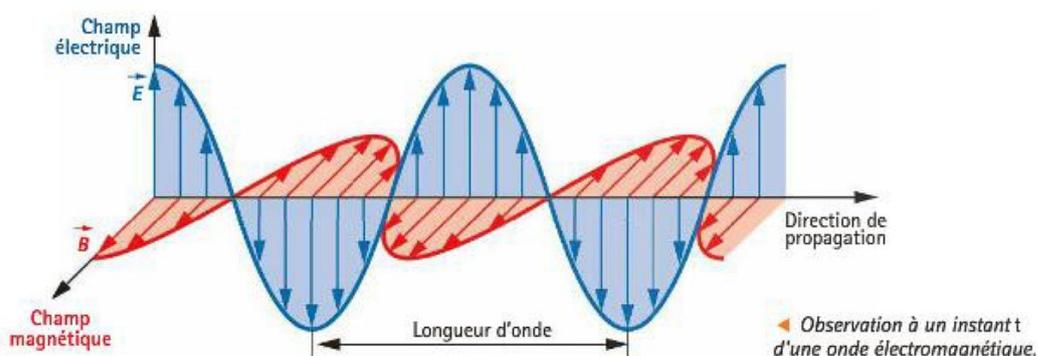
[Licence Creative Commons 2.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/)

Le LASER

Le laser et ses spécificités

Qu'est ce que le LASER

Onde électromagnétique



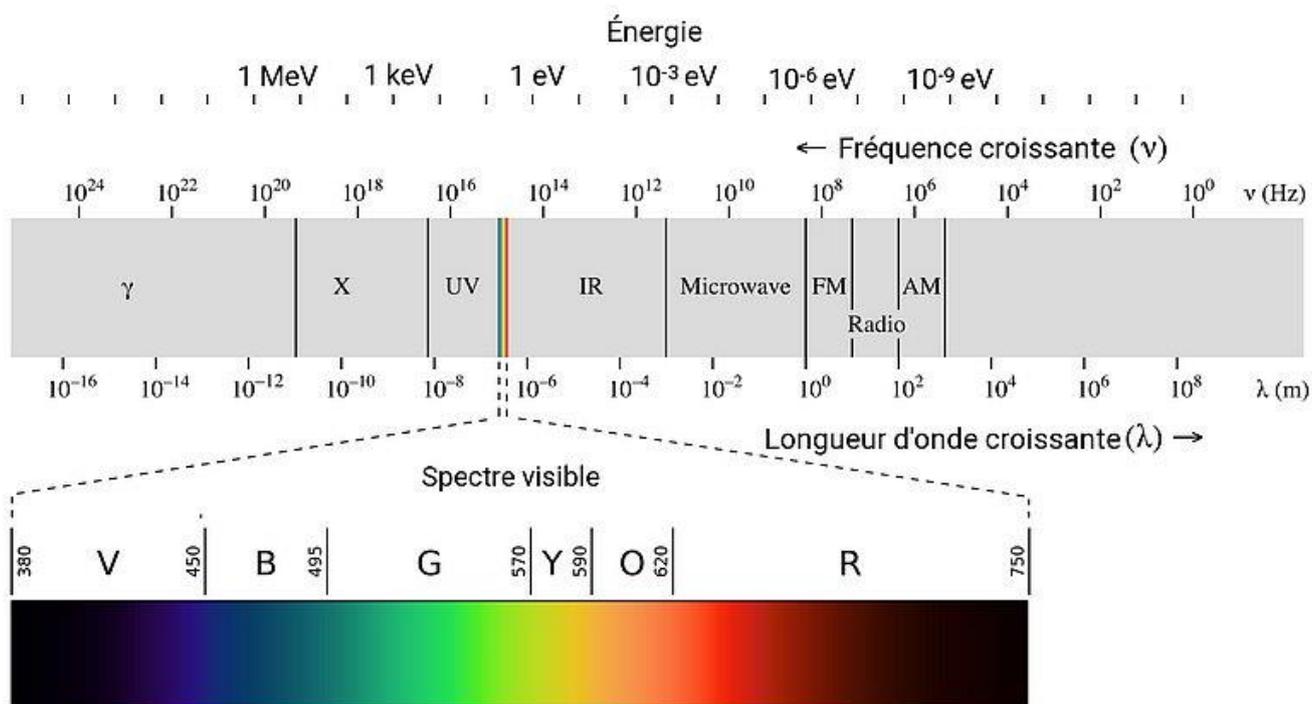
Le LASER (*light amplification by stimulated emission of radiation* ou amplification de la lumière par émission stimulée de radiation) est une onde électromagnétique. **Une onde électromagnétique est onde qui se propage dans un milieu comme le vide, l'air ou l'eau.** Sa vitesse est proche de celle de la lumière ($\sim 300\,000$ kilomètres par seconde). Ces ondes correspondent aux oscillations couplées d'un champ électrique et d'un champ magnétique, dont les amplitudes varient de façon sinusoïdale au cours du temps (image ci-dessus).

Sécurité LASER – Et si on prenait soin de nos yeux ?



Tête LASER ORTUR - Puissance 20 watts - Puissance optique 5,5 watts - Longueur d'onde 450 nm

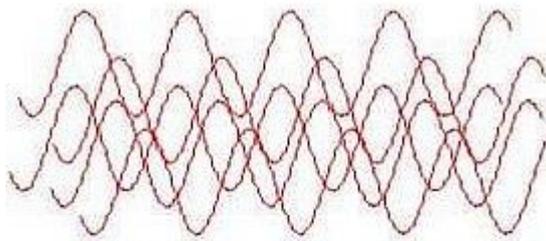
Longueur d'onde



Quelle que soit l'onde considérée, c'est une forme d'énergie qui se déplace. La gamme des ondes couvre de quelques Hertz à des téra Hertz, en passant par les ondes radio comme la FM, les micro-ondes (radar, four, 5G), l'infrarouge, les ondes visibles ne représentent qu'une infime partie du spectre. L'œil humain est uniquement à cette plage de fréquences, alors que [des animaux possèdent la capacité de voir des ondes invisibles pour nous](#) (UV, IR).

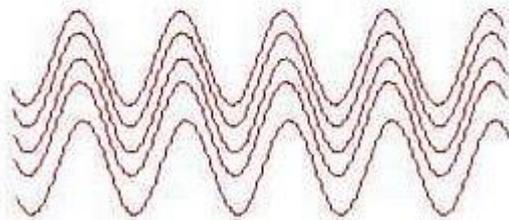
Les premiers LASER émettaient pour des raisons de technologie, dans les gammes infrarouge et rouge car elles transportent moins d'énergie. Avec les évolutions techniques, des LASER verts puis bleus sont apparus et on dispose aujourd'hui de LASER UV.

L'énergie d'un faisceau de lumière



Lumière normale

Une lumière émise par une ampoule ou une LED est incohérente et couvre une grande plage de fréquences. Cela signifie que tous les photons ([donc toutes les ondes](#)) sont émis "aléatoirement. Il n'y a pas d' "organisation" et à un moment donné on peut avoir une quantité d'ondes qui arrivent, certaines annulant les autres. L'énergie qui arrive est donc plutôt faible. De plus cette lumière incohérente a tendance à se diffuser et à se disperser avec la distance.



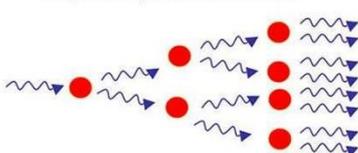
LASER

Dans le cas du Laser, les photons sont cohérents et possèdent tous la même longueur d'onde. Les ondes ne s'annulent plus mais s'additionnent et la puissance reçue par l'objet éclairé est importante. [Cette vidéo](#) vous montre comment est créé un faisceau LASER, par un procédé appelé "pompage optique" qui crée un faisceau monochrome et cohérent. Le faisceau reste étroit sur de grandes distances et l'énergie est concentrée sur une petite surface.

L'émission stimulée « photocopie » les photons



Amplification par l'émission stimulée



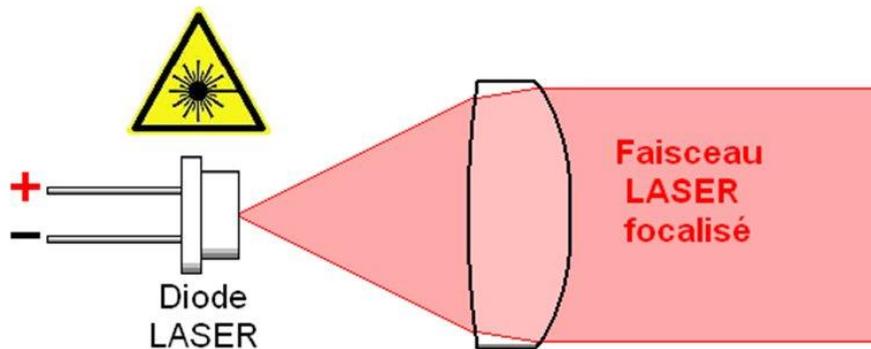
Ici chaque photon va exciter 2 photons, et ainsi de suite pour produire très rapidement un faisceau très puissant.

On a du mal à imaginer comment de la lumière peut transporter de l'énergie. Je vous propose une comparaison sous une forme plus habituelle :



A gauche la lumière normale (les confettis) dont les photons voyagent en ordre dispersé, à droite le LASER (le dictionnaire) avec ses photons tous bien groupés... Les photons sont ici représentés par des morceaux de papier. Vous prenez le même poids de confettis que le poids du dictionnaire. Avancez votre pied... voilà... Jetez les confettis en l'air (à 2m de haut), attendez qu'ils retombent sur votre pied... C'est sympa, non ? c'est joli ...

Maintenant jetez le dictionnaire en l'air (à 2 mètres de haut également). Attendez qu'il retombe sur votre pied... Ça y est, vous avez compris ce que c'était qu'un faisceau de lumière cohérente !



Sur les **LASER** utilisés par les **makers**, le faisceau est émis par une diode. Ceci est valable également pour les machines équipées d'un tube LASER au CO₂. Du fait qu'il est monochromatique et cohérent, le conditionnement du faisceau est très efficace et fournit un rayonnement unidirectionnel qui transporte toute la puissance émise. Une lentille met en forme le faisceau pour qu'il soit focalisé sur la zone à "traiter".

Bien qu'il soit cohérent, le faisceau a tendance à diverger avec la distance. Pour les lasers professionnels, le diamètre de sortie du faisceau vaut 2 à 10mm. La divergence typique est de 0,1 à 2 milli radians. Par exemple, une déviation de 0,2 milli radians équivaut à une augmentation du diamètre du faisceau de 2 cm tous les 100 mètres de propagation de la lumière. A distance, le faisceau s'étale, et l'énergie par mm² est moins élevée (mais reste dangereuse). Pour les makers, la distance est toujours très petite et la divergence très faible. Toute l'énergie du faisceau est présente dans une zone réduite.

Les pointeurs LASER

On peut penser que les pointeurs LASER ne sont pas dangereux, il n'en est rien.



Sécurité LASER – Et si on prenait soin de nos yeux ?

Voici des pointeurs dont je dispose (j'ai plusieurs couleurs en fonction du support de projection). Le seul qui soit sans danger et utilisable en public est celui qui a une puissance inférieure à 1 mW. Certains pointeurs sont utilisés en astronomie, d'autres pour régler des bancs optiques...



Puissance < 1mW

532 nm

Classe II



Puissance comprise entre 3 et 8 mW

(808) (1064) 532 nm

(changement de fréquence par cristaux non linéaires)
ce qui signifie que toutes ces longueurs d'ondes
sont susceptibles d'être présentes dans le faisceau.

Class IIIa

Sécurité LASER – Et si on prenait soin de nos yeux ?



Puissance < 5mW

650 nm

Classe III



Puissance < 50mW

405 nm

Classe III

Nous verrons que ces pointeurs sont capables de provoquer des dégâts importants sur l'œil. Pour ces pointeurs LASER, si la norme est respectée, ils doivent avoir une puissance inférieure à 1 mW. Pour un faisceau de 2 mm de diamètre à quelques mètres, cela équivaut à une puissance de 320 W/m² à quelques mètres.

Les risques liés aux lasers

Les LASER entraînent différents risques en fonction des zones touchées et des utilisations :

- Risques électriques (tensions élevées, fortes puissances, condensateurs chargés)
- Bruit
- Risque chimique
- Risque de brûlure, incendie, explosion
- Risques oculaires.

Les accidents se répartissent de la façon suivante :

Risque Oculaire	70%
Risque cutané, brûlures	10%
Risque électrique	8%
Incendie	4%
Autres	8%

En dehors de ces statistiques, on constate que les victimes sont des jeunes de moins de 20 ans dans 80% des cas, de sexe masculin dans 85% des cas, et qu'ils ont utilisé ou accédé à laser acheté sur un site de vente en ligne, donc sans notion de sécurité.

C'est un laser avec lequel un enfant peut jouer hors de la surveillance des parents... ou en leur présence, quand les parents n'ont pas conscience qu'on peut s'aveugler avec ces lasers. Parfois ce sont les parents qui ont acheté le LASER comme jouet pour l'enfant, par exemple [un LASER pour chat](#).

Sécurité et LASER

Selon la puissance et la longueur d'onde d'émission du laser, celui-ci peut représenter un réel danger pour la vue et provoquer des brûlures irréparables de la rétine. Pour des questions de sécurité, la législation française interdit l'utilisation de lasers de classe supérieure à 2 en dehors d'une liste d'usages spécifiques autorisés.

La nouvelle norme :

- 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'instruments optiques, peut être dangereuse.
- Classe 1C : appareil à laser destiné à être appliqué en contact avec la cible prévue, les protections empêchant la fuite d'un rayonnement. Le laser inclus dans l'appareil peut cependant être de classe supérieure. La cible peut être la peau humaine (exemple : épilateur laser).
- 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'instruments optiques, peut être dangereuse (exemples : loupes et télescopes).

Sécurité LASER – Et si on prenait soin de nos yeux ?

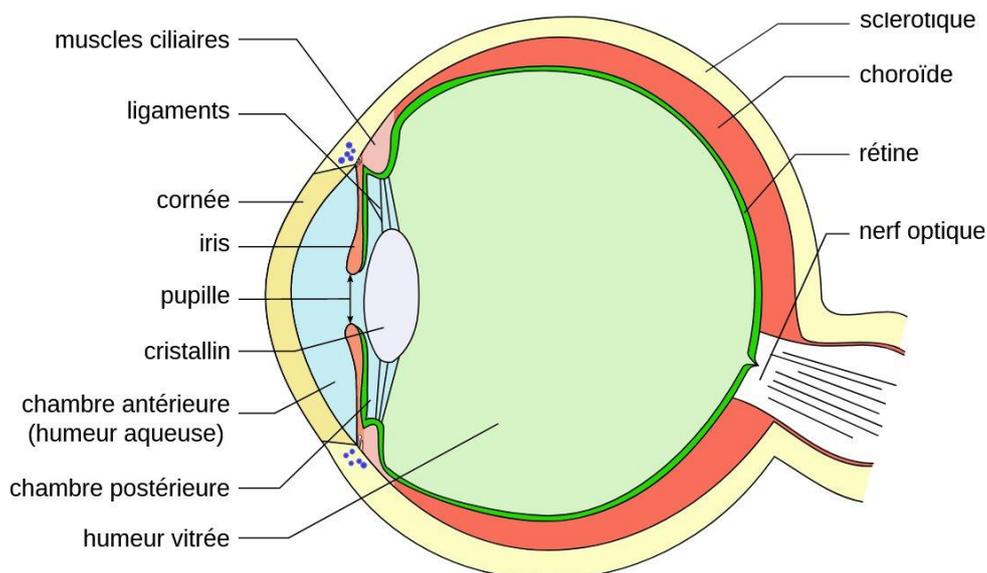
- Classe 3R : lasers dont l'exposition directe dépasse l'EMP (Exposition Maximale Permise) pour l'œil, mais dont le niveau d'émission est limité à cinq fois la LEA (Limite d'Émission Accessible) des classes 1 et 2. L'exposition peut être dangereuse pour une exposition oculaire dans la condition la plus défavorable.
- 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.

Les classes ont été déterminées en fonction des lésions que peut provoquer un laser, elles varient en fonction de la fréquence du laser. Les lasers infrarouge (IR B et IR C) et ultraviolet (UV) provoquent des lésions de la cornée, du cristallin ou des lésions superficielles de la peau, tandis que les lasers visible et proche infrarouge (IR A) peuvent atteindre la rétine et l'hypoderme. (source [Wikipedia](#))

Dans le domaine visible, pour un laser continu, les classes sont :

- Classe 1 : jusqu'à 0,39 mW.
- Classe 2 : de 0,39 mW à 1 mW.
- Classe 3R : de 1 à 5 mW.
- Classe 3B : de 5 à 500 mW.
- Classe 4 : au-delà de 500 mW.

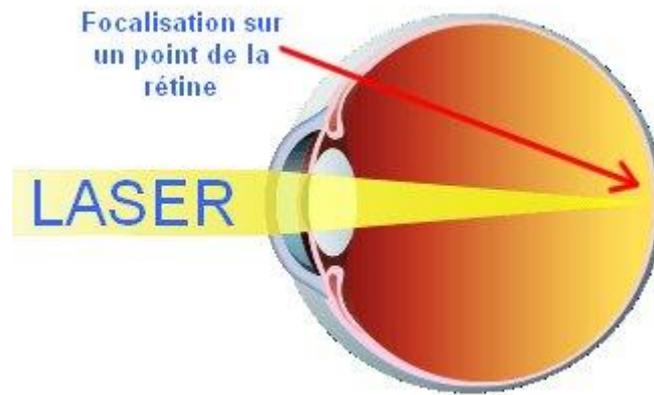
L'œil et la vision



L'œil est un système optique fragile. La lumière arrive par la gauche de l'image, traverse la cornée et le cristallin avant d'être envoyée sur la rétine.

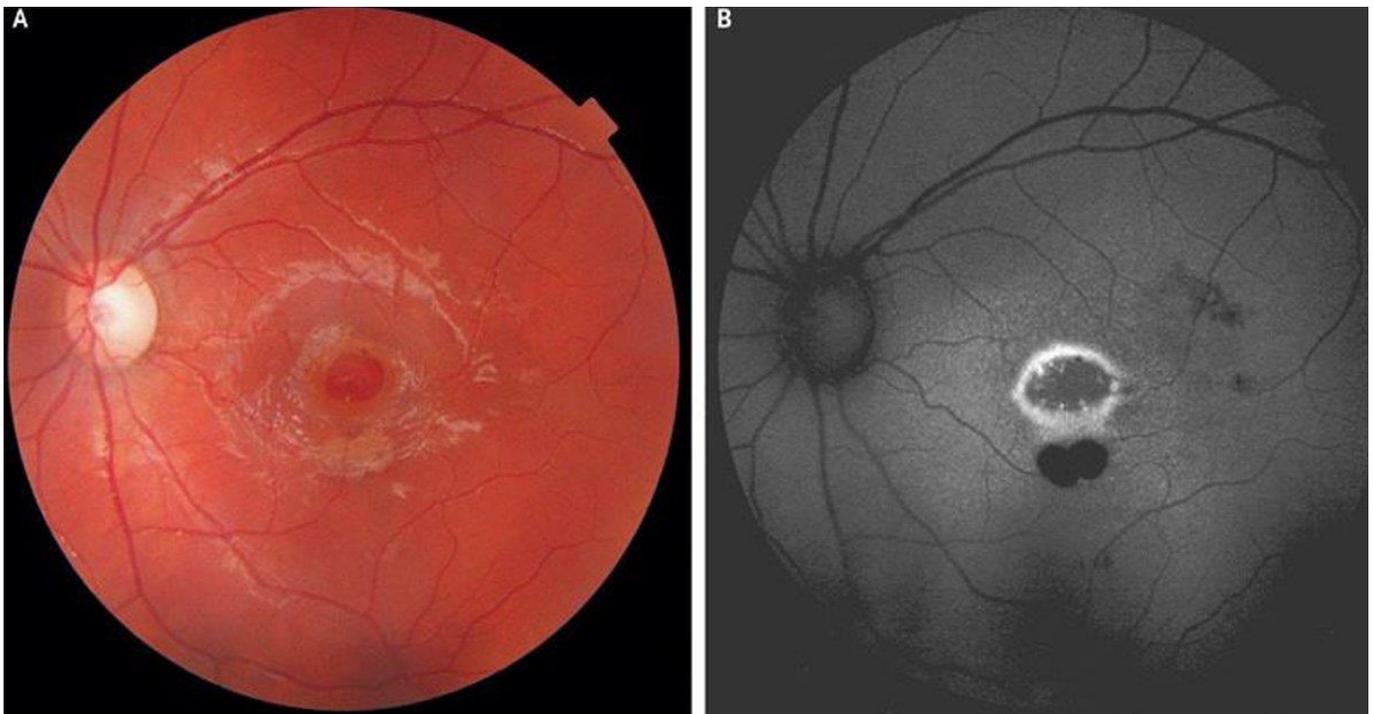
Le risque oculaire

Chacun des éléments de l'œil, en fonction de la longueur d'onde et de la puissance peut être abimé par le faisceau LASER. La cornée et le cristallin peuvent s'opacifier mais c'est la rétine qui est la partie la plus sensible. La lumière du LASER est projetée sur la rétine et concentrée en un point, ce qui entraîne une brûlure irréversible.



Le faisceau LASER est focalisé et concentré en un point de la rétine. Le [réflexe palpébral](#) qui fait se fermer la paupière peut dans une certaine mesure protéger l'œil, selon la couleur du faisceau LASER et sa puissance. Si le premier symptôme est généralement un éblouissement, dans les mois qui suivent la détérioration de la rétine se traduit par la présence de tâches dans le champ de vision. Ces tâches sont irréversibles car la rétine est détruite. De plus le liquide présent à l'intérieur de l'œil peut passer sous la rétine blessée et la soulever, provoquant un décollement de cette rétine.

La cornée et le cristallin peuvent également être abîmés de façon irréversible par le LASER (blessures, cicatrices, opacification...).



Sécurité LASER – Et si on prenait soin de nos yeux ?



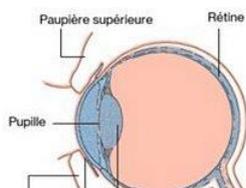
Lésions au laser: Photos couleur

Lésions au laser: Angiographie

On voit sur les images ci-dessus les dégâts provoqués sur la rétine par un faisceau LASER. La rétine est complètement détruite localement et très dégradée à la périphérie de l'impact.

Les risques dus au rayonnement laser

L'exposition à un rayonnement laser peut avoir des conséquences allant d'une simple fatigue visuelle (larmoiements, vision altérée, picotements et rougeurs oculaires...) et d'un effet d'éblouissement largement supérieur à celui provoqué par le soleil pouvant être à l'origine de troubles de l'attention et de la concentration favorisant la survenue d'accidents du travail jusqu'à la perte définitive de l'acuité visuelle.



La cornée et le cristallin agissent comme des loupes pour projeter la lumière perçue sur la rétine. Lorsqu'un faisceau laser transportant une lumière extrêmement puissante, traverse l'œil, toute cette lumière va se retrouver concentrée sur une tâche de petit diamètre, au niveau de la rétine. La rétine est donc la partie sensible de la vision. Cette

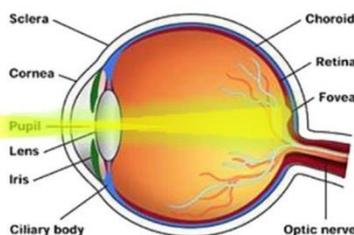
Cela se traduit par la présence de tâches dans le champ de vision comme ci-dessus.

Sécurité LASER – Et si on prenait soin de nos yeux ?

A titre de comparaison :

SOLEIL

Diamètre apparent 0,5°
1000 W/m² au sol

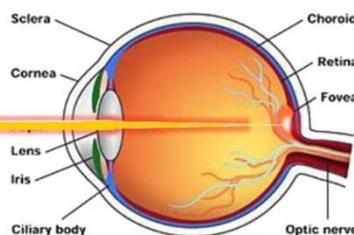


SUR LA RETINE

Taille de l'image ~ 200 µm
Densité d'énergie **10W/cm²**

LASER 1 mW

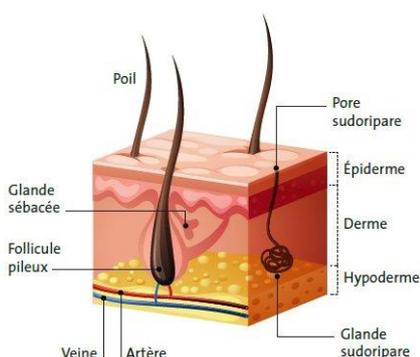
Diamètre 4 mm à l'entrée de l'œil
Faisceau parallèle



Taille de l'image ~ 10 µm
Densité d'énergie **1200W/cm²**

Si le fait de regarder le soleil directement est déjà dangereux car la tache de lumière détériore la rétine, le LASER du fait de son faisceau parallèle est concentré sur une surface bien plus petite, ce qui augmente [la densité d'énergie](#). Par exemple un LASER de 1 mW génère une densité énergétique de 1200W/cm² soit 120 fois plus que le soleil ! Imaginez ce que peut provoquer un LASER de plusieurs watts ou dizaines de watts, même avec une simple réflexion du faisceau...

Le risque pour la peau



Les effets du LASER sont essentiellement thermiques et photochimiques en fonction de la surface atteinte, la région du corps, la vascularisation de la zone et la pigmentation de la peau.

En cas d'exposition de la peau au faisceau LASER, les conséquences peuvent être bénignes (simple rougeur locale (érythème), ou plus graves (ampoule, cloque). La brûlure est ressentie au niveau de la peau en raison de l'échauffement provoqué par le LASER. Les LASER UV ajoutent un risque de cancer de la peau aux dégâts immédiats.

Le risque d'incendie

Un faisceau LASER de classe 3B ou 4 présente un risque d'incendie. Pour les lasers de classe 4, ce risque persiste même en cas de réflexions diffuses !

Il faut prendre ce risque en compte lorsque vous aménagez un atelier dans lequel vous utiliserez un LASER. On peut imaginer l'installation d'un détecteur d'incendie et/ou de flamme, et prévoir des matériaux ayant une bonne tenue au feu. Le graveur LASER ORTUR que j'utilise dispose d'un détecteur de flamme qui coupe la machine en cas de détection.

Sécurité LASER – Et si on prenait soin de nos yeux ?

Il faut aussi prévoir des moyens de lutte contre l'incendie avec au minimum un extincteur à proximité de la machine et la présence obligatoire d'un opérateur pendant le fonctionnement.

Les microparticules et gaz dangereux

Lorsque le LASER grave ou découpe des matériaux, ceux-ci dégagent des poussières et des gaz nocifs comme [l'urée-formaldéhyde](#). En fonction des matières utilisées, des gaz cancérigènes ou très agressifs pour l'homme et les animaux sont émis. [Voyez ce tableau](#) pour en savoir plus. Il faut aussi tenir compte des odeurs émises lors de la découpe.

l'homme et les animaux sont émis. [Voyez ce tableau](#) pour en savoir plus. Il faut aussi tenir compte des odeurs émises lors de la découpe.

Matériau	Désignation	DANGER !	Cause
MDF	Panneau de fibres à densité moyenne (medium-density fibreboard)	Produit des émanations cancérigènes	La résine employée dans le MDF est composée à hauteur de ~10% de colle urée-formaldéhyde (urea-formaldehyde resin glue). En 2004, l'International Agency for Research on Cancer (IARC), a passé le MDF de "probablement cancérigène" à "cancérigène reconnu" associé au cancer du sinus, du nasopharynx, et éventuellement de la leucémie.
PVC	Polychlorure de Vynil	Emet un gaz chloré	Les émanations endommagent gravement les optiques de la machine, engendre une corrosion accrue de la machine et ruine les axes de celle-ci. En outre vos poumons peuvent être gravement atteint, sans ventilation cela peut même être fatal.
	Cuir synthétique	Emet un gaz chloré	Les émanations endommagent gravement les optiques de la machine, engendre une corrosion accrue de la machine et ruine les axes de celle-ci. En outre vos poumons peuvent être gravement atteint, sans ventilation cela peut même être fatal.
GFRP	Fibre de verre (glass-fiber reinforced plastic)	Emet des dégagements nocifs	C'est un matériau composé de deux matériaux non découpable, le verre (gravage uniquement avec poussière nocive) et la résine époxy (dégagement de fumées).
CF	Fibre de carbone (carbon fibers)	Emet des dégagements nocifs	Ce matériau seul - sans résine - peut être découpé avec un certain effilochage de la fibre et dégagement de particules particulièrement nocives. Une fois recouvert de résine époxy la découpe n'est plus possible.
PTFE	Polytétrafluoroéthylène (Teflon)	Emet des dégagements nocifs	Lorsque le PTFE est chauffé au-delà de 450°C, la pyrolyse peut causer des dégâts aux poumons (sensation de contraction thoracique), mais surtout un état assimilé à de la fièvre. Celle-ci apparait en règle générale 4 à 8 heures après exposition à la pyrolyse du PTFE.
PSE	Polystyrène expansé	Prend feu	Il prend feu sous la forme expansée, seules les plaques de faible épaisseur sont découpables. Ce matériau est la première cause de départ de feu dans les machines laser !!! En plus, il est légèrement toxique.
PPE	Polypropylène expansé	Prend feu	Tout comme le PSE, il prend feu sous la forme expansée.
PE-HD	Polyéthylène Haute Densité (bouteilles de lait)	Fond et prend feu	Il fond, tout simplement à éviter.
PC	Polycarbonate (Lexan)	Ep.>1mm se découpe très mal, prend feu	Les vitres de protection des machines Laser sont souvent réalisées en PC, car ce dernier absorbe particulièrement bien l'infrarouge (spectre Laser CO2). Fréquence à laquelle le laser découpe les matériaux, il est donc particulièrement inefficace dans le découpage du polycarbonate.
ABS	Acrylonitrile Butadiène Styrene	Fond	L'ABS ne se coupe pas très bien dans une découpeuse laser. En effet, ce dernier aura plutôt tendance à fondre plutôt qu'à se vaporiser, ce qui fait qu'il aura tendance à prendre feu tout en laissant un dépôt de matière fondue au passage du faisceau.

Matériaux à prohiber (selon

https://edutechwiki.unige.ch/fr/Mat%C3%A9riaux_pour_la_d%C3%A9coupe_et_la_gravure_laser)

De plus les matières émises polluent la machine, les courroies, et peuvent se déposer sur la lentille du LASER. Ce dépôt a plusieurs conséquences, il diminue la luminosité du faisceau et provoque des diffractions qui vont "étalement" le faisceau. La zone d'action du LASER s'étale d'où une moindre précision, moins de puissance... En cas de salissure [il faut procéder à un nettoyage](#) de la lentille mais cela nécessite des précautions car c'est du matériel optique.



La présence ou le montage d'un "air-assist" comme celui-ci (trouvé sur [Thingiverse](https://www.thingiverse.com)) permet d'injecter de l'air sous pression au niveau de l'impact du faisceau laser sur l'objet à graver/découper. Les poussières sont chassées et ne peuvent plus se déposer sur la lentille. Attention cependant, un air assisté en PLA ou en matière plastique peut être source d'incendie, à proximité du point chaud créé par le LASER.

Règlementation et normes

Rappel des classes de LASER

Classe	
1	Lasers sans danger, dans toutes les conditions d'utilisation raisonnablement prévisibles
1M	Semblable à classe 1, à condition de ne pas utiliser d'instrument optique d'observation
2	Lasers sans danger émettant dans le visible, la protection de l'œil étant assurée par le réflexe palpébral
2M	Semblable à classe 2, à condition de ne pas utiliser d'instrument optique d'observation
3R	La vision directe dans le faisceau peut être dangereuse, ainsi que la vision prolongée
3B	La vision directe est TOUJOURS dangereuse, les réflexions diffuses ne le sont pas
4	L'exposition aux rayonnements directs est toujours dangereuse. Les rayonnements diffus peuvent l'être. Peuvent provoquer un incendie

Ce résumé des classes LASER vous permettra de vous repérer rapidement.

Les textes législatifs et réglementaires

- Les employeurs sont soumis au [décret 2010-750](#) relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements optiques artificiels (laser et rayonnements incohérents) et par [le code du Travail](#).
- Pour les fabricants ce sont les [décrets 2010-663](#) et [2012-1303](#) qui fixent les obligations.
- Pour les citoyens [l'article 68 de la 2011-267](#) fixe les règles :
Article 68

Le fait d'acheter, de détenir ou d'utiliser un appareil à laser non destiné à un usage spécifique autorisé d'une classe supérieure à 2 est puni de six mois d'emprisonnement et de 7 500 € d'amende. Est puni des mêmes peines le fait de fabriquer, importer, mettre à disposition à titre gratuit ou onéreux, détenir en vue de la vente ou de la distribution gratuite, mettre en vente, vendre ou distribuer à titre gratuit ces mêmes matériels. La liste des usages spécifiques autorisés pour les appareils à laser sortant d'une classe supérieure à 2 est fixée par décret.

- La norme NF EN 60825-1 (2014) définit de façon détaillée la classification, les limites d'émission permises et limites d'exposition accessible, le calcul des distances de sécurité.

J'avoue que c'est un peu le bazar tous ces textes qui se renvoient les uns aux autres et quand on dit que "[Nul n'est censé ignorer la loi](#)", j'aimerais bien interroger un député ou un ministre sur ce sujet :-). Oui, je sais, c'est pas gentil.

En tout cas le décret Décret n°2007-665 du 2 mai 2007 relatif à la sécurité des appareils à laser sortant indique ceci dans son Article 2 :

Au sens du présent décret, on entend par :

- *laser sortant : tout dispositif qui peut produire ou amplifier un rayonnement laser dont le faisceau est accessible ;*
- *rayonnement laser : tout rayonnement électromagnétique compris dans la gamme de longueurs d'onde entre 180 nm et 1 mm, produit par le phénomène d'émission stimulée contrôlée ;*
- *appareil à laser : tout appareil ou toute combinaison de composants qui constitue, incorpore ou est destiné à incorporer au moins un laser sortant ou un système à laser.*

Les usages spécifiques autorisés pour les appareils à laser sortant d'une classe supérieure à 2 sont les usages professionnels suivants :

.../...

5° Scientifique :

- a) Toute utilisation ou application scientifique destinée à améliorer les connaissances ;*
- b) Toute utilisation destinée à déclencher un processus nécessaire à une expérimentation scientifique ou à mesurer une donnée physique ou biologique ;*
- c) Toute utilisation scientifique pour l'enseignement, notamment dans le cadre de travaux pratiques ;*

Si un juriste peut nous éclairer ce serait bien. Pour ma part je ne suis pas spécialiste dans ce domaine et je ne peux qu'en faire une interprétation.

L'astronomie (dont j'ai parlé à propos des pointeurs LASER) est la science de l'observation des astres, pour moi elle entre dans le domaine "Scientifique" du décret. De même concernant la notion "d'usage professionnel" l'article 4 bis du Décret indique "*Les usages spécifiques autorisés pour les appareils à laser sortant d'une classe supérieure à 2 sont les usages professionnels suivants*" ce qui donne la destination des appareils mais ne précise pas que l'utilisation est réservée à ces seuls usages.

Sécurité LASER – Et si on prenait soin de nos yeux ?

On peut estimer que si l'appareil de classe supérieure à 2 est destiné à un usage listé par le Décret et comprend les mentions d'avertissement et d'information, sa vente ou sa location peut être effectuée à toute personne, qu'elle soit professionnelle ou non. ([Source](#))

Pour terminer sur ce chapitre, les appareils laser doivent être conformes à la législation française si vous souhaitez les détenir et les utiliser en France. Attention donc de vérifier que les LASER que vous trouvez sur des sites en ligne étrangers sont conformes à la législation.

En France, la loi prévoit des sanctions jusque 7500 Euros d'amende et 6 mois de prison en cas de détention et d'usage d'un laser de Classe supérieure à 2 qui serait non conforme à la législation française ou serait utilisé dans un cadre non autorisé par le décret N°2012-1303.

Prévention / Protection

Quand on voit des découpes LASER "de bureau" utilisées sans précaution particulière, on ne peut qu'être inquiet pour la santé de ceux qui les utilisent sans précaution particulière... Alors que les entreprises sont soumises à des règles très strictes, le particulier dans son atelier ou dans son bureau est livré à lui-même. On peut voir cela comme un espace de liberté, mais il faut être conscient des risques générés par ce genre de matériel. Voici quelques précautions qui vous aideront à utiliser ces matériels en prenant le moins de risques possibles.

Lunettes



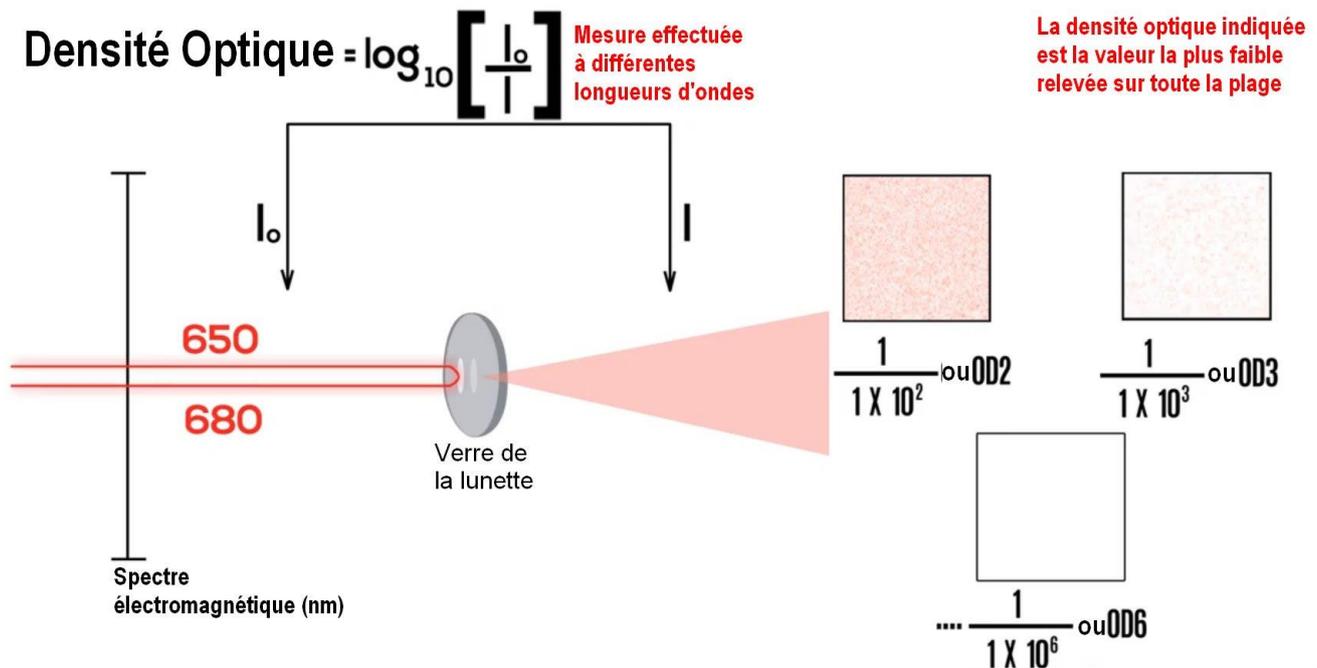
Il arrive que des lunettes de protection soient livrées avec les LASER de bureau. c'était le cas avec une des machines que j'ai reçue (ci-dessus). Les lunettes ne comportent aucune certification, aucune indication de longueur d'onde filtrée... On les trouve à 5€ (ou moins) sur les sites asiatiques de vente en ligne... Pas rassurant tout ça. Je vous déconseille ces modèles qui ne vous donnent aucune assurance sur la protection offerte.



Pour ma part j'ai choisi [ce modèle](#) que recommandait [Heliox dans une de ses vidéos](#). Ici on a la gravure des longueurs d'onde filtrées et un marquage CE. Les longueurs d'onde filtrées annoncées sont 190 à 540 nm et 800 à 1700 nm. La norme annoncée est EP-1 (je n'ai pas trouvé plus d'infos) et le marquage OD5 . Ici on est plutôt dans les 50€ mais à mon avis ça vaut mieux qu'une brûlure de la rétine.



Dans le monde professionnel, les entreprises ne prennent aucun risque et par exemple pour le LASER bleu on trouve [ces lunettes chez RS-Composants](#). Ici on est 100% à la norme, les longueurs d'onde sont précisées : 190 à 400 nm et 615 à 720 nm. Ces lunettes peuvent se porter au dessus de lunettes de correction et sont conformes à la norme de protection LASER EN207/208. Par contre ici le prix avoisine les 300€.



Plus la valeur OD est élevée, plus la lumière incidente est atténuée, ce qui offre une meilleure protection

La densité optique indique la valeur de l'absorption de la lumière qui arrive sur les lunettes, dans une plage de longueurs d'onde. La progression est logarithmique, OD5 ou OD6 est une bonne valeur. C'est ce marquage (utilisé aux États-Unis) qui était utilisé avant la norme Européenne [EN207](#). Pour faciliter leur accès (*nan, je déconne*), ces normes ne sont pas en libre téléchargement mais sont en vente sur la boutique AFNOR.

- [EN207](#) : 243€ H.T.
- [EN208](#) : 212 € H.T.

Heureusement si ça vous intéresse, on trouve [des infos sur Wikipedia](#).

Verres de protection

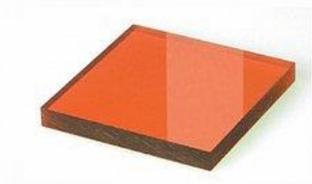
Les lunettes sont un EPI (Équipement de Protection Individuel). Elles ne protègent les yeux que de la personne qui les porte. Pour un appareil à LASER, il peut être intéressant de prévoir une vitre qui isole le LASER de son environnement comme dans un caisson par exemple. La vitre permet de surveiller les opérations mais évite que l'opérateur ne soit blessé par de la lumière réfléchie.

Sécurité LASER – Et si on prenait soin de nos yeux ?



Sur cette découpe LASER par exemple, le couvercle comporte une vitre qui permet d'observer ce qui se passe dans la machine, tout en bloquant la longueur d'onde du LASER, l'empêchant d'atteindre l'extérieur. Quand le couvercle est ouvert, la machine s'arrête pour que l'opérateur soit en sécurité.

Les verres utilisés sont des verres multicouches traités qui bloquent certaines longueurs d'ondes et laissent passer les autres. Leur efficacité est remarquable. C'est ce qui est utilisé par exemple pour les filtres U.V. en photographie. La méthode de fabrication entraîne un coût élevé qui les réserve à une utilisation professionnelle. Lisez cette [page Wikipedia sur les filtres dichroïques](#) pour en savoir plus.



Vitre de protection laser pour laser Excimer, UV, Nd:YAG (266nm+355nm+532nm), KTP / Fenêtres Laser



Vitres de protection laser Nd:YAG (1064nm), Diodes, Fibres / Fenêtres Laser pour laser 1064nm



Vitres Laser pour Laser Alexandrite, Ti:Sa, Diodes, Nd/YAG, Fibre, Erbium / Fenêtres Laser / Vitres de protection lase

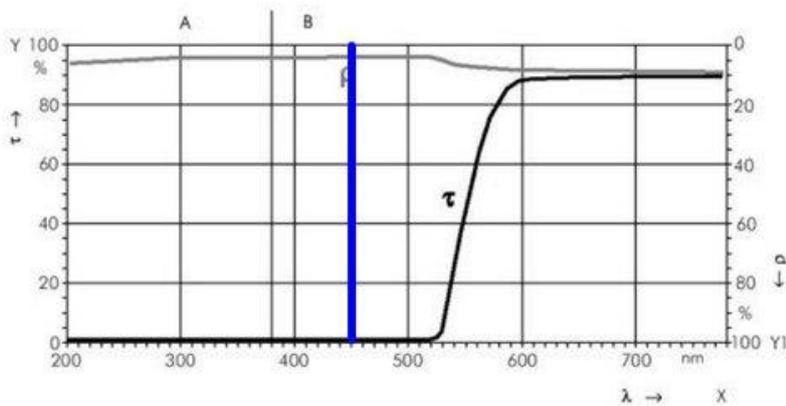


Vitres Laser pour Laser CO2 / Fenêtres Laser CO2 / Vitres de protection laser UV

On trouve également des [filtres de protection LASER](#) sous forme de panneau et de rouleau à découper.

Plexiglas de protection

Eclairage: Courbes spectrales PLEXIGLAS® GS Orange 478/ New 2C04, 3 mm (transparent)



La solution "du pauvre" (pauvres makers que nous sommes) peut consister en une plaque de plexiglas orange de qualité 2C04. Le bleu du LASER (450 nm) est filtré par le plexiglas et le faisceau ne devrait pas traverser. Une méthode simple pour savoir si un écran bloque le faisceau LASER consiste à envoyer faisceau bien focalisé sur le plexiglas. Si celui-ci commence à fondre et finit percé, c'est qu'il absorbe la longueur d'onde (et ne la laisse pas passer à travers). Le panneau de plexiglas devrait protéger tant qu'il est pas percé. Ceci ne devrait pas arriver puisque sur cette partie de la machine le faisceau ne devrait jamais être focalisé. (Vu dans ce [forum](#)). Donc si le plexiglas ne souffre pas, c'est que le faisceau LASER passe librement au travers... et qu'il y a danger pour l'opérateur !

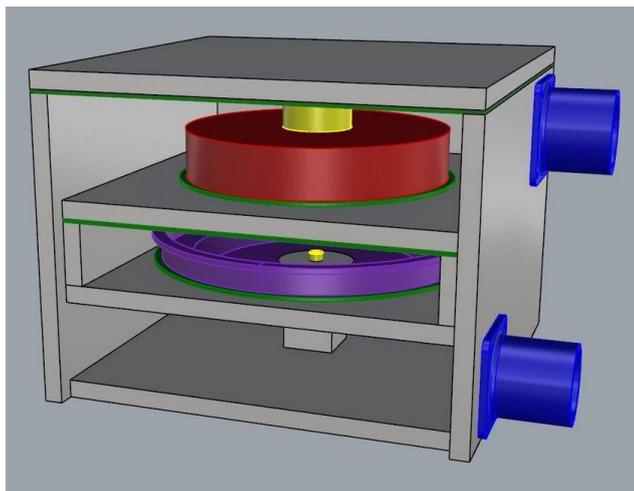
Je vous donne cette solution avec toutes les réserves, peut-être qu'un professionnel pourra nous éclairer à ce sujet.

Aspiration

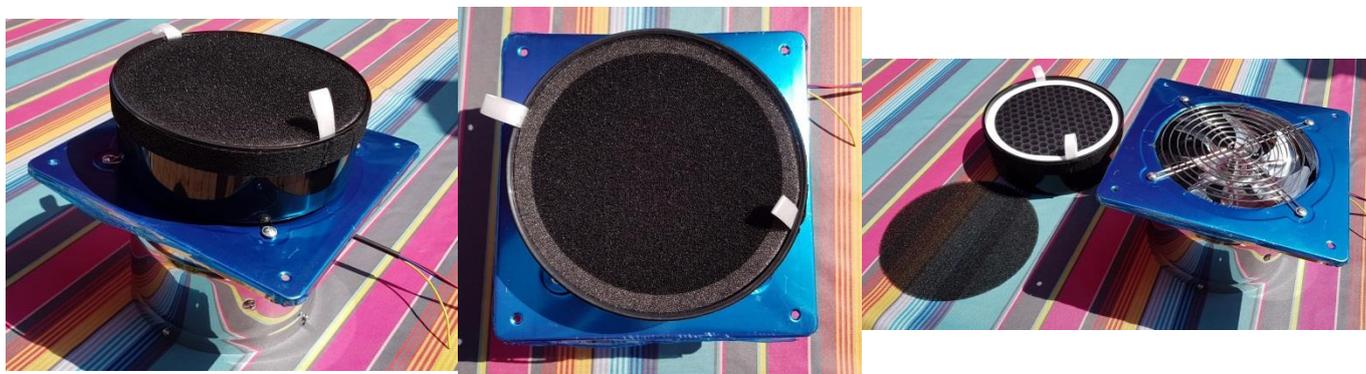
Dans un système utilisant un LASER pour graver ou découper, le processus est provoqué par l'énergie concentrée sur un très petit point. Cette concentration d'énergie provoque

- **De la vaporisation** : en portant à très haute température, le LASER provoque une vaporisation des matériaux (bois, plastique...)
- **De la fusion** : certains matériaux subissent une fusion au point d'attaque du LASER
- **De la combustion** : l'élévation de température provoque une combustion locale des matériaux exposés au faisceau LASER..

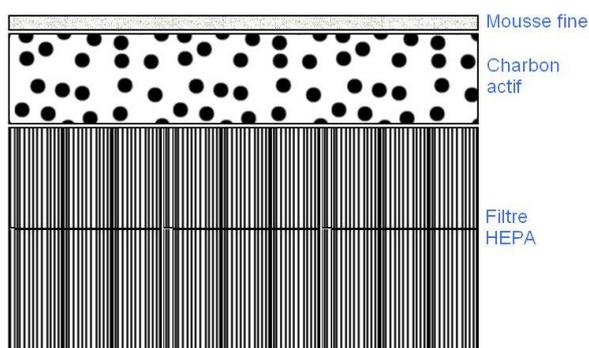
Dans les trois cas, des vapeurs sont émises. Elles contiennent des gaz toxiques et dangereux se répandent dans l'air ambiant, se refroidissent et se transforment en poudre très fine (diamètre < 1µm. Cela nécessite de prévoir des moyens de filtration adaptés.



Des filtres adaptés ont été développés par des makers, comme celui de [TheBreizMaker](#). (ci-dessus). Thierry a opté pour des matériels disponibles pour bloquer les particules fines : filtres HEPA ([High Efficiency Particulate Air](#)) et de filtres chimiques pour neutraliser les odeurs : [Charbon actif](#). Après quelque recherches Thierry a trouvé les sources DIY: Le domaine des aspirateurs ou aspirations centralisées pour les filtre HEPA, et les hottes de cuisines pour les filtres à charbon actif.



Pour ma part j'ai opté pour un filtre combiné Charbon + HEPA dans lequel un ventilateur d'extraction fait circuler l'air.



Je l'ai trouvé [sur AliExpress à 18€](#) les deux pièces.

Incendie



Source : [Le Courrier Picard](#)

Le risque d'incendie existe puisque le point d'attaque du LASER est très chaud et provoque une élévation de température importante. Ici les règles sont classiques pour du matériel électrique.

- Présence d'un opérateur pendant tout le temps de fonctionnement de la machine
- Dispositif de coupure rapide du courant (coup de poing de sécurité)
- Installation d'un détecteur d'incendie (obligatoire dans une habitation)
- Installation d'un détecteur de flamme (existe sur ORTUR LASER MASTER 2 PRO)
- Présence d'un extincteur à proximité

Souvenez-vous de ce vieil adage : ***pour stopper un incendie, il faut un verre d'eau la première seconde, un seau la première minute et ... une tonne d'eau au-delà de 10 minutes.*** D'où la présence permanente d'une personne et la disponibilité d'un système de coupure du courant électrique. Une fois le courant coupé, tout moyen pour éteindre le feu peut être mis en œuvre sans risque électrique pour la personne.

- Ne positionnez pas l'extincteur tout contre la machine, en cas de départ de feu vous pourriez avoir du mal à l'attraper.
- Apprenez à utiliser l'extincteur. Ce n'est pas au moment de l'utiliser qu'il faut vous mettre à lire la notice...
- Vous pouvez aussi prévoir une couverture qui pourra être mise sur un départ de feu pour étouffer la flamme par manque d'oxygène (vérifiez que la couverture n'est pas facilement combustible ou prévoyez une [couverture anti-feu](#) à moins de 15€).

En résumé

- Protéger les yeux de l'opérateur et des personnes proches du LASER
 - Lunettes
 - vitrage de protection
 - Éviter ou bloquer les réflexions du faisceau (caisson)
- Préserver la qualité de l'air
 - Travailler dans une pièce bien aérée
 - Prévoir un filtrage efficace pour un air recyclé ou rejeté à l'extérieur
 - Placer l'appareil dans un caisson muni d'une aspiration
- Prévenir le risque d'incendie
 - Ne faire fonctionner le LASER qu'avec une présence humaine
 - Installer détecteur d'incendie et de flamme
 - Prévoir extincteur et couverture anti-feu

Conclusion

J'espère que cette approche sécuritaire du LASER vous permettra d'évaluer à leur juste hauteur les risques que vous courez en utilisant ces technologies. Pas question ici de vous dire "N'utilisez pas le LASER", mais avec ces informations vous pourrez utiliser un pointeur LASER ou mettre en œuvre les technologies de gravure et de découpe LASER en prenant toutes les précautions voulues pour vous protéger, vous et vos proches.

Un grand merci à Mathieu pour les informations précieuses qu'il m'a fournies et la clarté de ses explications.

Sources

- Conférence de Mathieu Peyréga
- Risques liés au LASER :
<https://www.dgdr.cnrs.fr/sst/CNPS/guides/doc/lasers/Guide%20Risque%20lies%20aux%20lasers%20v11-2019.pdf>
- <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/appareils-a-laser-festifs>
- <https://www.profelasers.com/laser-blesse-les-yeux-du-garcon-australien-nouvelle.html>
- <https://www.troteclaser.com/fr/machines-laser/systemes-extraction-laser-atmos/>
- <https://www.eurolaser.com/fr/service-apres-vente/faq/nettoyage-de-la-lentille-focale>
- <https://www.loisirsplaisirs.com/blog/ou-acheter-un-pointeur-laser/>
- <https://www.armd-france.org/pointeurs-laser/>
- <https://www.lasersafety.com/wp-content/uploads/2017/08/LaserSafetyGuide.pdf>

Depuis quelques années, les **imprimantes 3D** ont envahi l'espace des makers et des entreprises. Les entreprises qui utilisent ces technologies sont soumises à des réglementations imposées par le code du travail. Pour les Makers, FabLab et les établissements scolaires, les règles sont beaucoup plus floues, voire méconnues. Si vous avez choisi d'utiliser cette technologie, je vous propose de lire cet ebook. Vous ne pourrez plus dire "Je ne savais pas..."

