



# SUPPORT DE FORMATION

## DÉCOUPE LASER



PARIS PANTHÉON-ASSAS UNIVERSITÉ



Innovation Lab

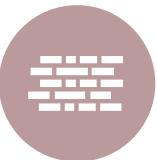


**La formation est obligatoire. L'utilisation se fait également nécessairement sous la supervision d'un étudiant encadrant.  
Tous les contacts se trouvent à l'entrée de l'I-Lab.**

Document de formation réalisé par Rémi GRIOT et Marion CRAGNOLINI - Mis à jour le 26 avril 2023



# SOMMAIRE



## 1. GÉNÉRALITÉS



Généralités p. 2

## 2. PRINCIPES



Définition du laser p. 3  
Génération du laser p. 4  
Focale p. 5  
Process p. 6  
La découpe et le marquage  
La gravure

## 3. MATERIAUX



Les matériaux autorisés p. 7  
Les matériaux interdits p. 8

## 4. MACHINE



Généralités et dimensions p. 9  
Trait de coupe (kerf) et réglage p. 10  
du couple vitesse - puissance

## 5. WORKFLOW



Workflow p. 11

## 6. CONCEPTION ET FABRICATION



Image vectorielle et matricielle p. 12  
Le logiciel CorelDraw p. 13  
Utilisation de la machine p. 14

## 7. MAINTENANCE



Miroirs, lentilles et intérieur p. 15

## 8. SÉCURITÉ



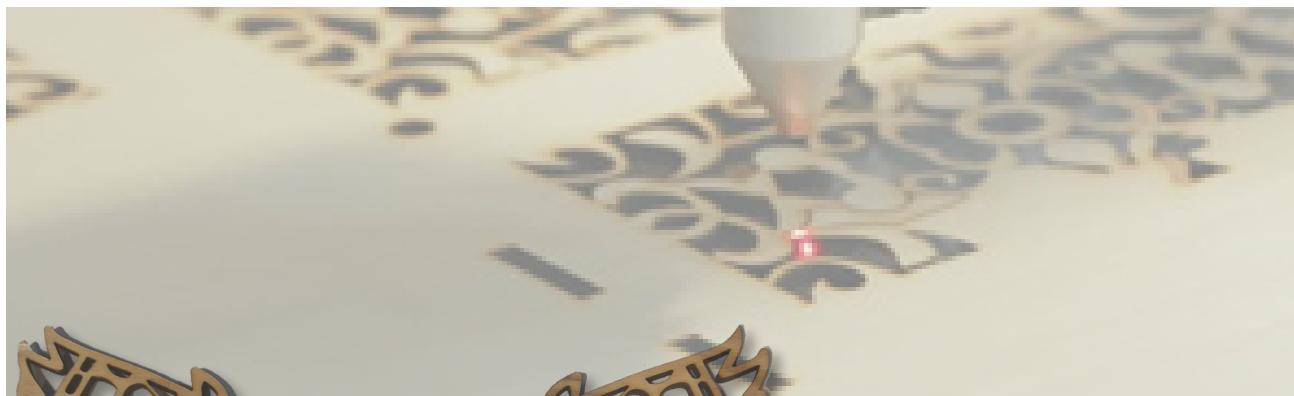
Principes de sécurité p. 16



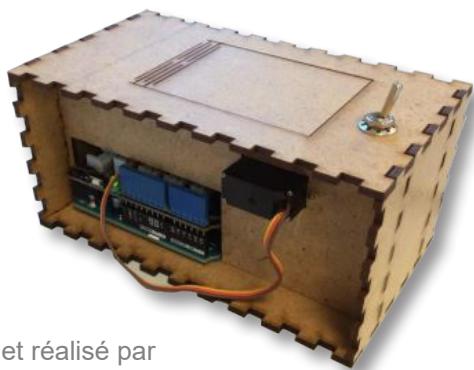
## GÉNÉRALITÉS

La découpeuse laser est une **machine à commande numérique** permettant de **découper des matériaux sur un plan**. C'est une machine très présente dans les **FabLab** du fait de sa rapidité d'exécution, de sa précision et de sa relative facilité de prise en main.

Les **points négatifs** sont : le rejet des fumées issues de la **sublimation des matériaux** qu'elle traite, son **prix** et son **degrés de dangerosité**. Elle est donc à manipuler avec beaucoup de précautions.



Projet réalisé par  
Oscar DELAUNEY



Projet réalisé par  
Rémi GRIOT



Projet réalisé par  
Victoria GUEZ



## PRINCIPE ET DÉFINITION DU LASER

Dans une machine laser, la découpe est réalisée en **sublimant la matière** (passage de l'état solide à l'état gazeux). Le principe est donc **d'envoyer suffisamment d'énergie vers le matériau pour atteindre la sublimation.**

$$e = P \times t$$

Où :

e = Energie

P= Puissance du laser

t= Temps, proportionnelle à l'inverse de la vitesse de déplacement du laser

**L'opérateur à la main sur la vitesse et sur la puissance du laser.**

L'énergie à envoyer n'est pas la même selon le **type de matériau et son épaisseur**. Il faut beaucoup d'énergie pour un matériau épais et/ou épais, moins pour un matériau tendre et/ou fin.

---

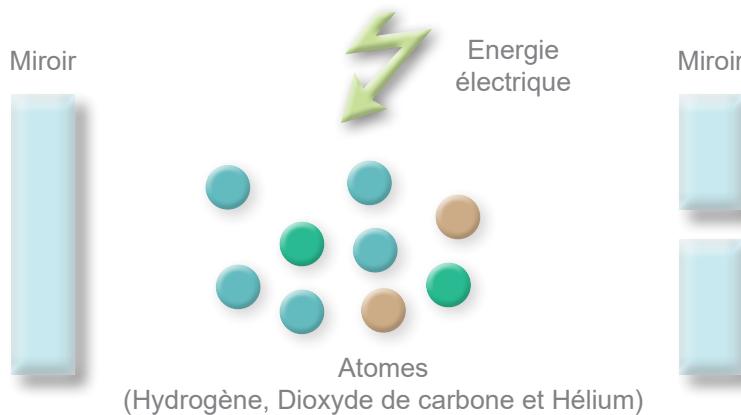
>> *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.*

Le laser est **une forme de lumière très ordonnée**, les photons allant dans la même direction et avec la même longueur d'onde (infra rouge dans notre cas), permettant de "concentrer" l'énergie en un rayon.

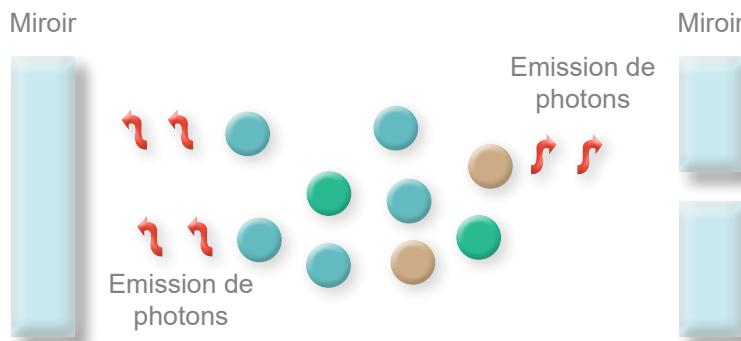


## GÉNÉRATION DU LASER

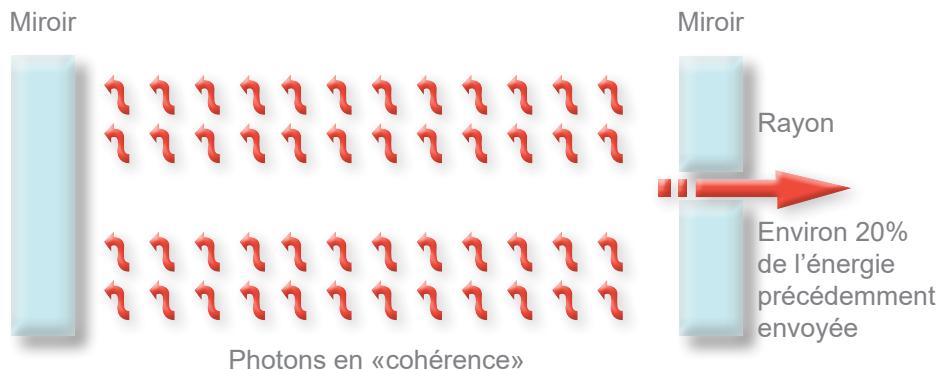
**Le laser est généré dans un tube.** Celui-ci contient du gaz composé essentiellement d'atomes d'hydrogène, de dioxyde de carbone et d'hélium.



**Ces atomes, soumis à un champ électrique, vont émettre des photons** dont la quantité va croître de façon exponentielle grâce aux miroirs placés aux deux extrémités du tube (light amplification).



**Ces photons auront la particularité d'être en cohérence.** Puis, après un certain temps, ces photons seront **libérés sous la forme de rayon** à une extrémité du tube.

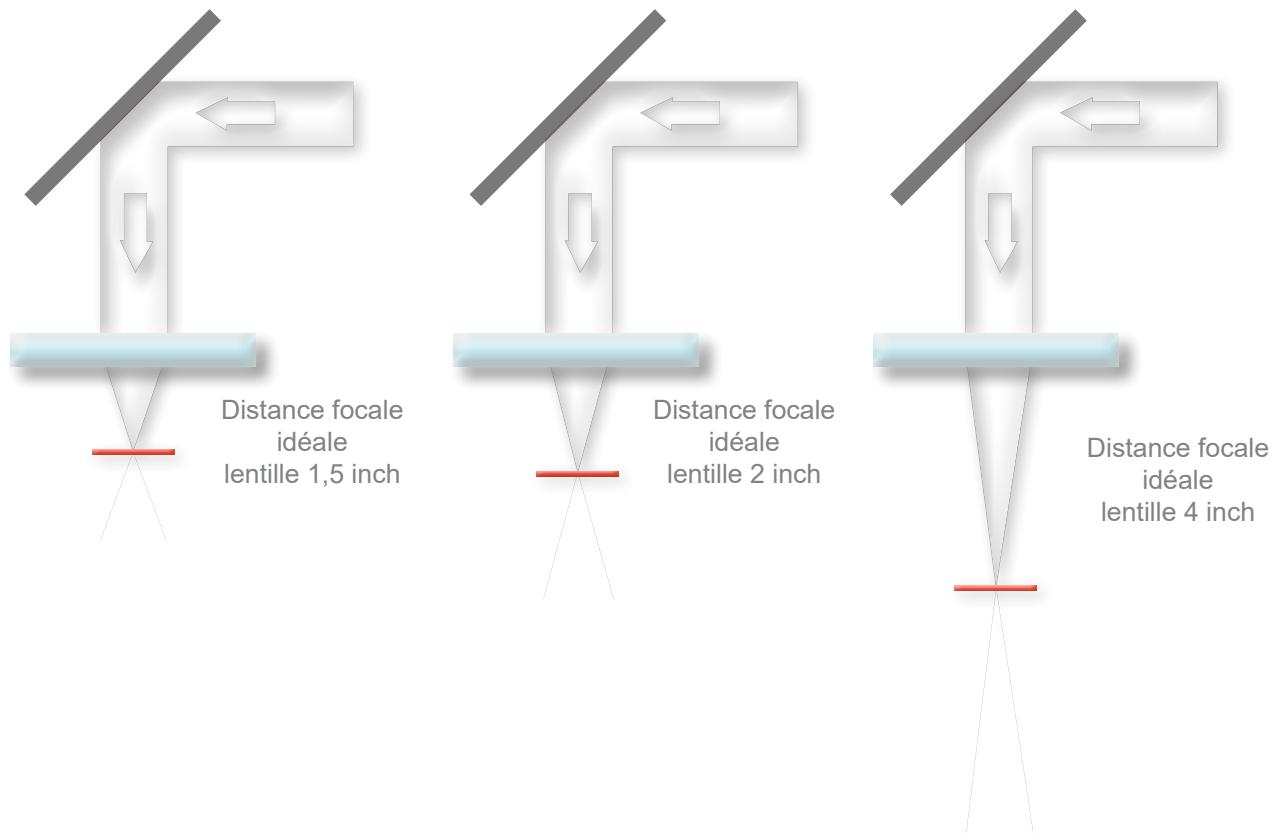




## FOCALE

Le rayon généré par le tube va être amené jusqu'au matériau par un **jeu de miroirs** et **focalisé par une lentille**. La **focalisation** permet de concentrer la puissance du rayon, augmentant ainsi la puissance surfacique nécessaire à la découpe.

Plus la focale de la lentille est petite, plus le rayon est concentré, plus la puissance par unité de surface est grande. Cependant une focale petite nécessitera une mise au point plus précise. Avant toute utilisation de la machine, il y a donc une **étape de mise au point (focalisation)** qui consiste à régler la distance entre le matériau et la lentille (sur l'axe Z).



**Veillez à ce que le matériau soit plan.** En effet, si celui est incurvé, le matériau présentera des endroits qui ne seront pas à la bonne distance focale.

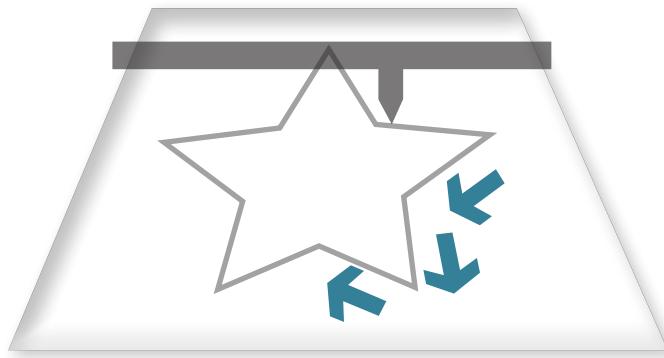


# PROCESS : DÉCOUPE, MARQUAGE ET GRAVURE

Il existe deux catégories de process, on parle de découpe ou de marquage si le laser suit un chemin. On parle de gravure quand le laser balaye une surface.

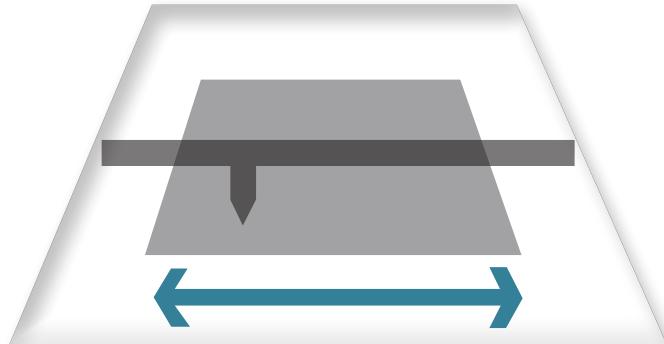
## La découpe et le marquage

La tête du laser suit un chemin de découpe, engendrant des déplacements simultanés en X et Y. Un trait de coupe (kerf en anglais) a une épaisseur d'environ 0,1 mm. La découpe est traversante, le marquage ne l'est pas.



## La gravure

La tête du laser balaye une surface. Les déplacements se font en X, puis en Y.





## LES MATÉRIAUX AUTORISÉS

La liste ci-dessous est une **liste non exhaustive des matériaux compatibles** avec un laser CO2. En cas de doute sur l'utilisation d'un matériau, demander au FabManager.

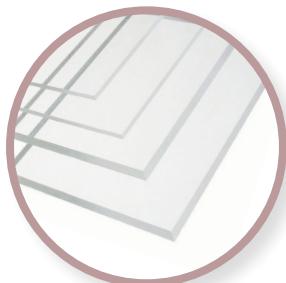
Déjà utilisé à l'Innovation Lab :



### Bois :

- contreplaqué < 10 mm d'épaisseur
- MDF (bois aggloméré) < 10 mm d'épaisseur

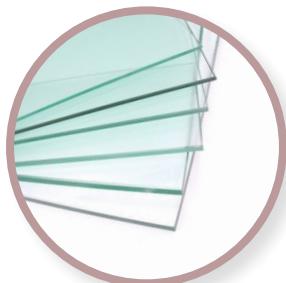
Gravure, marquage et découpe



### PMMA (plastique acrylique) :

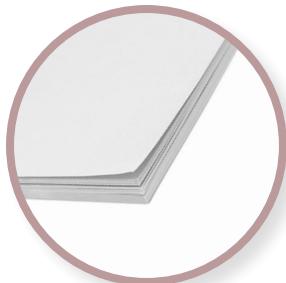
- < 10 mm d'épaisseur

Gravure, marquage et découpe



### Verre :

Gravure et marquage uniquement



### Papier :

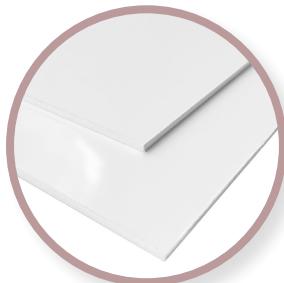
Gravure, marquage et découpe



## LES MATERIAUX INTERDITS

La liste ci-dessous est une **liste non exhaustive des matériaux incompatibles** avec un laser CO2. En cas de doute sur l'utilisation d'un matériau, demander au FabManager.

Noter qu'il est interdit de couper tous matériaux réfléchissants type miroir.



### PVC :

La découpe ou gravure sur du PVC est interdite car elle libère du gaz extrêmement nocif pour l'opérateur et pour la machine.

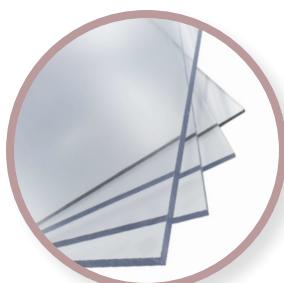


### Carton :

Ce matériau n'est pas proscrit mais les risques de départ de feu sont importants.



### Fibres de carbone



### Polycarbonate et polystyrène expansé :

Attention, ils ressemblent beaucoup au PMMA (plastique acrylique).



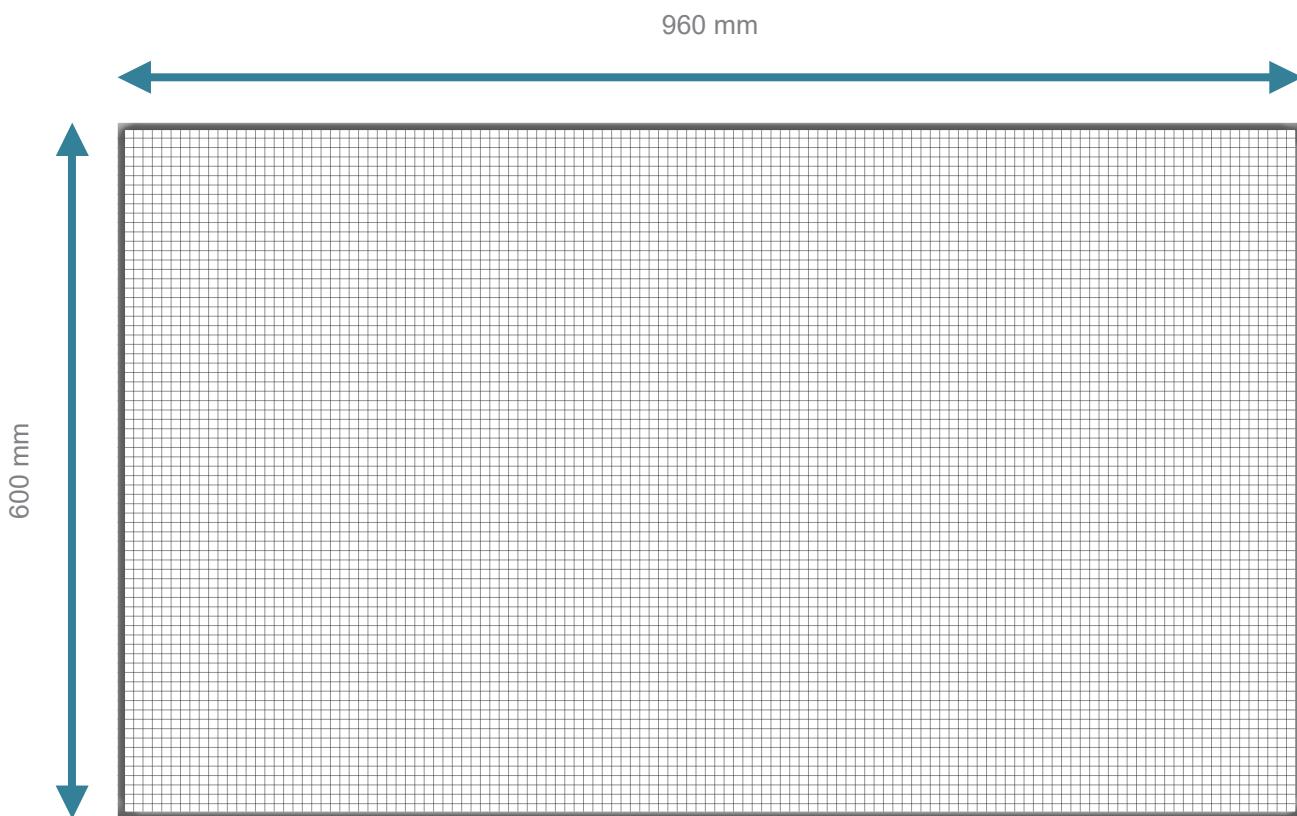
## GÉNÉRALITÉS ET DIMENSIONS

Le Fablab est équipé du modèle «GLS» du constructeur Taiwanais «GCC». Il est équipé d'un laser pulsé de 40W de type CO2.



### Les dimensions

Le plateau de la machine fait 960 mm \* 600 mm. Il existe un mode traversant permettant de travailler sur des pièces excédant la taille du plateau.

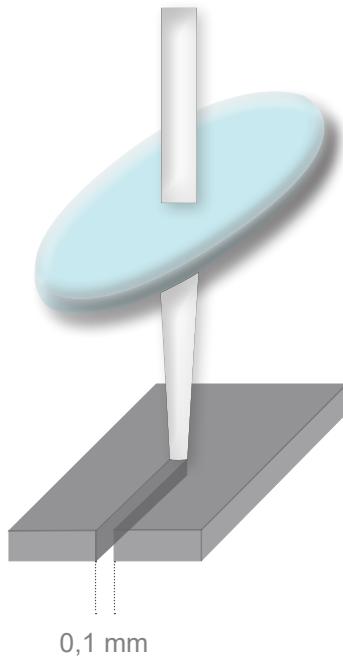




# TRAIT DE COUPE ET RÉGLAGES DU COUPLE VITESSE - PUISSANCE

## Le trait de coupe (kerf)

On considère, par première approximation, que le **trait de coupe est de 0.1 mm**. Ceci dit, il va varier selon la précision de la mise au point, du type de matériaux, de la puissance du laser...



## Le réglage du coupe vitesse - puissance

L'utilisateur sélectionne le **type de matériau** sur lequel il travaille dans les paramètres d'impression. Ces paramètres ont été **préalablement testés et enregistrés**.

La puissance est exprimée en **pourcentage** de la puissance totale du tube et la vitesse en % de la vitesse maximum de la machine.

Par exemple, pour découper une **grande épaisseur de matière**, il faudra avoir **le maximum d'énergie**. Les réglages sont donc une vitesse basse (on maximise alors le temps) et le maximum de puissance.



# WORKFLOW

**La machine se pilote via le PC du Fablab.** L'utilisateur importe ou saisie son design depuis le logiciel CorelDRAW puis lance le « job » en imprimant, **la machine étant vu comme une imprimante USB**.

Le driver d'impression **convertie alors le dessin sous forme de Gcode** en termes de déplacement et de puissance de laser.

Voir la page concernant les logiciels si l'utilisateur veut s'orienter vers des logiciels tiers.

## 1. CONCEPTION



- Avec le logiciel CorelDraw
  - Eléments vectoriels
  - Eléments matriciels



- Avec un autre logiciel de conception 2D capable d'exporter en .dxf ou .pdf



- En faisant une mise en plan à partir d'un logiciel de modélisation 3D

## 2. PARAMÉTRAGE



Le driver de la machine est le logiciel CorelDraw

- > Paramétrage des matériaux
- > Réglage des couleurs
- > Réglage de l'épaisseur des traits



## 3. FABRICATION



Conversion du fichier en GCode depuis CorelDraw et fabrication avec la découpeuse laser

## 4. ASSEMBLAGE



- Assemblage des différents éléments du prototype découpés à la découpeuse laser





## IMAGE VECTORIELLE ET MATRICIELLE

### L'image vectorielle

Une **image vectorielle** est une **image numérique composée d'objets géométriques individuels, des primitives géométriques** (segments de droite, arcs de cercle, courbes de Bézier, polygones, etc.), définis chacun par différents attributs (forme, position, couleur, remplissage, visibilité, etc.)

Les plans permettant de réaliser des lignes de coupes ou de marquages sont au format vectoriel.

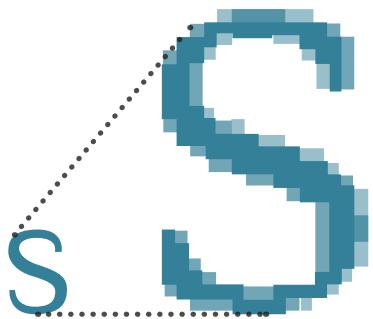
**Logiciels conseillés :** Inkscape, Adobe Illustrator

### L'image matricielle

Contrairement à l'image vectorielle, **l'image matricielle est formée de pixels**. Les formats matriciels (.jpg, .bmp) seront pris en charge par la machine sous forme de gravure.

Il est vivement conseillé d'utiliser des **images matricielles en niveau de gris** et non pas en couleurs afin d'éviter les surprises lors de la gravure de celle-ci.

Agrandissement d'une image matricielle



Agrandissement d'une image vectorielle





## LE LOGICIEL CORELDRAW

**La machine de l'Innovation Lab se pilote via CorelDRAW.** L'extension est **.cdr**. Cette machine ne reconnaît que 16 couleurs et tous les niveaux de gris.

Dans un même projet Corel Draw, le concepteur peut **mélanger éléments vectoriels et éléments matriciels**, et comme dit plus haut, ils ne seront pas interprétés par la machine de la même façon.

Voici comment fonctionne le **driver de la machine** :

- Les éléments en **ligne très fine et rouge** seront interprétés comme de la **découpe**.
- Les éléments en **ligne très fine des 14 couleurs définies plus bas** seront traités comme du **marquage**
- **Tout le reste sera gravé**

#	R	V	B	Energie
1. (Noir)	0	0	0	Gravure (max)
2. (Rouge)	255	0	0	Découpe (max)
3.	0	255	0	Marquage (max)
4.	255	255	0	
5.	0	0	255	
6.	255	0	255	
7.	0	255	255	
8.	255	128	128	
9.	128	255	128	
10.	255	255	128	
11.	128	128	255	
12.	255	128	255	
13.	128	255	255	
14.	128	128	128	
15.	0	128	128	
16.	128	128	0	Marquage (min)

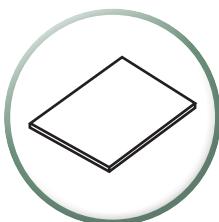


## UTILISATION DE LA MACHINE



### Allumage de la découpeuse laser

- Allumer la machine avec le bouton sur le côté droit.
- Attendre que la buse se déplace et revienne à sa place initiale (en butée en haut à gauche).



### Positionner le matériau à traiter dans la découpeuse laser

- Positionner le matériau en butée en haut à gauche.
- Vérifier que le matériau soit bien plan.



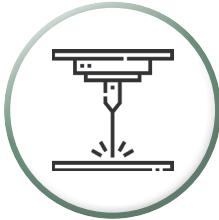
### Procéder à l'auto-focus de la machine

- Appuyer sur F4 pour déverrouiller la machine et positionner la buse au-dessus du matériau.
- Accrocher le repère de l'auto-focus à la buse.
- Appuyer sur auto-focus et laisser la machine procéder à l'ajustement.



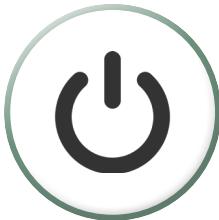
### Allumer l'extracteur de fumée

- Allumer l'extracteur de fumée situé à droite du poste de travail.



### Lancer la découpe

- Lorsque le projet apparaît sur la découpeuse laser, lancer la découpe.



### Récupérer la découpe et éteindre la machine

- Attendre 30 secondes avant d'ouvrir la vitre de la machine, éteindre l'extracteur de fumée et récupérer la découpe.



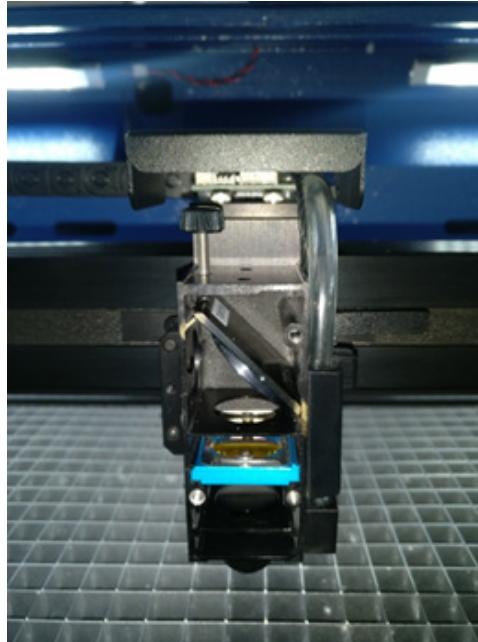
# MIROIRS, LENTILLES ET INTÉRIEUR

## Les miroirs et les lentilles

Les miroirs et lentilles doivent être **nettoyés quotidiennement** afin de ne laisser aucun résidu à leurs surfaces.

En effet, ces **résidus**, issus du travail de la machine, en plus de diminuer le rendement des miroirs et de la lentille, **peuvent, à terme, les endommager**.

Ci-dessous un gros plan d'un miroir et de la lentille :



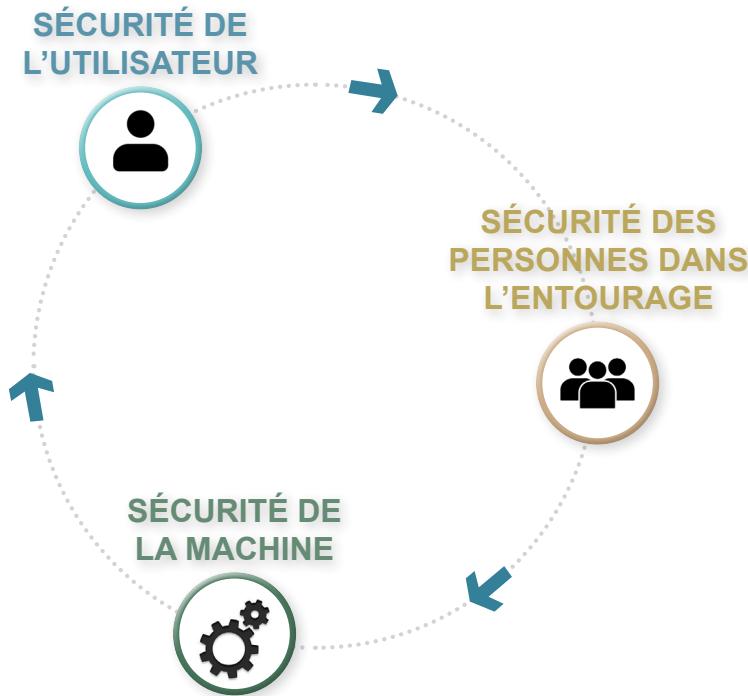
## A l'intérieur du carénage

Des **résidus se déposent également à l'intérieur du carénage**. Il est nécessaire de les évacuer régulièrement avec un aspirateur.

Ils peuvent, en effet, obstruer les grilles d'aspiration et **augmentent le risque d'incendie** dans la machine.



# PRINCIPES DE SÉCURITÉ



## Les règles de base :

- Il est obligatoire de **rester à proximité de la machine** pendant son usage et de **surveiller** le bon déroulement des opérations.
- Avant toute opération, il est impératif de **prévenir un étudiant encadrant** de votre intention d'utiliser la machine. Il pourra ainsi vérifier que toutes les conditions sont réunies pour l'utiliser en sécurité.
- Le capot et les différentes trappes de la machine doivent être fermés** avant la mise en route du laser et pendant toute l'opération.

- Pendant l'opération, une fenêtre de contrôle permet de voir l'intérieur de la machine. La lumière résultant de la sublimation du matériau peut être intense, **il ne faut pas la fixer**. A noter que la fenêtre sur le capot est en verre. Elle absorbe la longueur d'onde du laser (invisible) mais pas la lumière issue de la sublimation (visible).
- Attendre une trentaine de secondes entre la fin du process (signalé par un bip) et l'ouverture du capot**, permettant l'évacuation des dernières fumées.



## En cas de départ de feu :



1. Stopper la machine :  
bouton arrêt d'urgence ou  
bouton On/Off

2. Eteindre la ventilation

3. Utiliser la couverture anti-feu pour éteindre  
le feu, soit directement dans la machine, soit  
en retirant le matériau si cela est faisable.



# SYNTHÈSE

## Open badge

A l'issue de cette formation, vous recevrez un «open badge» indiquant que vous êtes bien formé et **apte à utiliser la machine**. Pour cela il faut :

1. Répondre au questionnaire Moodle « Open Badge découpe laser »



Le questionnaire à choix multiple dure environ 5 minutes et reprends des points abordés pendant la formation.

2. Déposer la photo d'un objet produit avec la découpeuse laser sur Moodle



Cet objet peut être réalisé dans le cadre d'un projet scolaire ou personnel, il montre que vous avez été capable de le fabriquer à l'aide de la machine.

3. Les fiches projets



Comme les Fablabs sont **aussi** des lieux de partage et de pédagogie, nous vous invitons à remplir une fiche projet à chaque fois que vous produirez un objet à l'I-Lab ;)



# La bonne attitude  
du  
**FABLAKER**