

La découpe laser

Niveau avancé, ou comment devenir maître Jedi...



Version du 1^{er} fév 2020 - www.makilab.org - CC-BY-SA

Au menu

Le fonctionnement de la machine, en détail

-

Découpe et gravure, quelles différences?

-

De la 2D vers la 3D: la 2,5 D

-

Trucs et astuces

Le fonctionnement de la machine...

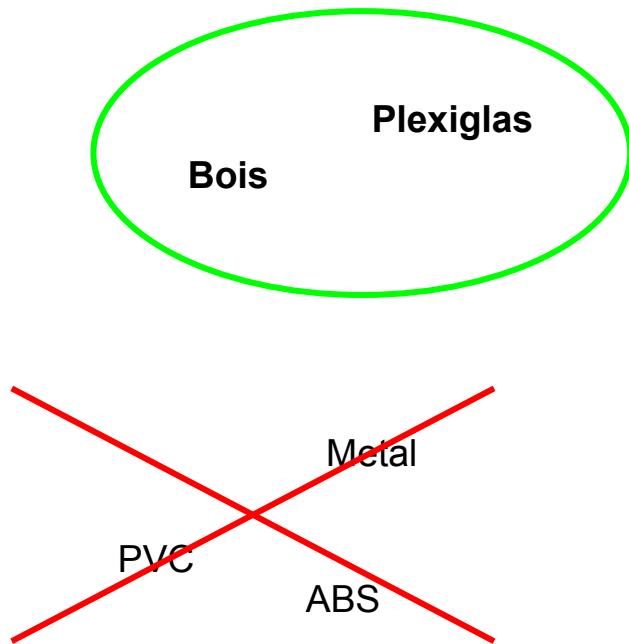
La découpeuse laser

Très simple d'utilisation, la ML-W640 est équipée d'un laser CO2 (10,6 μ m) de 80W.



Pour quels matériaux ?

Cette machine vous permet de **graver** et/ou **découper** tous les matériaux non métalliques et ne contenant **pas de chlore**, tels que les matières à graver traditionnelles (caoutchouc à tampon, plastiques bi-couleur, aluminium anodisé, etc...) , mais aussi le verre, le PMMA ("plexiglas", "acrylic"), le bambou, le bois et ses dérivés, le marbre, le granit, les tuiles, le cuir, les tissus, le carton, le papier, etc... sur une surface de travail de 60 x 40 cm, avec un table motorisée pour s'ajuster à la hauteur de vos matières.



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

La source laser

... la ML-W640 est équipée d'un laser **CO₂** (**10,6μm**) de **80W**.

- **CO₂** : un gaz
- **10,6 μm** : une longueur en micromètres
- **80 W**: une puissance

Laser CO₂

LASER “ *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* ”

“ Amplification de la Lumière par Émission Stimulée de Rayonnement ”

→ Même fonctionnement que “miroir infini”

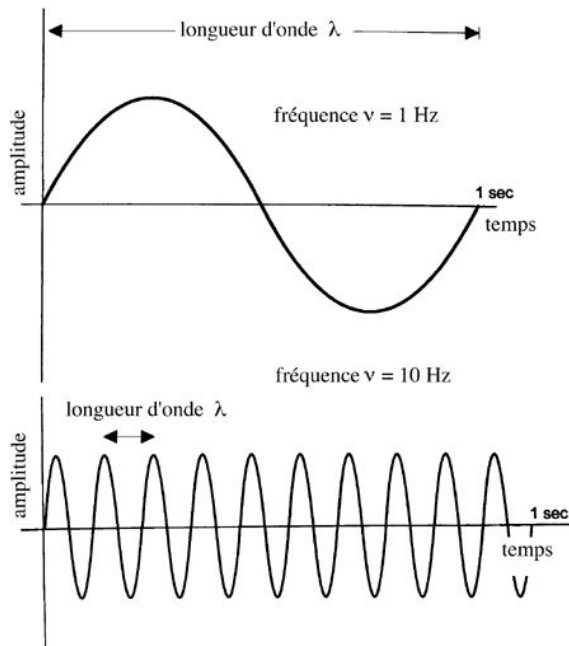
CO₂ “ Dioxyde de Carbone ”

C'est le milieu gazeux qui va être excité
dans la source laser pour produire le faisceau laser.



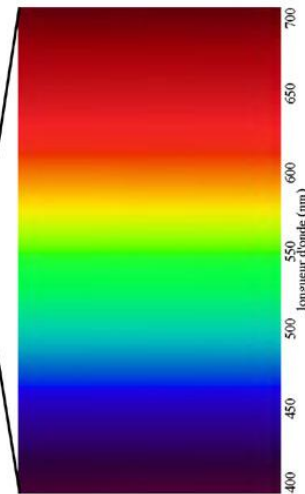
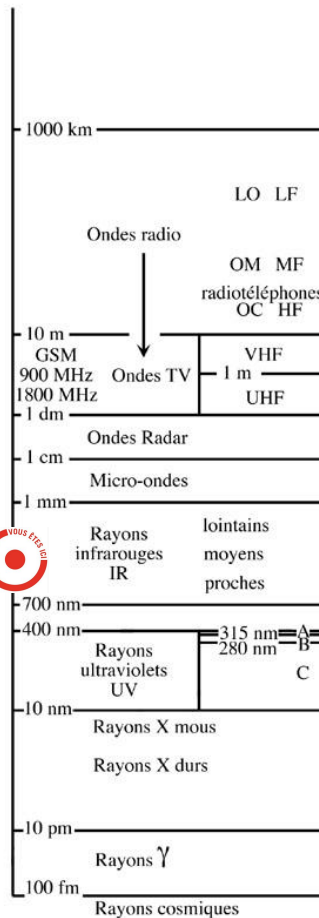
Longueur d'onde $10,6\mu\text{m}$

$$10,6 \mu\text{m} = 10600 \text{ nm} = 0,0000106 \text{ m}$$

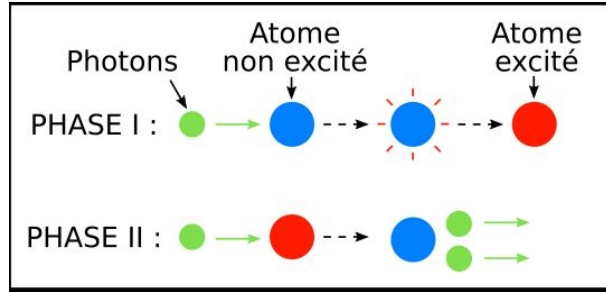


Longueurs d'onde Fréquences

λ	ν
300 Mm	1 Hz
30 Mm	10 Hz
3 Mm	100 Hz
300 km	1 kHz
30 km	10 kHz
3 km	100 kHz
300 m	1 MHz
30 m	10 MHz
3 m	100 MHz
3 dm	1 GHz
3 cm	10 GHz
3 mm	100 GHz
300 μm	1 THz
30 μm	10 THz
3 μm	100 THz
300 nm	1 PHz
30 nm	10 PHz
3 nm	100 PHz
300 pm	1 EHz
30 pm	10 EHz
3 pm	100 EHz
300 fm	1 ZHz



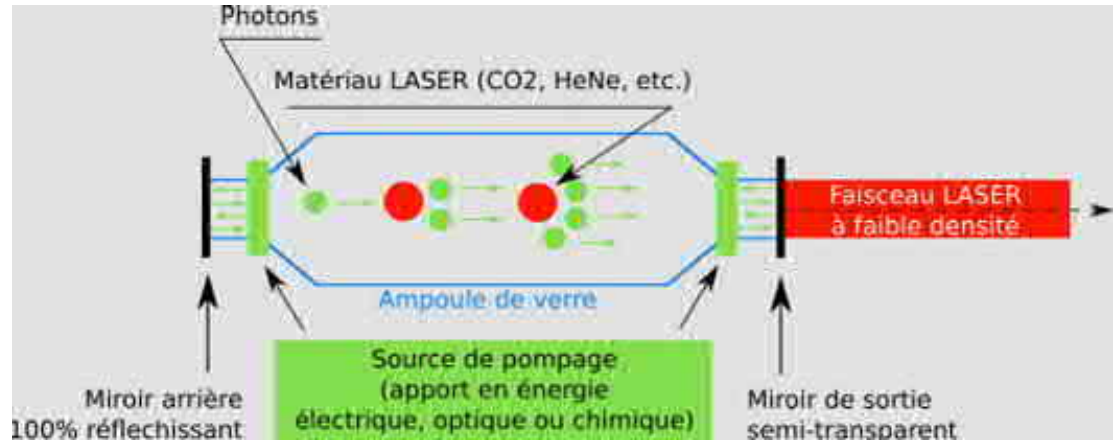
Principe du laser



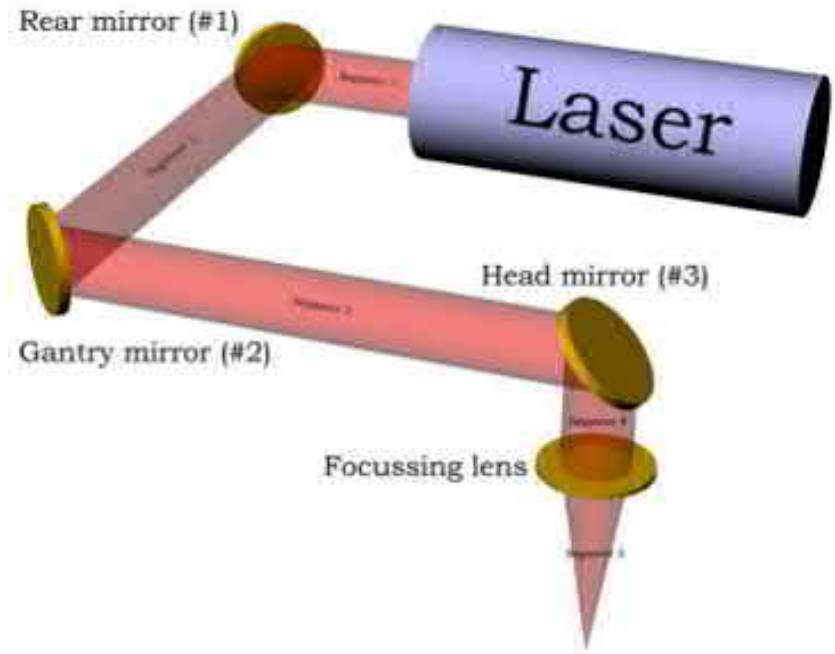
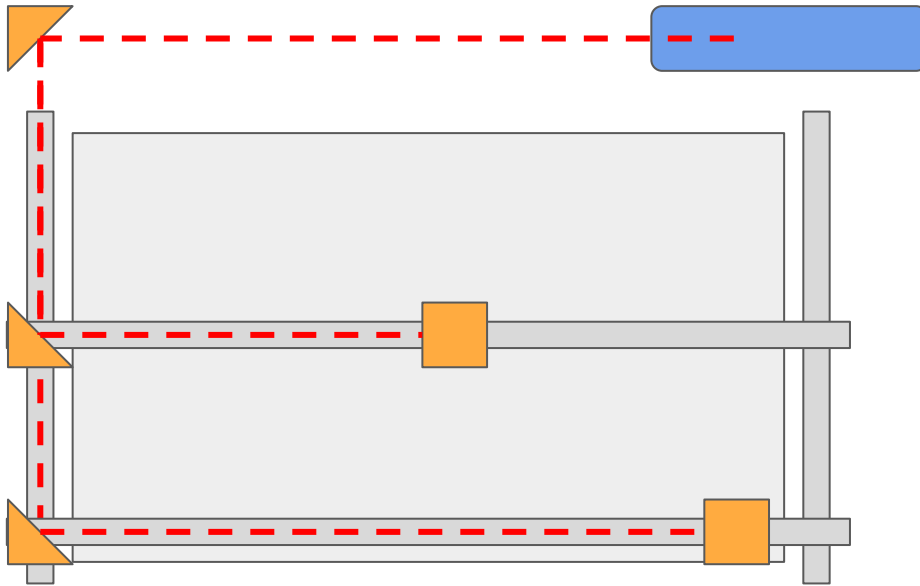
Excitation des photons

Confinement entre deux miroirs

Lumière cohérente
(synchronisée)



Comment ça fonctionne?



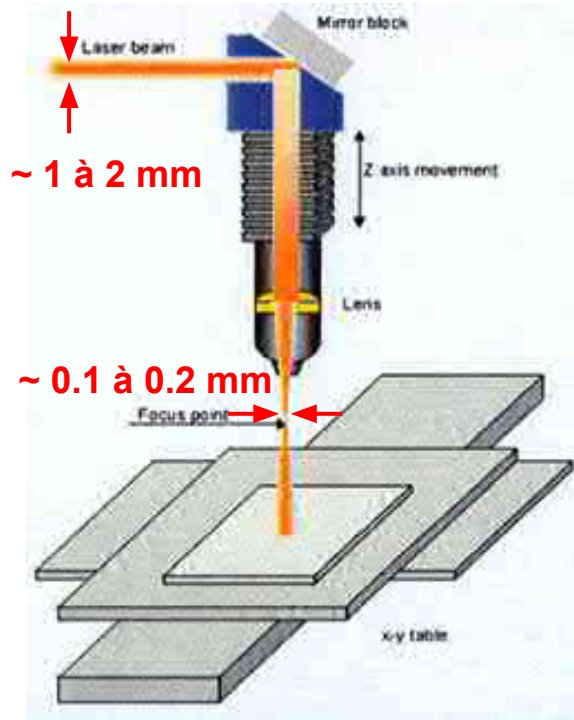
Puissance de 80 W

la **puissance** est la quantité **d'énergie** par **unité de temps** fournie par un système à un autre. La puissance correspond donc à un débit d'énergie.

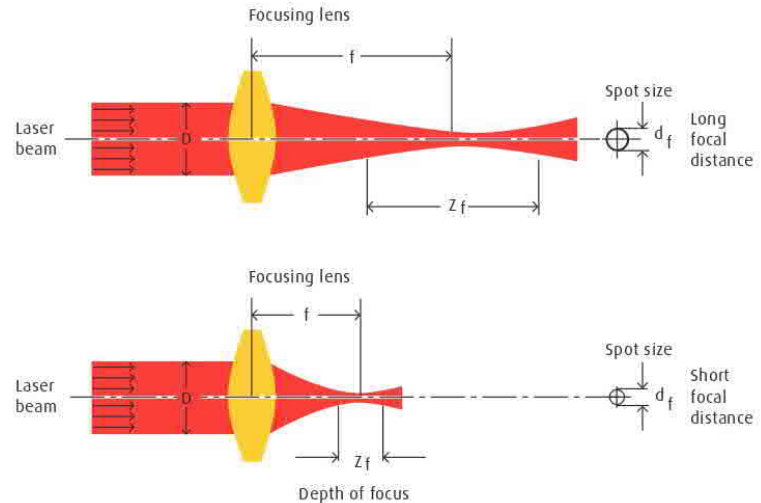
Équivalente à
une loupe de 30 cm
en plein soleil.



La focalisation



Il est important de régler la hauteur du matériau par rapport à la tête de sortie.

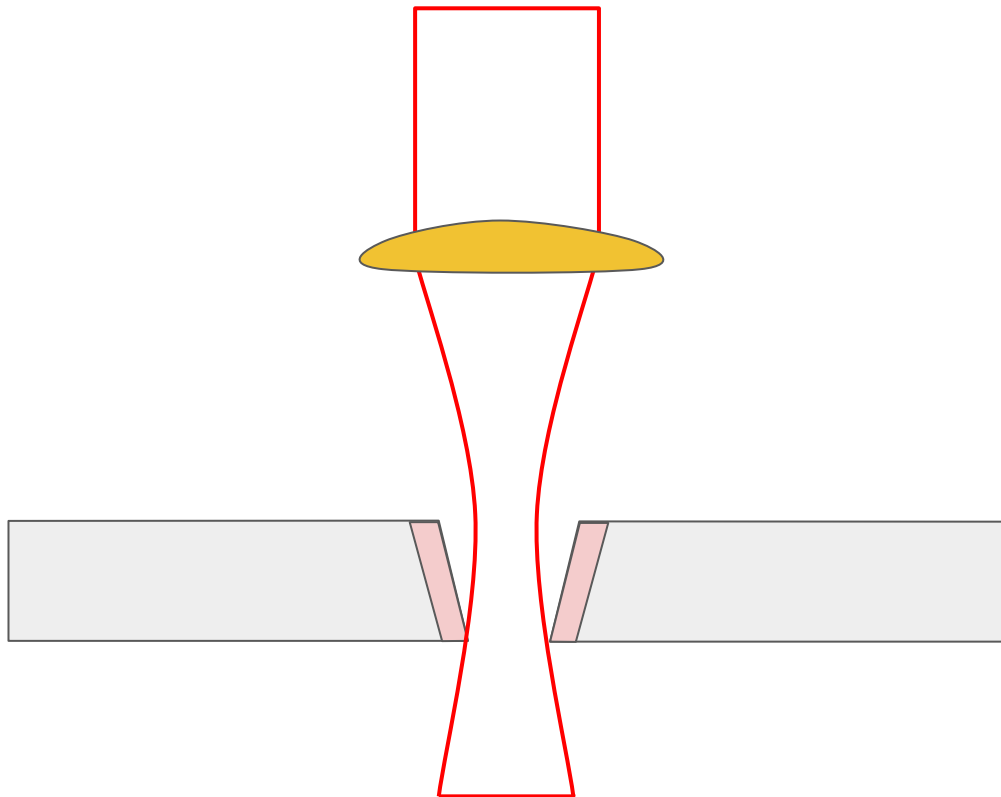


Quand le laser frappe la matière...

La matière chauffée peut:

- Fondre
- Brûler
- **Se vaporiser**

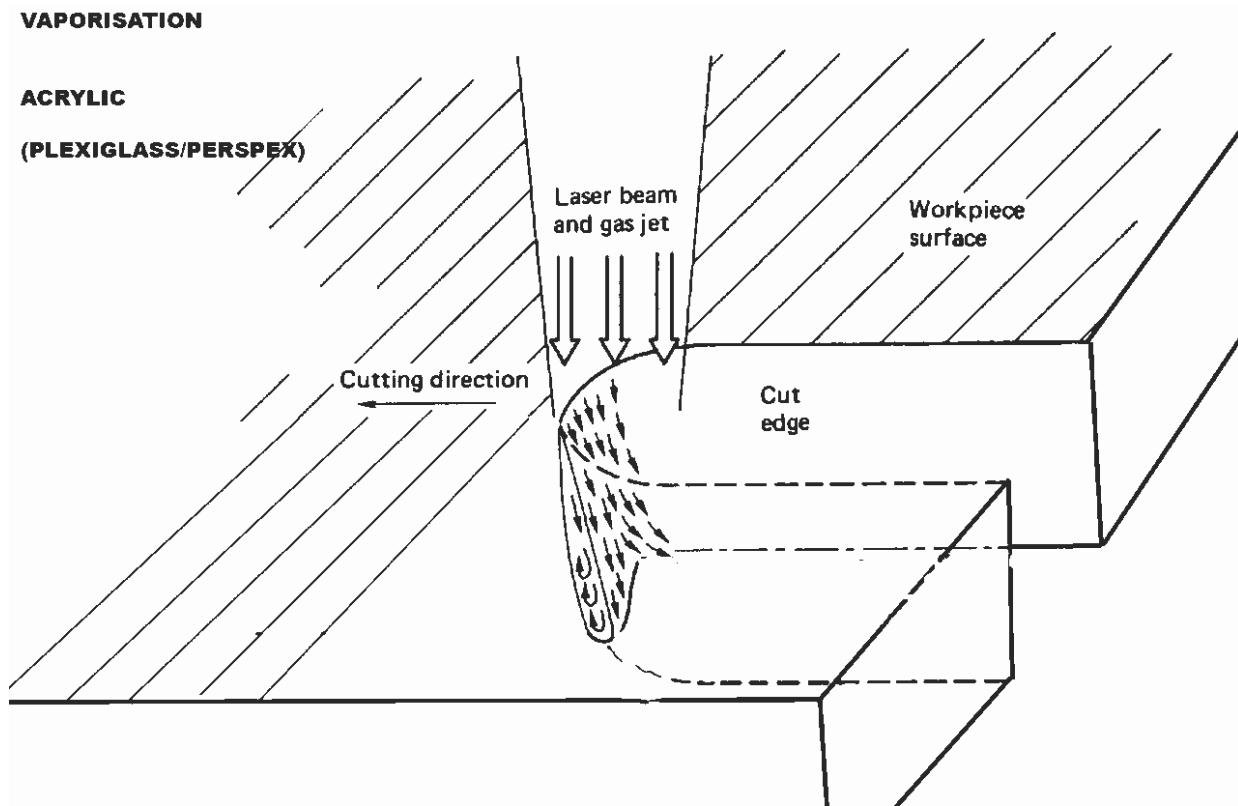
La largeur de trait (kerf en anglais) dépend de la focale, mais aussi de la matière et des paramètres de découpe.



Gros plan sur la découpe

Acrylique/plexi:
vaporisation

Bois:
dégradation chimique,
brûlure



Les matières possibles

Découpe et gravure: le PMMA ("plexiglas") , le bambou, le bois et ses dérivés, le cuir, les tissus, le carton, le papier...

Gravure seule: Le verre, le marbre, le granit, les tuiles,...

A éviter: Le MDF dont la colle se dépose partout: machine, filtres, ...

Polystyrène crystal: ne fait que fondre et donne des résultats décevants

! A ne pas découper: Le PVC: émet du Chlore gazeux;

l'ABS (polymère impression 3D): émet du gaz cyanide.

Plus de détails: www.atxhackerspace.org/wiki/Laser_Cutter_Materials

Couper du métal ?

Non ici car: absorption faible, conductivité thermique forte (bois: 0,1), température fusion élevée.

Selected properties of various metals (unpolished)

Metal	Absorptivity ^{ab} %	Thermal conductivity ^a W/m/K	Melting point		Heat generated during oxidation ^a kJ/mol	
			K	°C		
Gold	0.5–1.0	296	1340	1067	–	–
Silver	0.5–1.0	419	1230	957	–	–
Copper	1.0–2.0	385	1356	1083	160	(CuO)
Aluminium	1.0–2.0	201	932	659	1670	(Al ₂ O ₃)
Lead	~4.5	35	600	327	276	(PbO ₂)
Iron	~5.0	80	1810	1537	822	(Fe ₂ O ₃)
Nickel	~6.0	59	1726	1453	244	(NiO)
Titanium	~8.5	23	1950	1677	912	(TiO ₂)
Tin	~16.0	65	505	232	581	(SnO ₂)



Dangers

Dialogue imaginaire:

Oh! t'as vu? la tête qui bouge toute seule !

ça sent pas bizarre là, non ?

Attends, il y a un truc qui coince, je pourrais...

Et quoi, il fonctionne, le tube ? regarde un peu!

Et tu découpes quoi là ?

Hé les gars, je reviens dans une minute!



Dangers



**DANGER
RAYONNEMENT
LASER**

Dangers(1)

Risque **d'enflamment** des fumées ou des matériaux dans la machine, la laser ne doit jamais être laissée sans surveillance quand elle fonctionne.

Risque **d'empoisonnement/intoxication** si un matériau inapproprié est utilisé dans la machine (par exemple avec les plastiques chlorés).

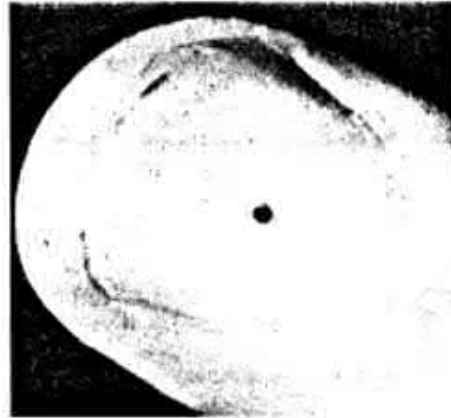
Risque **d'écrasement**. Avec le capot ouvert, la tête laser peut être positionnée par les commandes sur la machine et par le logiciel installé sur l'ordinateur. Assurez vous que personne ne manipule ces commandes quand vous intervenez sur la grille de découpe.

Dangers(2)

Risque **d'électrocution**: tube alimenté en 15000 Volts dans la machine (il faut accéder à l'intérieur).

Risque de **brûlure**:
le faisceau laser est invisible.

Risque **d'aveuglement**
ne jamais regarder directement un
laser, d'autant plus si invisible



Mesures

enflammement ? . . .

empoisonnement/intoxication ? . . .

écrasement ? . . .

électrocution ? . . .

brûlure ? . . .

aveuglement ? . . .

Mesures

enflammement

Présence ! Bouton STOP, Extincteur

empoisonnement/intoxication Aspiration + filtre, choix du matériau

écrasement

Discipline

électrocution

Isolant électrique, panneaux

brûlure

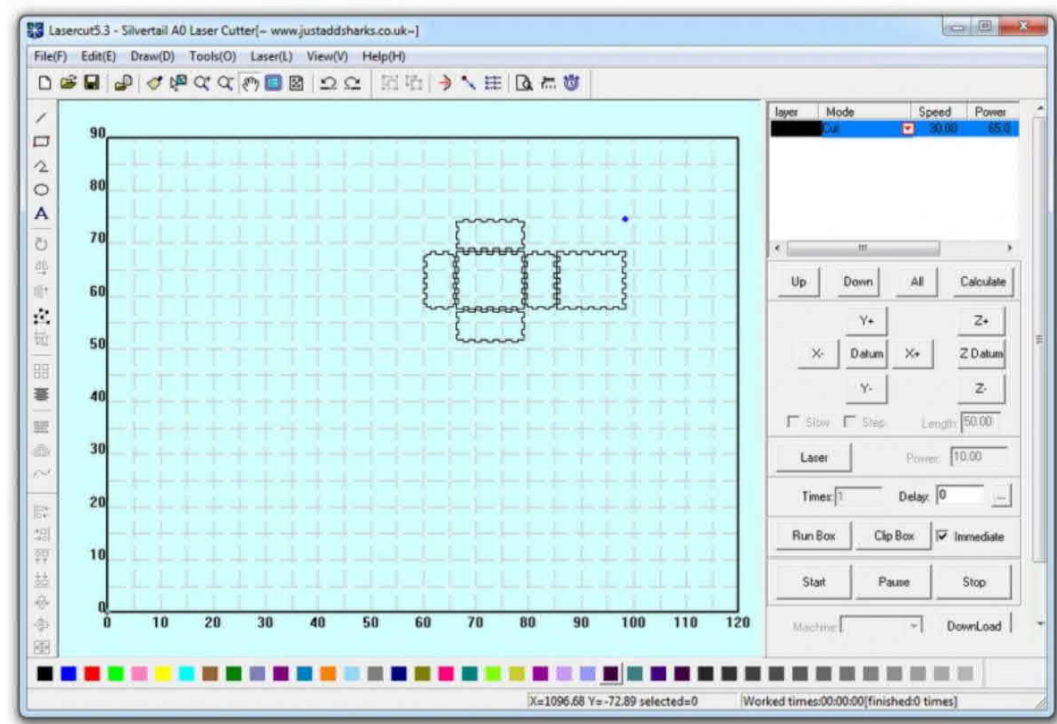
Switch couvercle

aveuglement

Couvercle+capteur, Vitre, Lunettes

Le programme

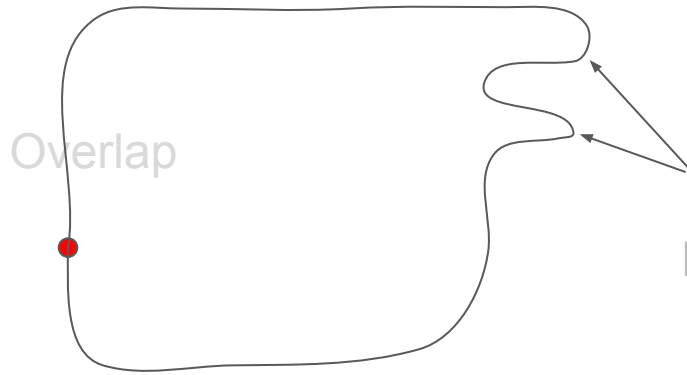
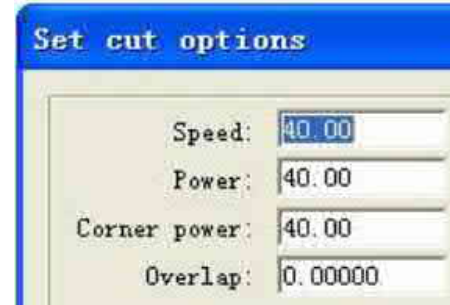
LaserCut 5.3 / 6.1



En pratique, quels sont les paramètres?

Vitesse de déplacement de la tête (en mm/s)

Puissance (0 à 100 % de 80W)



Puissance “dans les coins” (décélérations)

Puissance ou vitesse, tout est histoire de compromis

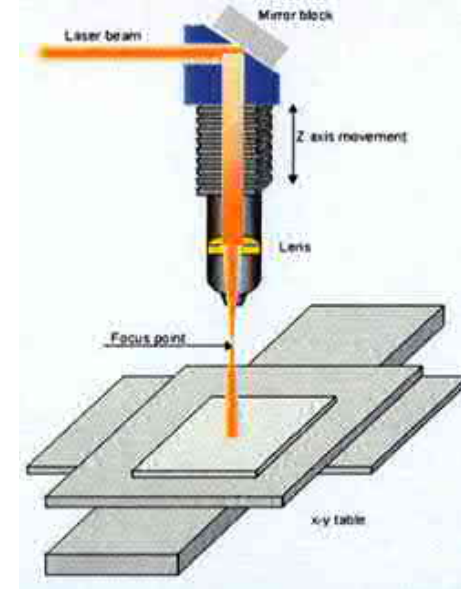
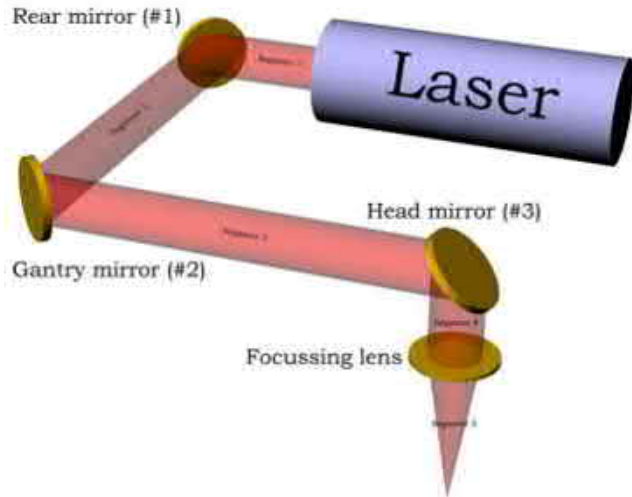
Ex: découpe contreplaqué 3mm: P: 90% - V: 24mm/s

P: 45% - V: 12mm/s

En pratique, plus la puissance est faible, meilleure sera la découpe, mais plus la durée augmente....

Une machine bien réglée et prête à l'emploi, c'est?

- Des miroirs et une lentille propres
- Un jeu de miroirs bien alignés



- Une table bien plane
- Une distance focale bien réglée

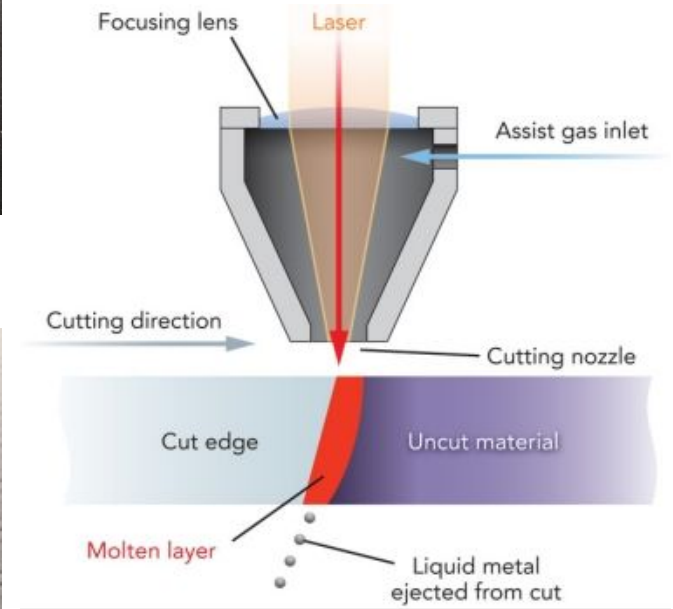
Miroirs propres ? lentille propre?

Problème : fumée + laser = colle

Effets: taches, élévation température

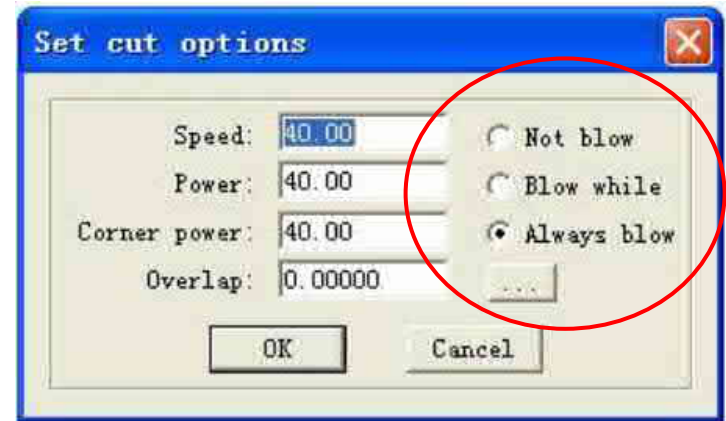
Miroirs, lentille par dessus:
l'aspiration dévie les fumées (en principe)

Lentille par dessous :
soufflerie



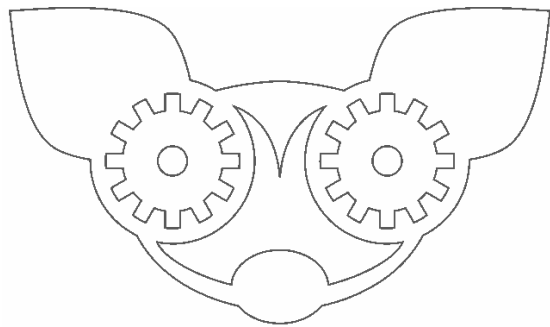
Autour de la source laser et de la table de découpe

- un circuit de refroidissement à l'**eau** (allumé en permanence)
- un filtre à **fumées** (interrupteur mural)
- un compresseur pour l'**air** comprimé (boîte de dialogue)

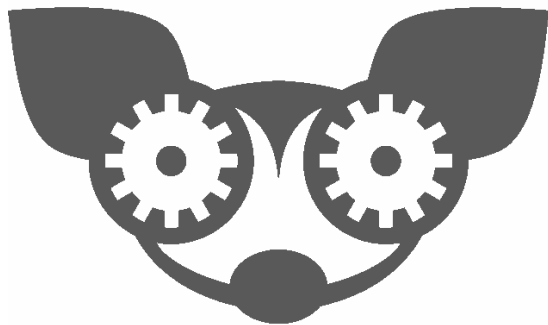


Découpe et gravure, les différences

Découpe ou gravure?

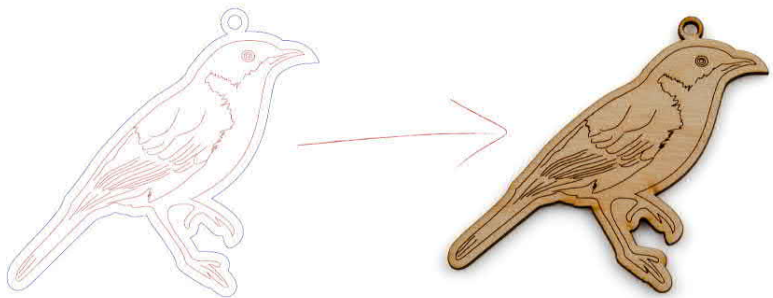


Maki^{lab}



Maki^{lab}

Découpe ou gravure?



au temps nécessaire pour la gravure

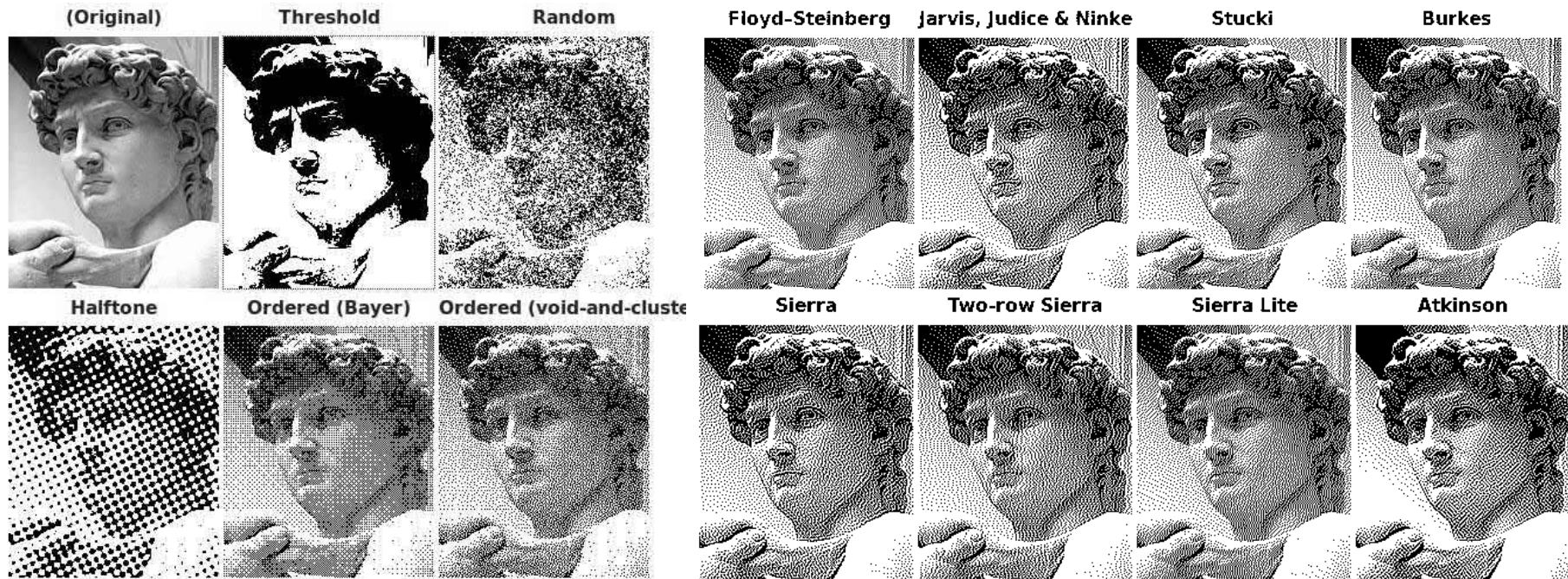


à l'ordre des opérations:
graver avant de découper

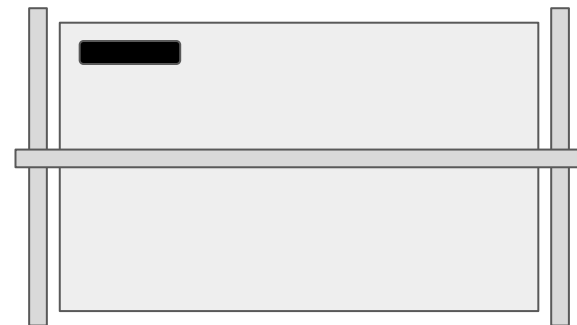
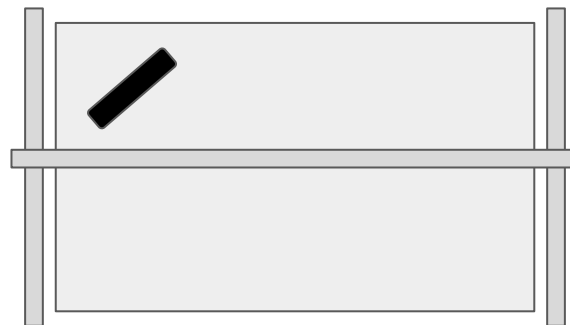
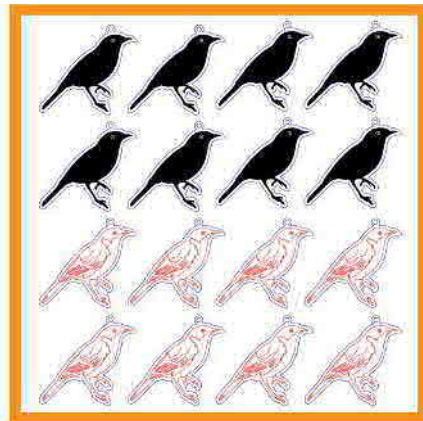
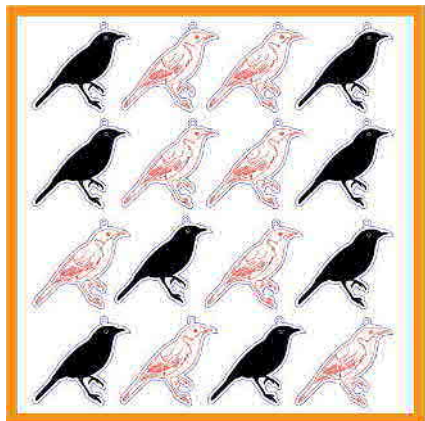
La gravure: vectoriel versus bitmap



Le tramage (ou “dithering”)



Optimiser le temps de gravure



Texte et lettrage

Makilab

Makilab

Des polices de caractère adaptées

zaffino
has counters
so is bad for stencils & lasering

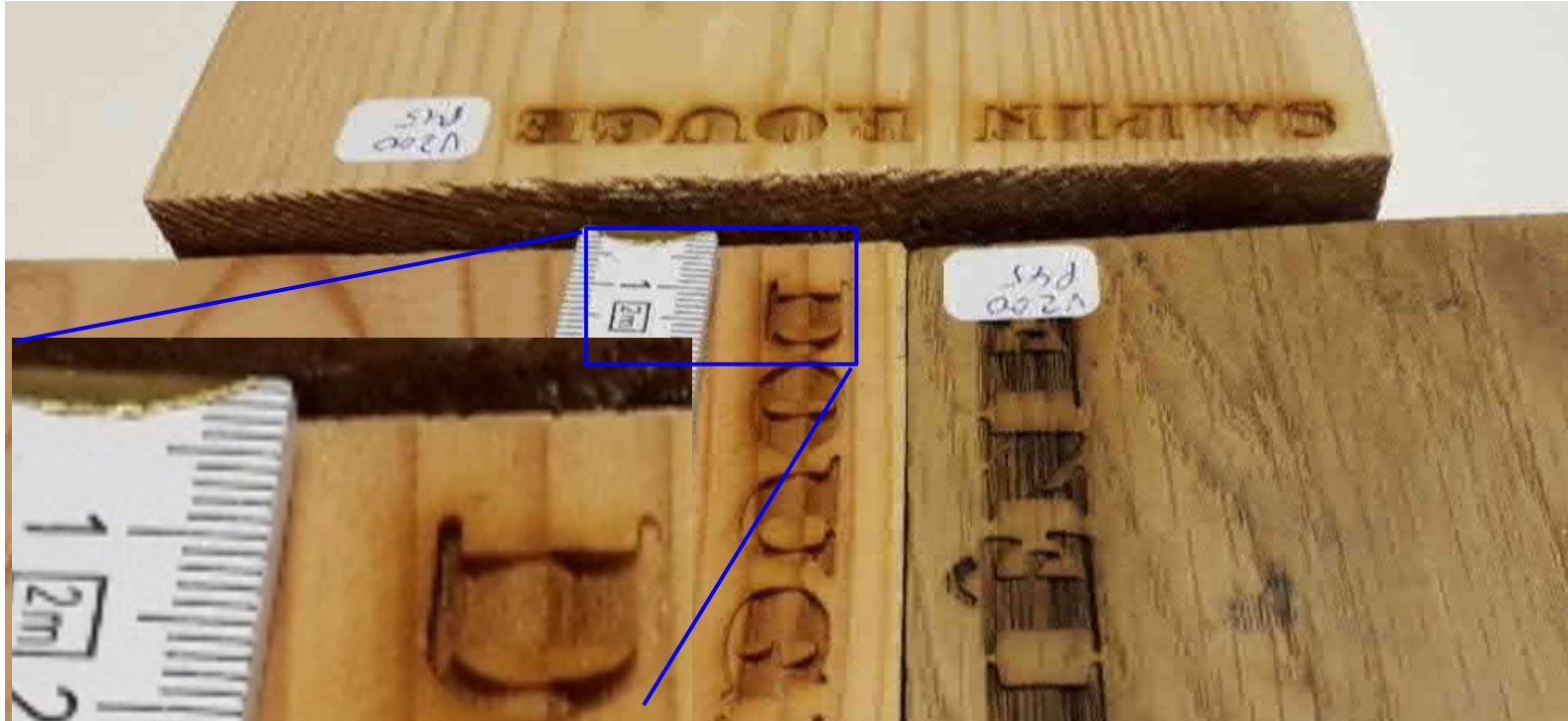
stencilano
is laser safe
area removed on one side of counter



Police type “Stencil”; découpe papier avec soufflerie



Gravure bois en profondeur (dépend de la densité)



De la 2D à la 3D: la 2,5D



Faire des boîtes: tenons et mortaises

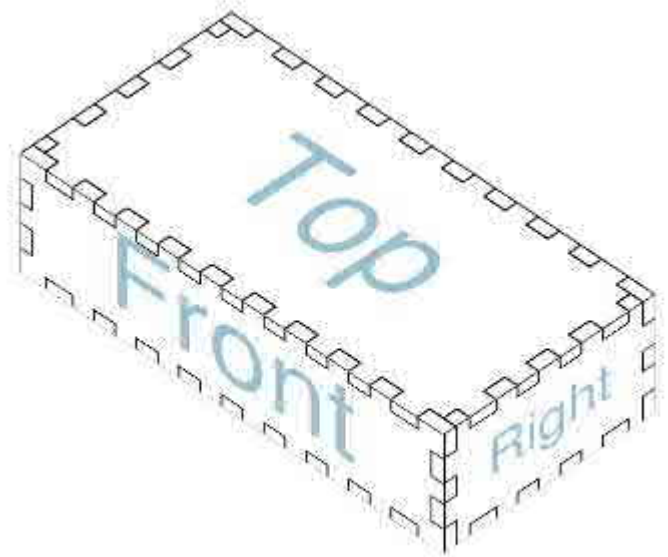
(en anglais “tabs and slots”)

Plugin Inkscape

- <https://github.com/paulh-rnd/TabbedBoxMaker>
(présentation originale sur archive.org)

Directement en ligne

- <http://www.makercase.com/>
- (moins intéressant:
<http://boxmaker.connectionlab.org/>)

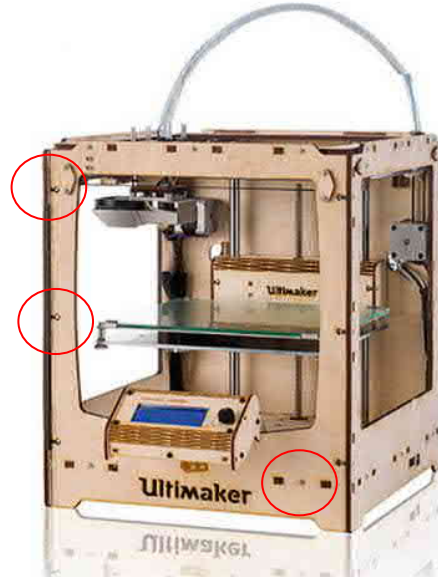


Toujours des boîtes, mais avec des boulons

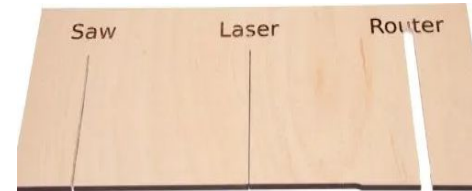
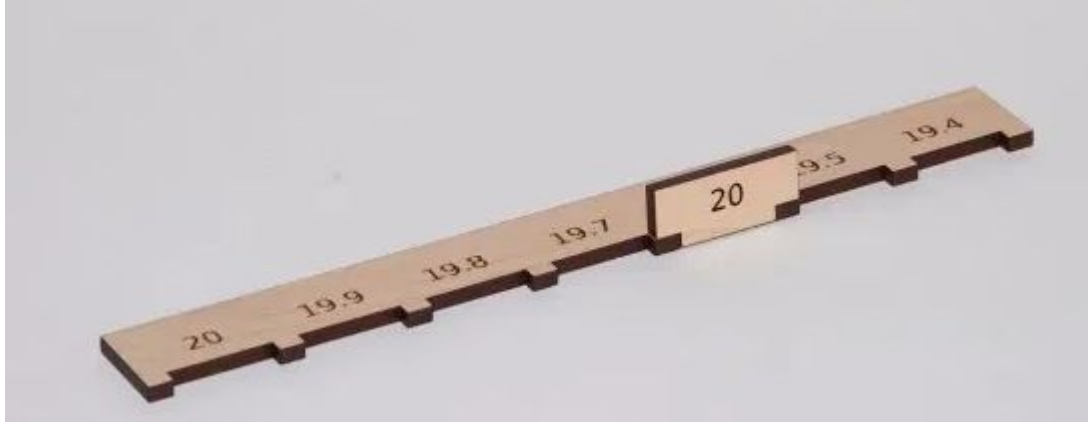
Plugin Inkscape

<http://wyolum.com/t-slot-boxmaker/>

Typique Ultimaker :



Kerf/Trait de scie ? Press-fit ?



Accounting For Kerf: How Much Material Is Really Removed By Your Cutter?

<https://makezine.com/2018/12/31/accounting-for-kerf-how-much-material-is-really-removed-by-your-cutter/>

Vérifier longueur / épaisseur avec un vernier

Des boîtes elliptiques

Plugin Inkscape

<http://www.instructables.com/id/Generating-elliptical-boxes-using-a-laser-cutter-a/>



Des surfaces flexibles

Une surface qui se plie dans les 3 dimensions

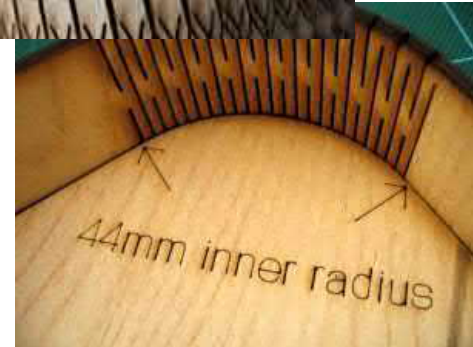
<http://www.instructables.com/id/Super-flexible-duble-curvature-surface-laser-cut-p/>

Différents motifs pour les pliures

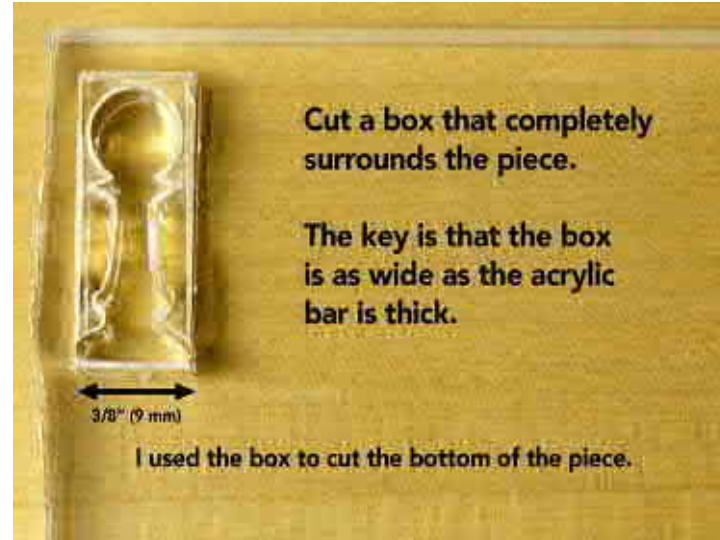
<http://www.instructables.com/id/Curved-laser-bent-wood/>

Une étude plus poussée (avec un peu de physique derrière)

<http://www.deferredprocrastination.co.uk/blog/2012/lattice-hinge-design-choosing-torsional-stress/>



Couper sur 4 faces...



<http://www.instructables.com/id/3D-Miniature-Chess-Pieces-made-with-a-Laser-Cutter/>

... and you get this.

You can see the outline is surrounded by what I call "padding".



Remove the top padding.

The bottom padding is used to hold the piece in place.



Place the piece and the bottom padding back into the box you just cut out.

Basically, the piece has been rotated 90°.

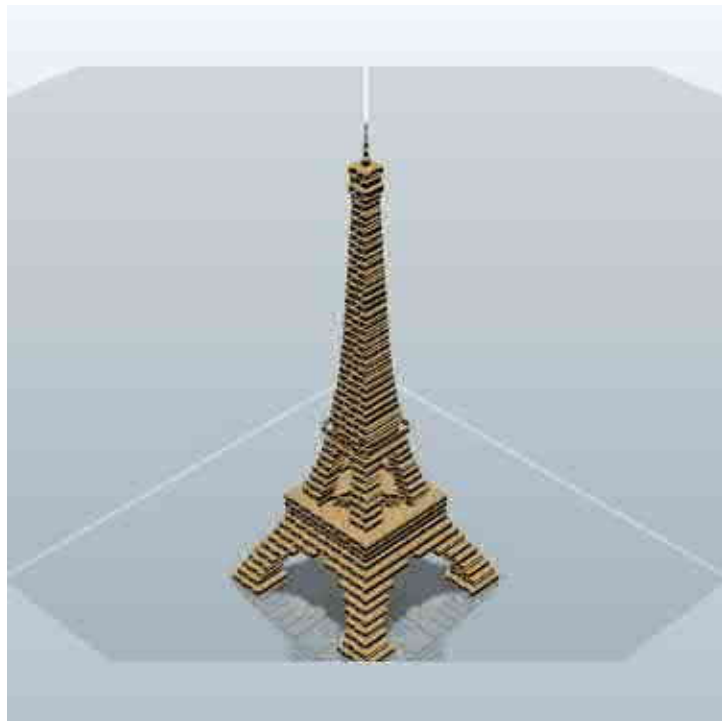
It should fit snugly if the piece is as thick as it is wide.



Use the same vector profile (from the first cut) to cut the piece again from this perpendicular angle.



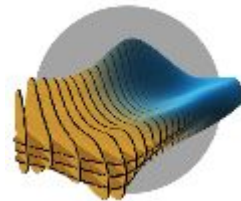
La découpe en tranche (ou “slicing”)



Comment découper un modèle 3D en tranche 2D...

Pas de plugin inkscape...
mais une app de Fusion360,
addin ou standalone (remplace 123Dmake)

<https://apps.autodesk.com/fr>
chercher “Slicer”



L'assemblage “en puzzle”

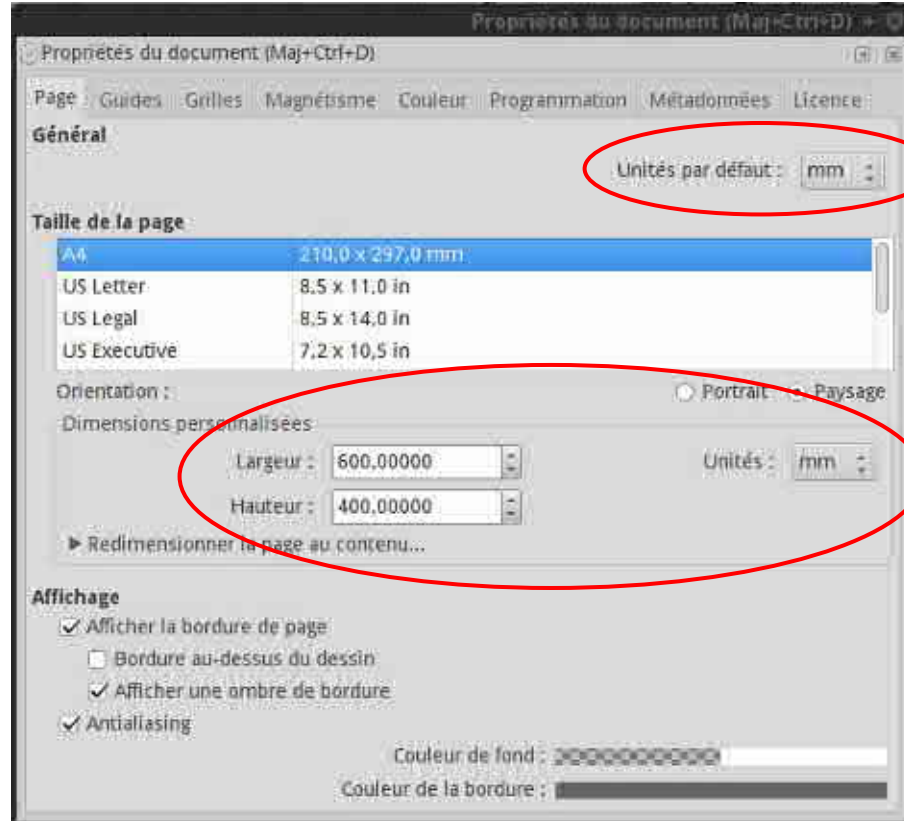
Pas de plugin inkscape... mais FlatFab

<http://flatfab.com/>



Encore quelques trucs et astuces

Inkscape pour la découpe



L'export en DXF

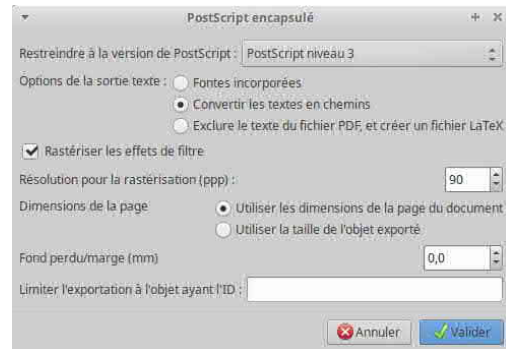
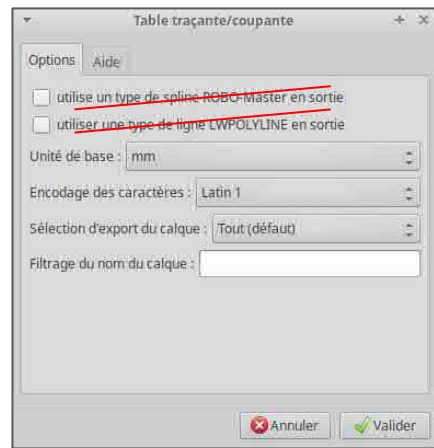
Enregistrer sous ->

Table traçante ou coupante (Autocad DXF R14)

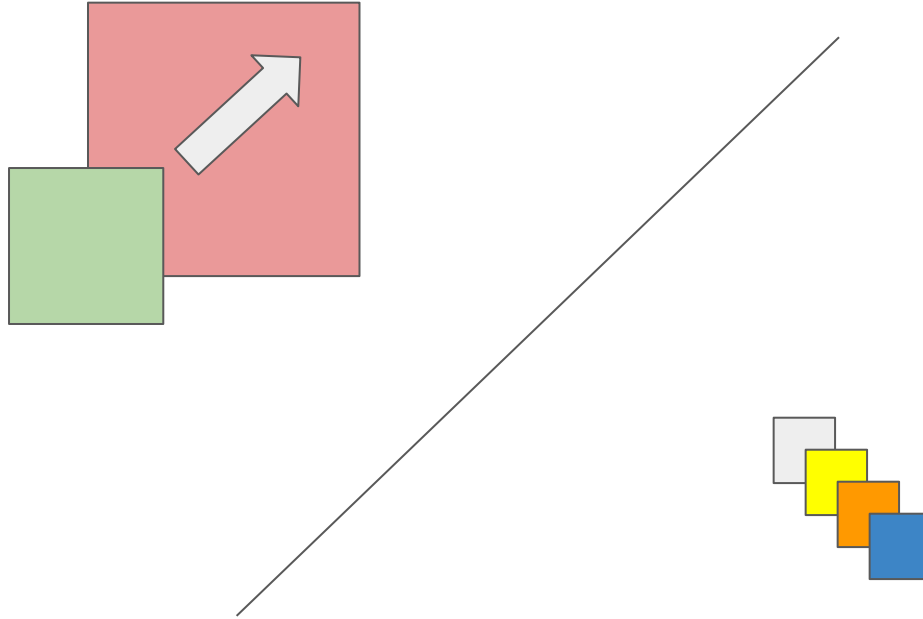
Une meilleure option: Export en EPS dans Inkscape, puis passage par PStoEdit (<http://www.pstoedit.net/>)

En ligne de commande:

```
pstoedit -f "dxf: -mm" MyProject.eps MyProject.dxf
```



L'import dans LaserCut: problèmes courants



L'import dans LaserCut: problèmes courants

- Le facteur d'échelle n'est pas conservé

=> Vérifier quelques dimensions connues dans LaserCut (cadre ext 400x600 pex)

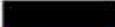
=> le facteur de conversion est souvent 25,4 (mm <-> pouces)

- LaserCut travaille avec des couleurs pour séparer les différentes couches

=> Y penser dès le départ, couleurs primaires, le rouge prête à confusion

Paramètres de coupe

Une couleur définit : Mode de découpe, Vitesse en mm/sec, Puissance en %
Seules les couleurs “Actif” sont envoyées à la découpeuse
Éviter le rouge: couleur des sélections

Plan	Mode	Vitesse	Puiss.	Actif	Passes
	Couper	 50.00	100.0		1
	Pointillés	 --	15.0		1
	Graver	 600.00	20.00		1
	G.éch. de gris	 600.00	25.00		1

Haut Bas Tous Calcul

Les pointillés

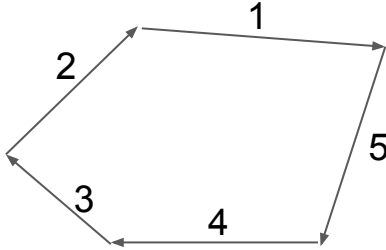


Les traits pointillés dans Inkscape / Autocad ne sont pas récupérés dans LaserCut
=> les transformer en une succession de traits pleins

Une solution:

Inkscape -> Extensions -> Générer à partir du chemin -> Motif le long d'un chemin

Découper des traits continus (ou “dans l’ordre”)

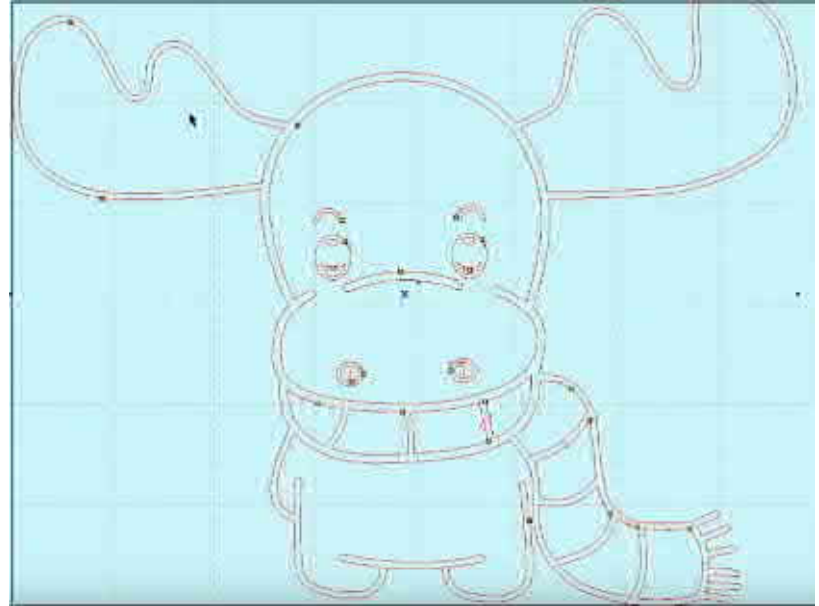
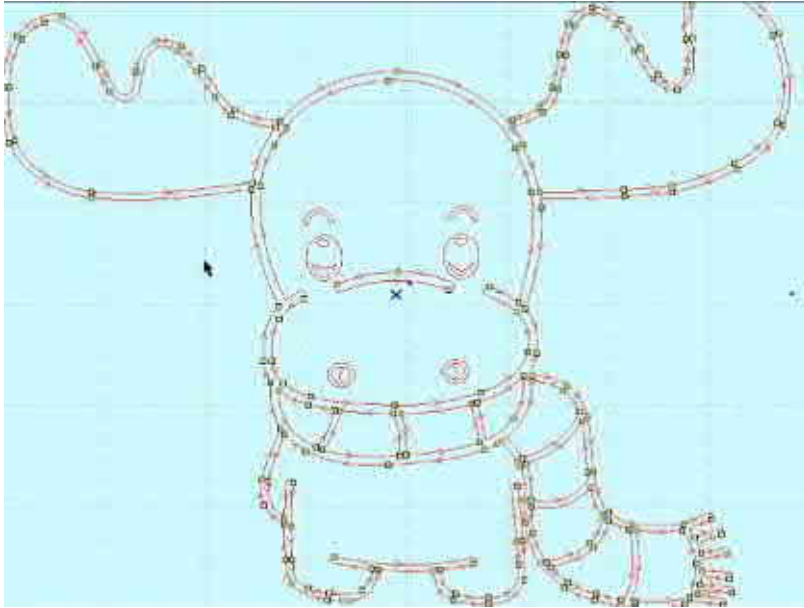


Tracé pas toujours optimal

1. Si Autocad: Travailler avec des polylines directement
2. Si Inkscape: Utiliser la méthode d’export EPS puis PSTOEDIT
3. En dernier recours: Il y a une option “Unite Line”/”Ligne seule” dans LaserCut... qui met parfois beaucoup de temps à se calculer!

Unite line (ligne seule / soudure)

Avant - après :



Source: Vidéo "Inkscape et Lasercut" [https://youtu.be/PjqOFb_mLVg?t=372]

Éviter les marques de brûlures...

... Utiliser du tape de masquage

... Poncer après coup



Éviter les doubles traits...

- Un truc relativement simple dans Inkscape: opacité à 50%, et augmenter l'épaisseur du trait.
- Dans LaserCut: Tools -> Data check-> Superpositions

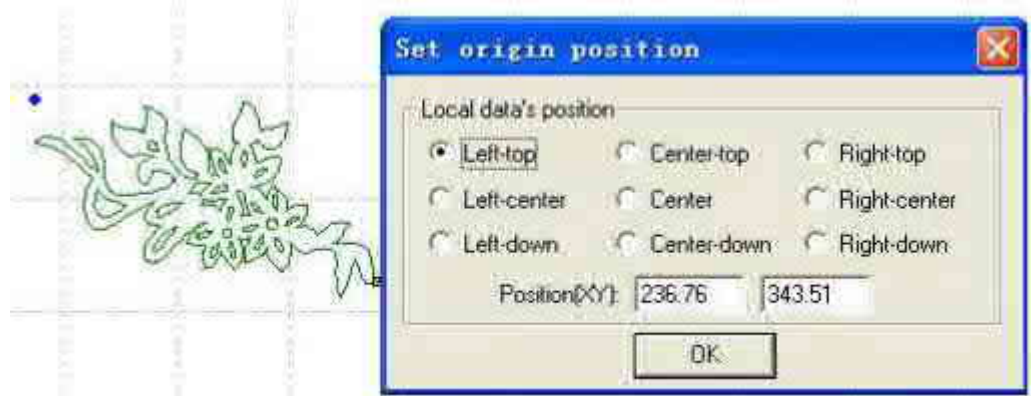


Fonctions utiles

Estimer le temps : 

Simulation : 

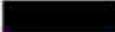
Définir le point de
référence du laser : 
(mode *Immediate*)



Passes multiples

Dernière colonne des plans (*layers*).

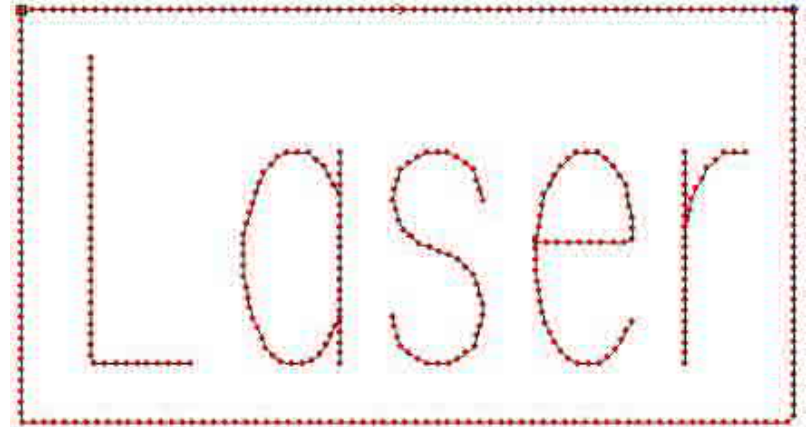
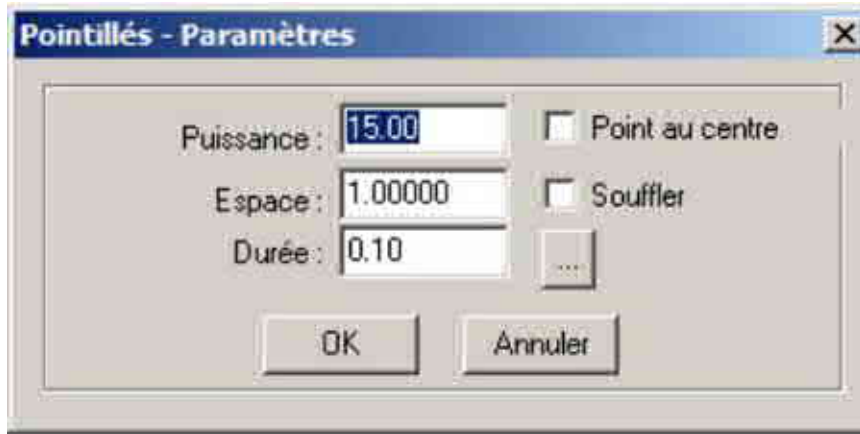
Intéressant pour Couper des épaisseurs importantes
ou obtenir des chants de découpe très précis et propres.

Plan	Mode	Vitesse	Puiss.	Actif	Passes
	Couper	 50.00	100.0		1
	Pointillés	 --	15.0		1
	Graver	 600.00	20.00		1
	G.éch. de gris	 600.00	25.00		1

Haut Bas Tous Calcul

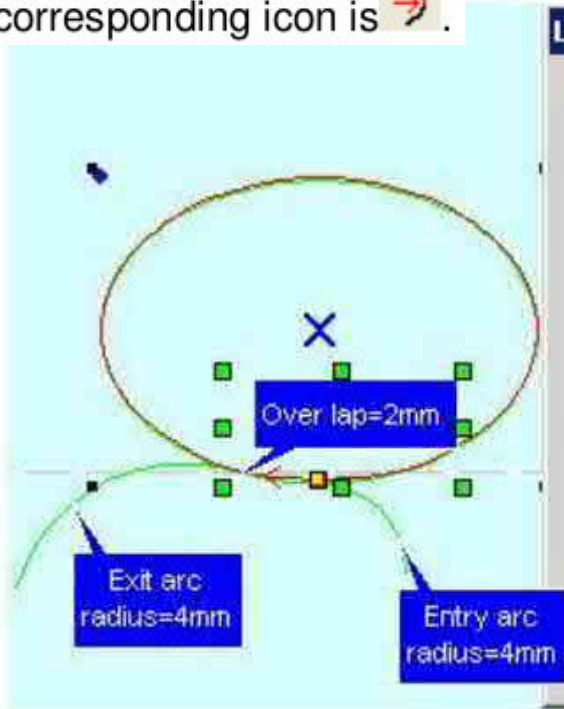
Mode pointillés

Piquetage : découpe ou pliage



Perforer la matière en dehors du trait de découpe

The corresponding icon is .



Lead In/Out Options

☒ Calculate

Entry

Entry type: Arc
Arc radius: 2.00
Line length: 1.00
Line angle: 90.00

Exit

Exit type: Arc
Arc radius: 4.00
Line length: 1.00
Line angle: 90.00

>>

☒ Auto set direction
☐ Manual set direction Right

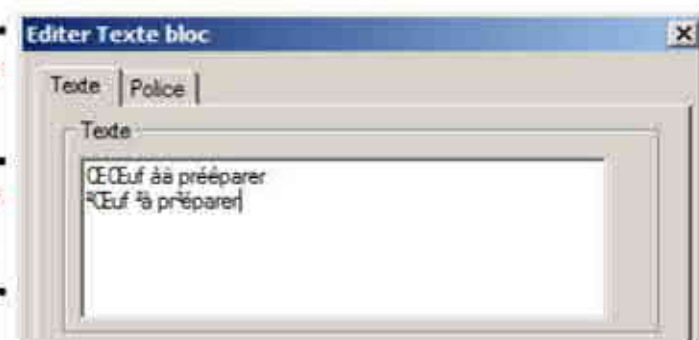
☒ Over lap
☐ Leave space 2.00

Apply OK Cancel

Problème des accents dans LaserCut 5.3

LaserCut 5.3 semble ignorer les caractères accentués? 3 solutions :

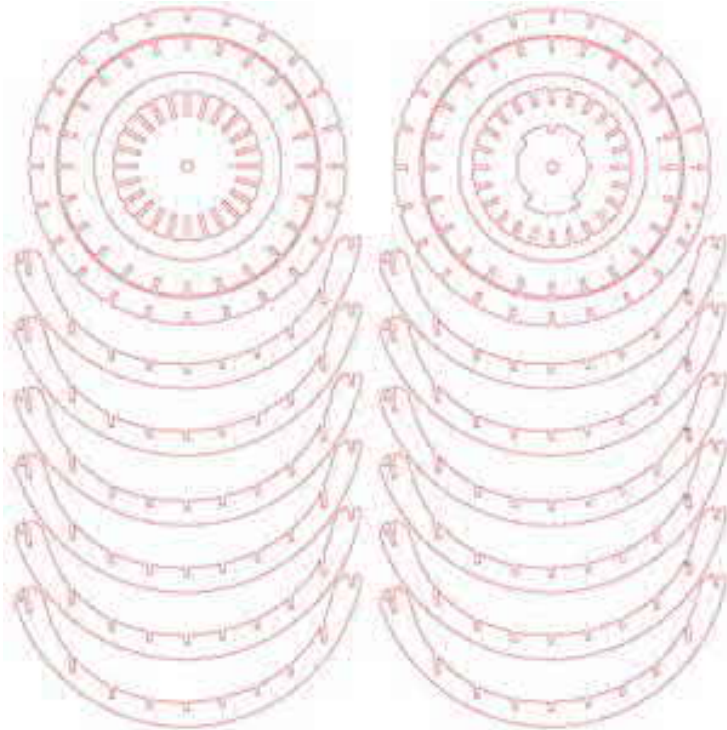
- doubler le caractère : ça a éétéé validée
- faire précéder chaque caractère de ²: ²ça a ²ét²é valid²é
- pas de problème en version 6.1



Autre

exemple:

Le “nesting”, ou comment optimiser l’espace



pas de plugin disponible pour Inkscape aujourd’hui (à notre connaissance)

<http://www.e-nesting.com/>

http://nestprofessor.com/index_en.php

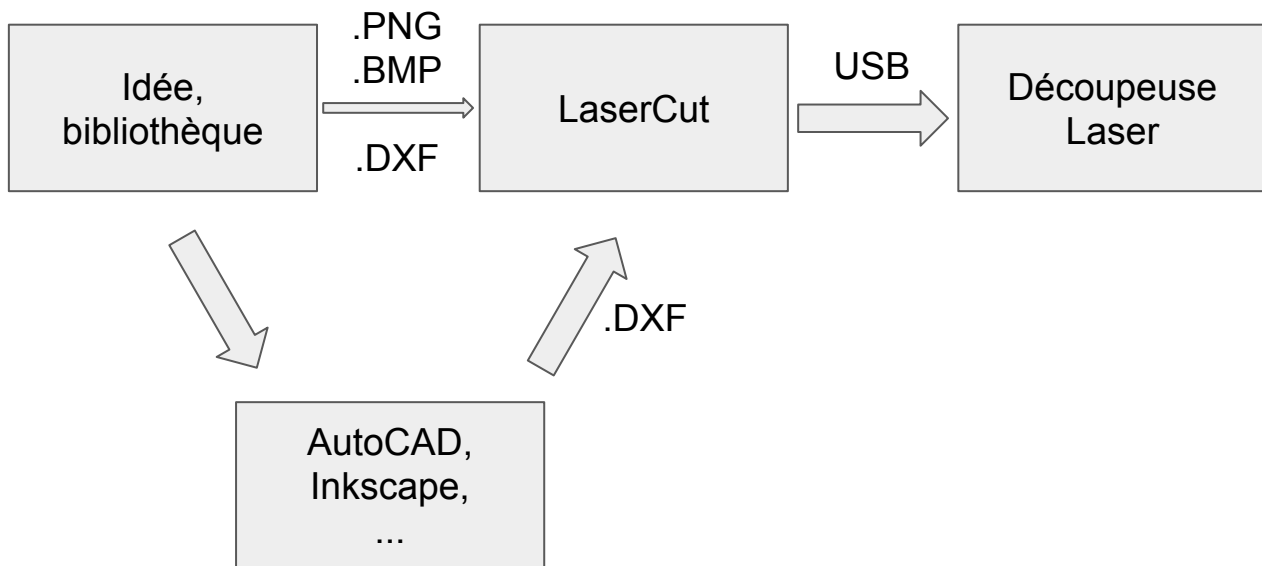
<http://svgnest.com/> (en ligne)

<https://deepnest.io/> (desktop)



Concrètement

Démarche la plus fréquente



Deux manières de réalisation

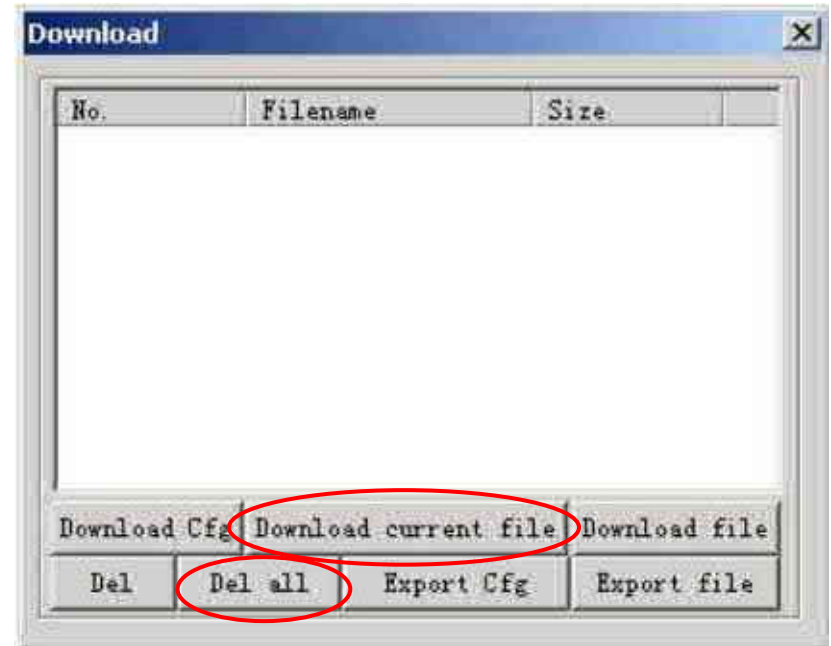
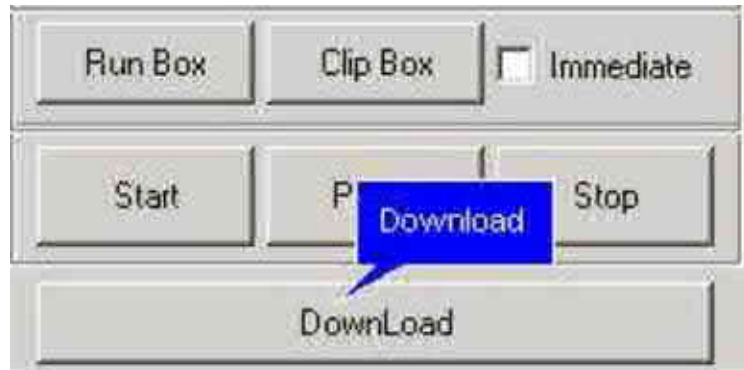
- Projet simples : image .jpeg ou .png, formes simples, texte à graver, ...
LaserCut souvent suffisant
- Projets plus complexes
Utiliser l'outil CAD de son choix,
exporter le résultat en .DXF,
l'importer dans LaserCut

Phase 1 : programme LaserCut

Avant tout: petit carré d'1cm pour régler puissance et vitesse et vérifier le kerf.

'Immediate' : à partir de la position du laser
sinon : position exacte.

'Download', 'Del All', 'Download current file'.



Phase 2 : découpeuse laser

Z-0 (placer la plaquette métallique en-dessous du détecteur derrière la tête),
bouton STOP si nécessaire.

Aspiration: l'allumer, vérifier qu'elle tourne.

TEST de contour de la pièce.

Fermer le capot puis **START.**

SURVEILLER le travail jusqu'à la fin (pas de pause pipi)

Attendre que la fumée se dissipe avant d'ouvrir à nouveau.

Message d'erreur fréquent après Test ou Start

SOFT STOP:

Les déplacements de la tête dépassent les limites de la table...

Souvent en mode 'immediate'

- Vérifier le point de référence du laser (pex bas-droite au lieu de haut-gauche)
- Tenir compte des zones d'accélération à gauche et à droite des gravures
- Chercher un morceau de ligne oublié hors cadre, même inactif

En cours de travail

Pause, Start

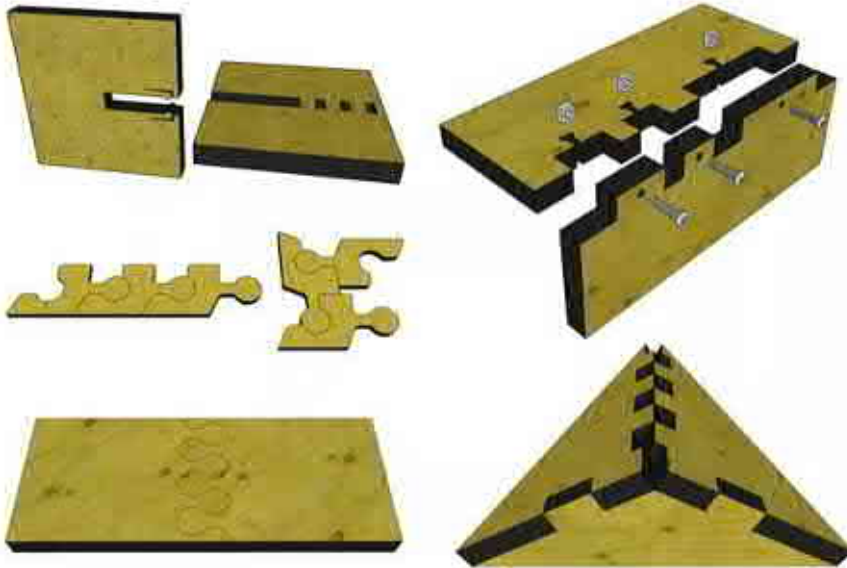
Changer la vitesse : de 0 à 100% de la vitesse initiale

Puissance: 0-100% de la puissance initiale (2 valeurs : en coins/en lignes droites)

Joints “CNC” - conviennent aussi pour le laser

CNC Panel Joinery Notebook

<https://makezine.com/2012/04/13/cnc-panel-joinery-notebook/>

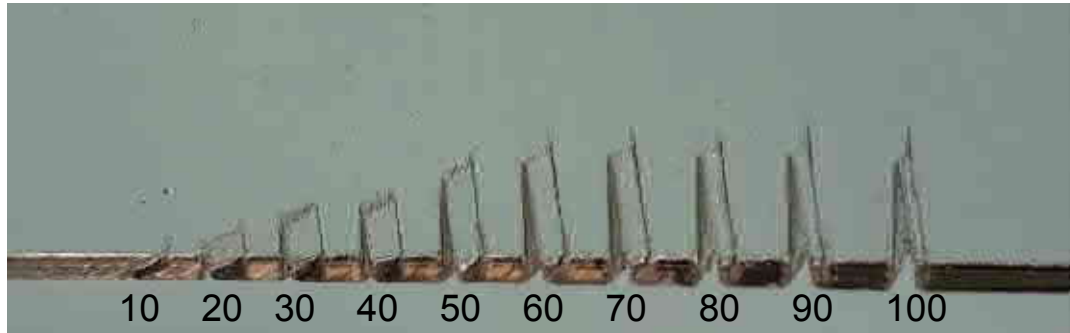


Vieillessement du tube

Découpe: rester sous les 70% sinon vieillissement prématuré, saturation

Exemple de test: 10 lignes de coupe sur la tranche d'un plexi,
10%, 20%, ..., 100%.

Image retournée pour mieux représenter la courbe; saturation dès 70%:



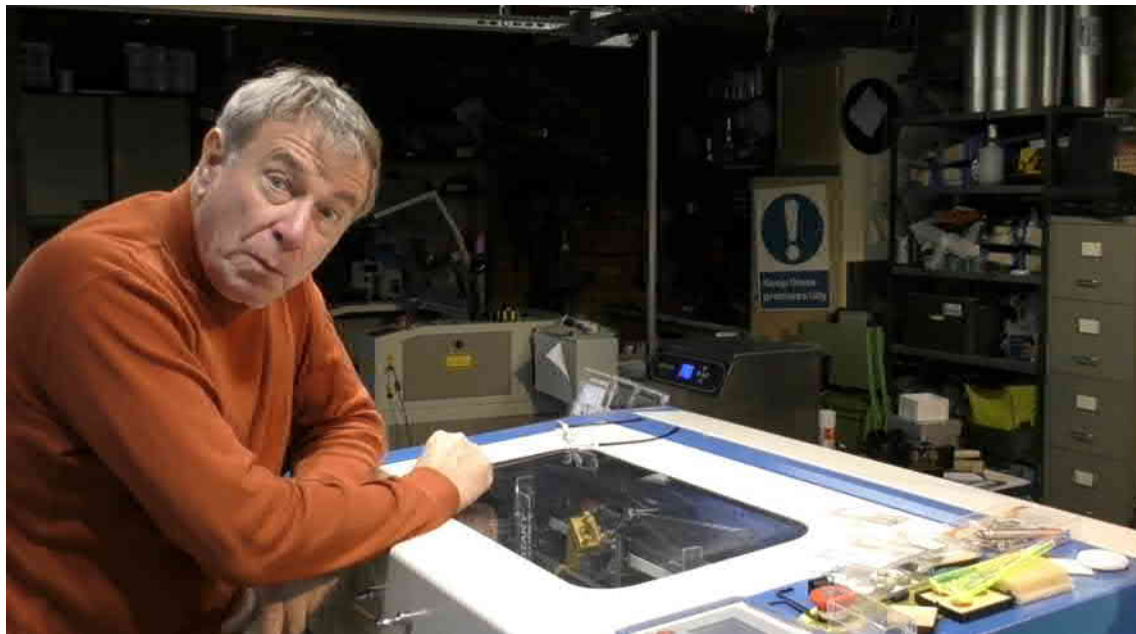
Quand un passionné s'y met...

Plus de 100 vidéos sur son périple: <https://youtu.be/YvrMeUUzaBo>

“Chinese laser cutter tutorial”

Comparable à la machine
du Makilab

Il a creusé le sujet de fond
en comble;
index via la page “Laser”
du wiki du Makilab.



Pour aller plus loin

Manuel lasercut:

[https://rabbitlaserusa.com/Manuals/User%20Manual\(DSP5.3\).pdf](https://rabbitlaserusa.com/Manuals/User%20Manual(DSP5.3).pdf)

Tutoriels lasercut en français:

<http://grntech.free.fr/lasercut.html>

Le wiki du Makilab

<https://wiki.makilab.org/index.php/DecoupeLaser>

That's all folks

Maintenant, pratiquer tu dois.

Présentation faite au Makilab (www.makilab.org - info@makilab.org - Préparation: Quentin Berten, ajouts: Stéphane Peters)

Diffusé sous licence



(<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)