# Découpe et gravure laser

## Une introduction

PDF générés en utilisant l'atelier libre « mwlib ». Voir http://code.pediapress.com/ pour plus d'informations.
PDF generated at: mar, 24 avr 2018 18:55:37 CEST

# Contenus

## Articles

Création d'outils pédagogiques avec une découpeuse laser 1

## La découpe et la gravure laser **4**

Guide découpe et gravure laser 4

Découpe et gravure laser 6

Matériaux pour la découpe et la gravure laser 11

Trotec Speedy 100R 16

## Outils de conception **26**

Illustrator pour la découpe et la gravure laser 26

Inkscape pour la découpe et la gravure laser 29

LibreOffice Draw pour la découpe et la gravure laser 36

Powerpoint pour la découpe et la gravure laser 52

Introduction au tranchage de pièces 3D pour la découpe laser 62

Tranchage avec Autodesk 123D Make pour la découpe laser 65

Tranchage avec Photoshop pour la découpe laser 69

## Références

Sources et contributeurs de l'article 73

Source des images, licences et contributeurs 74

## Licence des articles

Licence 75

# Création d'outils pédagogiques avec une découpeuse laser

- Qualité: finalisé
- Difficulté: débutant

## Introduction

Jusqu'à présent, la fabrication numérique a été considérée comme un médium ou sujet d'apprentissage et non pas comme une opportunité qui permettrait aux enseignants de créer des objets pédagogiques adaptés à leurs propres besoins. Après avoir élaboré cette proposition, nous discutons l'expérience de deux cours-projets. Dans le premier, les participants ont créé des « kits constructifs » à l'aide d'une imprimante 3D. Dans l'autre, les participants ont créé des « outils pour activités créatives de groupe » en utilisant une découpeuse laser. Nous nous interrogerons sur les opportunités et les difficultés offertes par ces technologies de « making » pour fabriquer des outils pédagogiques par les enseignants.

La fabrication numérique grand public a été formalisée par Gershenfield [1] au début des années 2000. L'objectif de son premier « FabLab » au MIT était d'initier les étudiants à « (presque) tout fabriquer ». Caractérisé par une pédagogie par projet, une organisation « just in time » et une forte entre-aide entre élèves, ce cours a servi de modèle pour créer de nombreux « fab labs » qui partagent une charte à la fois émancipatoire et pédagogique : (1) créer et partager des solutions techniques locales pour des problèmes locaux (le « prototype » réutilisable devient alors le produit), (2) inciter les jeunes à faire de l'ingénierie et de la science sur le terrain. En parallèle du mouvement « fab lab », le bricolage est devenu branché grâce au « making » où l'on crée et partage des designs numériques dans des communautés en ligne ou dans des « maker spaces », DIY workshops, « hacklabs », « public labs », etc.

Les premiers éducateurs introduisant des technologies de fabrication dans leur classe font un lien avec le constructionnisme de Papert et ses précurseurs [2]. On reconnaît aussi l'empreinte de pédagogies libertaires telles que celles de Freire ou Freinet. Dès 2013, les premiers manuels pour enseignants apparaissent [3]. Le design et la fabrication digitale semblent être destinés aux apprenants dans le rôle de concepteur [4] [5] et non pas à la fabrication sur mesure d'outils d'enseignement au sens large (pédagogique) et au sens propre (ressource), alors qu'ils ont un rôle central.

Pour le didacticien Schneuwly, « *un outil médiatise une activité, lui donne une certaine forme. Mais ce même outil représente aussi cette activité, la matérialise. Autrement dit: les activités ne sont plus seulement présentes dans leur seule exécution. Elles existent en quelque sorte indépendamment d'elle dans les outils qui les représentent et par là-même signifient* » [6]. Les objets pédagogiques physiques ont une longue histoire dans l'éducation. Zuckerman [7] [8] identifie trois variantes et usages de ces « manipulables » : construction et design (Fröbel), manipulation conceptuelle (Montessori), et jeux de rôle sur la réalité (Dewey). A cela, on peut ajouter la visualisation. Le potentiel de la fabrication digitale et son appropriation par les enseignants pour créer ces types d'outils pédagogiques ont été très peu étudiés, d'où cette contribution.

Nous postulons que le design et la fabrication numérique permettent aux enseignants de créer des instruments pédagogiques physiques intéressants et parfois contribuer à transformer leur pratique.

Nous nous sommes posés les questions exploratoires suivantes : Peut-on s'approprier les technologies de fabrication pour créer des outils pédagogiques intéressants ? Quelles sont les difficultés et les contraintes ? Est-ce que l'entre-aide vient naturellement ? Y-a-t-il une dimension transformative dans le fait de « construire » ?

## Exploration de terrain avec deux cours pilotes

Depuis près de 6 ans, nous enseignons la fabrication numérique à des étudiants en technologie éducative. Deux cours-projets donnés aux semestres d'automne 2015 et 2016[9] intégraient les éléments suivants : des activités d'éveil technique (pièces pour un projet commun), des projets de groupe, des rapports descriptifs et réflexifs, des contributions wiki et enfin une participation à un événement pour le public.

Dans le cadre du 1er cours - Stic4-2015 - les participants devaient réaliser un kit constructif, c'est-à-dire un ensemble d'éléments qui peuvent être joints pour construire un nouvel objet, en utilisant une imprimante 3D.

L'objectif du second cours - Stic3-2016 - était de créer des « outils pour activités créatives de groupe » à l'aide d'une découpeuse laser.

Les deux cours avaient la même organisation : (1) initiation à la technologie où chaque participant crée des objets simples qui s'insèrent dans un dispositif commun, (2) définition et implémentation d'un projet de design par étapes, (3) participation à la création d'une documentation commune (4) participation à un évènement/présentation hors cours.

Ce livre wiki représente le output du 2ème cours. La grande majorité des articles réunis dans ce volume ont été rédigés par les étudiant(e)s du cours Stic3-2016. L'ensemble des textes a été ensuite révisé par les éditeurs de ce volume.

## Observations et perspectives

La conception 2D pour la découpe et la gravure s'est avérée relativement facile, mais les spécificités à observer pour la gravure et la découpe ont posé quelques problèmes au départ. L'utilisation de la découpeuse laser a été relativement aisée . Dans l'ensemble, on constate que la technologie nécessite une petite formation dédiée suivi d'un encadrement et que la plupart des novices deviennent autonomes relativement rapidement. La conception et l'impression 3D dans un cours similaire donnée en 2015 posaient plus de challenges technologiques.

La plupart des objets créés par les participants dans les deux cours entrent dans l'une des trois catégories suivantes: des projets innovateurs à bon potentiel d'utilisation, des objets classiques « sûrs » (puzzles, modèles et mises en correspondance) et quelques projets non pédagogiques. Autrement dit, on corrobore notre hypothèse de travail que, malgré un bon nombre de challenges technologiques, la fabrication digitale permet de créer des objets intéressants, utiles et utilisables par d'autres. Les projets sont décrits dans la 4ème partie et le lecteur ou lectrice peut lui/elle-même se forger une opinion.

Certains objets ainsi que les rapports consultables en ligne et à la fin de ce volume montrent que le design d'outils physiques a amené les participants à penser autrement une activité pédagogique et on peut donc formuler l'hypothèse que la fabrication digitale - notamment la technologie de découpe laser - a le potentiel pour aider à transformer des pédagogies. Il faudrait maintenant tester cette idée avec une population plus large, par exemple des enseignants divers sur le terrain.

## Références

[1] Gershenfeld, N., A. *FAB: The Coming Revolution on Your Desktop – From Personal Computers to Personal Fabrication*, Basic Books, (2005).

[2] Blikstein, P., Digital Fabrication and 'Making' in Education: The Democratization of Invention. In J. Walter-Herrmann & C. Büching (Eds.), *FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors*. Bielefeld: Transcript Publishers, 2013

[3] Libow Martinez, Sylvia & Gary Stager. Invent To Learn Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom. Constructing Modern Knowledge Press, (2013).

[4] Walter-Herrmann J, Büching C, editors. *FabLab: Of machines, makers and inventors*. transcript Verlag; (2014).

[5] Blikstein, P., S. Libow Martinez & H. Allen Pang (eds). Meaningful Making: Projects and Inspirations for Fab Labs + Makerspaces, Constructing Modern Knowledge Press, (2016).

[6] Schneuwly, B. Les capacités humaines sont des constructions sociales. Essai sur la théorie de Vygotsky. European Journal of Psychology of Education, (1987), 1(4), 5.

[7] Zuckerman, O., Historical Overview and Classification of Traditional and Digital Learning Objects MIT Media Laboratory, (2006). Available at https://llk.media.mit.edu/courses/readings/classification-learning-objects.pdf

[8] Zuckerman, O. Designing digital objects for learning: lessons from Froebel and Montessori, *International Journal of Arts and Technology* 3 (1), (2010), 124-135.

[9] http://edutechwiki.unige.ch/fr/stic4-2015 et http://edutechwiki.unige.ch/fr/stic3-2016

## Notes et remerciements

Ce texte reprend avec des modifications un poster présenté à EIAH 2017 (http://eiah2017.unistra.fr/).

Je tiens à remercier chaleureusement nos étudiants et coauteurs pour leur investissement dans le cours Stic3-2016 (https://edutechwiki.unige.ch/fr/Stic3-2016) et leur participation dans la journée rendez-vous de l'enseignement (https://www.unige.ch/dife/enseigner-apprendre/soutien-enseignement/rendez-vous-de-lenseignement/), le 11 mai 2017: Arthur Merat, Philippe Berset, Lydie Boufflers, Sophie Linh, Olivier Gaudet-Blavignac, Brice Maret, Leyla Ahmadova, Brigitte Steiner, Nathalie Borgognon, Régis Le Coultre, Fatima Chokri, Aya Benmosbah, Julien Venni, Quentin Gyger, Jessica Ceresa, Claudia Romero, Nina.devincent, Ludmila Banaru, Joyce Maurin, Geneviève Donnet, Liudmyla Gapiuk, Romain Dewaele, Monika Marano, Robin Pétermann, Sebastien Waeger, Mouhamed Diop

Je remercie les deux coéditeurs, Matthieu A. Borgognon et Nathalie S. Borgognon (cofondateurs du Fab Lab At3flo (https://www.at3flo.ch)) pour leur grand travail de révision.

Daniel K. Schneider, Mai 2017

# La découpe et la gravure laser

## Guide découpe et gravure laser

- Qualité: finalisé
- Difficulté: débutant

### Introduction

Edutechwiki contient un certain nombre de tutoriels e autres articles pour la découpe et la gravure laser. Cet article résume les contributions les plus importantes.

- Création d'outils pédagogiques avec une découpeuse laser (contexte et motivation)

### Tutoriels techniques

#### La découpe et la gravure laser

- Découpe et gravure laser
- Matériaux pour la découpe et la gravure laser
- Trotec Speedy 100R

#### Outils de conception

A priori, on peut utiliser n'importe quel logiciel de dessin vectoriel pour créer un design à découper et à graver. Toutefois, il existe des contraintes au niveau des fabricants qu'il faut respecter, comme celles décrites dans l'article Trotec Speedy 100R

- Illustrator pour la découpe et la gravure laser
- Inkscape pour la découpe et la gravure laser
- LibreOffice Draw pour la découpe et la gravure laser
- Powerpoint pour la découpe et la gravure laser
- Introduction au tranchage de pièces 3D pour la découpe laser
- Tranchage avec Autodesk 123D Make pour la découpe laser
- Tranchage avec Photoshop pour la découpe laser

### Articles conceptuels

Les articles suivants donnent des éclaircissements théoriques pour la conception d'outils pédagogiques.

Outil cognitif

Objet d'apprentissage constructionniste

Kit de construction

Apprentissage Multisensoriel

Jouer pour apprendre

Tangible Elearning

Pédagogie Froebel

Pédagogie Montessori

Outils pour la dynamique de groupe

Makestorming

## Travaux d'étudiant-e-s

Depuis près de 2012, nous enseignons la fabrication numérique à des étudiants en technologie éducative. La plupart des cours intégraient les éléments suivants : des activités d'éveil technique (pièces pour un projet commun), des projets de groupe, des rapports descriptifs et réflexifs, des contributions wiki et enfin une participation à un événement pour le public. Ci-dessous nous incluons les projets du cours STIC III donné au semestre d'automne 2016 et qui portait sur la notion de kit constructif

- Projets STIC III semestre d'automne 2016 (survol de projets)

Liste projects

STIC:STIC III (2016)/Projets

STIC:STIC III (2016)/Apprendre l'alphabet russe

STIC:STIC III (2016)/L'atelier mémo parent-enfant

STIC:STIC III (2016)/Cata-forme

STIC:STIC III (2016)/Do-Mi domino musical

STIC:STIC III (2016)/Dungeon's Crown

STIC:STIC III (2016)/Entrainement sportif

STIC:STIC III (2016)/fabrication de phrase

STIC:STIC III (2016)/Hànz'up

STIC:STIC III (2016)/le raton conteur

STIC:STIC III (2016)/Les lettres de l'alphabet

STIC:STIC III (2016)/Programming Boty

STIC:STIC III (2016)/Puzzle de correspondance sur l'alphabet

STIC:STIC III (2016)/Puzzle pour apprendre la géographie et la faune animale

STIC:STIC III (2016)/Tables de multiplication

STIC:STIC III (2016)/Topo-kit

## Livres virtuels

- Découpe et gravure laser
- Création d'objets pédagogiques et ludiques avec une découpeuse laser

# Découpe et gravure laser

- Qualité: finalisé
- Difficulté: débutant

## Introduction

Selon Wikipédia [1], «la **découpe laser** est un procédé de fabrication qui consiste à découper la matière grâce à une grande quantité d'énergie générée par un laser et concentrée sur une très faible surface. Cette technologie est majoritairement destinée aux chaînes de production industrielles, mais peut également convenir aux boutiques, aux établissements professionnels et aux tiers-lieux de fabrication.» La gravure laser se fait avec la même technologie, mais en utilisant une puissance laser réduite.

LASER signifie **amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement**:

**L** Light

**A** Amplification

**S** by Stimulated

**E** Emission

**R** of Radiation

Il existe trois principaux types de lasers :

- les lasers CO2 (majorité des lasers sur le marché). Généralement, le laser CO2 utilise un mélange gazeux couplé à une décharge électrique pour produire le faisceau laser,
- les lasers YAG (ou Grenat d'Yttrium et d'Aluminium). Le faisceau laser est produit par l'excitation d'un cristal de synthèse par une décharge électrique ou une source lumineuse,
- les lasers à fibres optiques (développement le plus récent en matière de découpe laser). Le faisceau laser est généré dans une fibre active et acheminé au moyen d'une fibre de transport vers la tête de découpe de la machine.

**Au TECFA**, on utilise une machine laser CO2, la Trotec Speedy 100R [2]

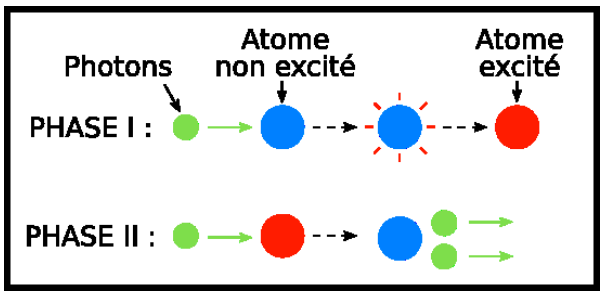
Pour la découpe et la gravure laser, plusieurs types de matériaux peuvent être utilisés. Les plus couramment utilisés sont le contreplaqué, l'acrylique (e.g. Plexiglas), le carton, le RFL (Resorcinol Formaldehyde Latex - pour la fabrication de tampon encreur) et le MDF.

**Illustration en vidéo du fonctionnement d'une machine laser**

## La découpe laser

### Principe de base

Le faisceau laser est généré par l'excitation d'un atome de matière LASER (solide, liquide ou gazeux - dans notre cas CO2). Cette excitation est alimentée par *pompage*. Le pompage consiste à envoyer un photon sur l'atome à l'aide d'une source d'énergie externe, que ce soit une décharge électrique, une source de lumière, voire un gaz. Dans une première phase, ce photon va donc exciter le matériau LASER en le faisant changer



Principe atomique du LASER

d'état électronique, il sera donc chargé d'un photon. Puis, dans une deuxième phase, un deuxième photon va être bombardé sur l'atome, cette fois excité, ce qui aura pour effet de le *décharger* de deux photons en même temps. Ce processus en 2 phases va être répété autant que nécessaire, soit de manière continu, soit pulsé.

Notons que cette opération engendre deux effets fondamentaux :

l'émission monochromatique d'un flux de lumière à une seule longueur d'onde en fonction du matériau Laser utilisé. Ce dernier déterminant les applications possibles du laser,

la cohérence dans le temps (toutes les ondes sont en phase), et dans l'espace (le faisceau est unidirectionnel).

## Principe de la source laser

C'est donc dans la source laser que le faisceau est généré. Plus concrètement c'est ce mouvement d'allers et venus, que l'on appelle donc pompage, qui va créer le faisceau à faible densité en sortie.

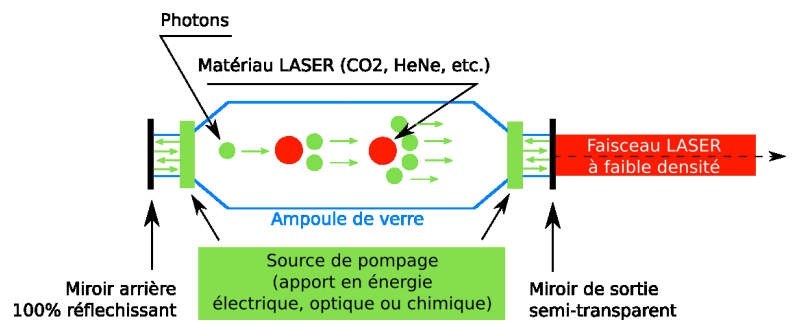


Schéma d'une source LASER

En fait, le tube laser possède deux miroirs :

Le miroir arrière qui va refléter toutes particules de lumière en retour,

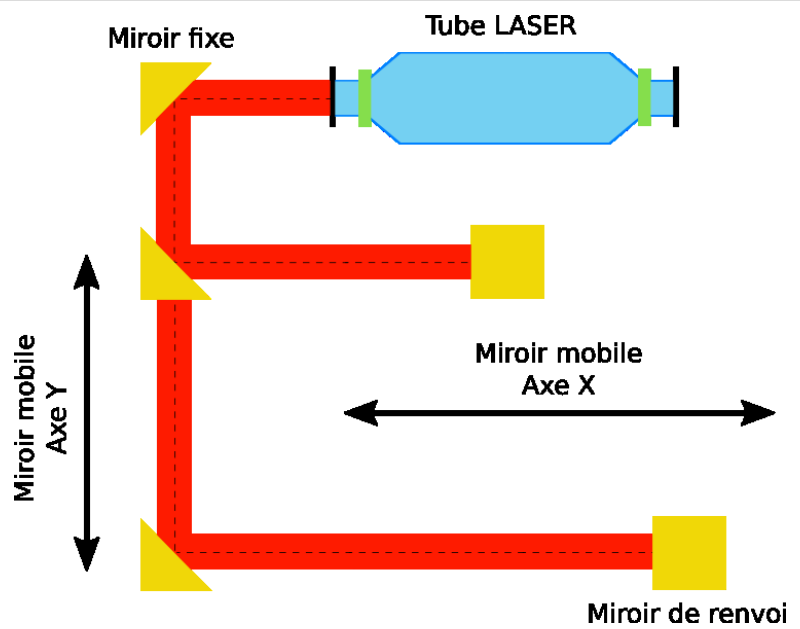
Et le miroir de sortie, qui lui est semi-transparent, c'est-à-dire qu'il laisse passer une infime quantité de lumière et renvoie le reste en retour.

## Le parcours du faisceau dans la machine

Voici une illustration du parcours du faisceau dans la machine :

Le faisceau parcourt 5 segments :

- Le laser se dirige vers le miroir fixe à l'arrière de la machine
- Puis, du miroir fixe vers un miroir mobile (le miroir de l'axe Y)
- Puis ce miroir mobile va renvoyer le faisceau vers le miroir de renvoi (axe X)
- Puis du miroir de renvoi à la lentille de focalisation
- Enfin, de la lentille de focalisation au matériau à découper.



Chemin parcouru par le faisceau LASER

Pour procéder à la gravure/découpe laser, le faisceau se déplace dans deux directions : à l'horizontale (axe X) et à la verticale (axe Y). Le déplacement se fait simultanément : on parle alors de déplacement interpolés. Les chemins de découpe sont donc des lignes vectorielles - ou des arcs de cercle - la tête du laser se déplaçant le long de ces lignes par un mouvement combiné, ou pas, suivant les axes "X" et "Y".

## La tête laser

Vous l'aurez compris, c'est dans la tête laser que le faisceau est dirigé. En partant du miroir de renvoi situé au sommet de celle-ci. Ce miroir étant, à l'instar des autres, réglable à l'aide de vis pointeaux, afin de garantir la meilleur focalisation possible. Le but étant de concentrer à très forte densité le faisceau laser, et ce, au moyen de la lentille de focalisation qui le dirige en un point vers le matériau à découper.

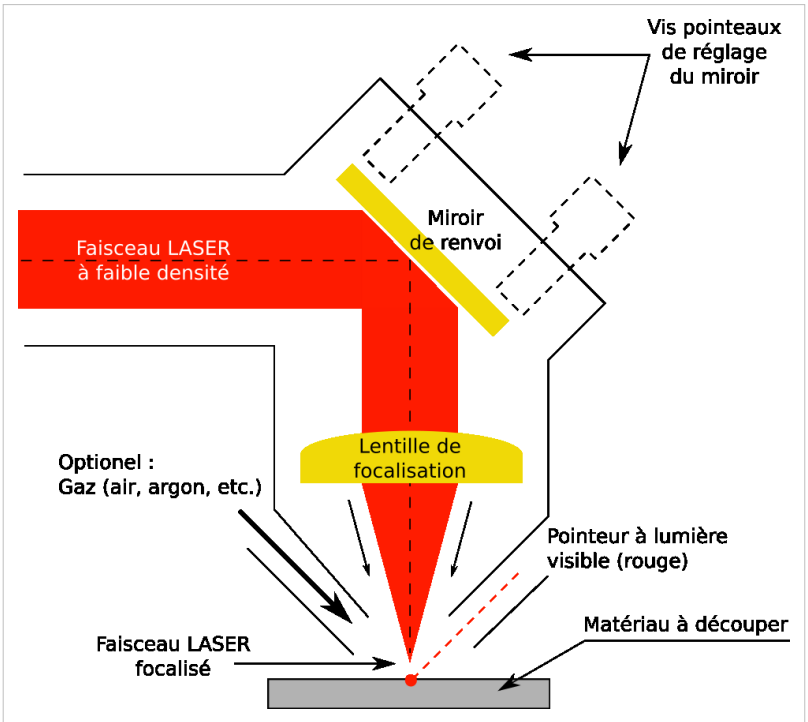


Schéma explicatif tête LASER

En résumé, le principe du laser (*i.e* de la création du faisceau laser) est de concentrer une quantité importante d'énergie, sous forme de lumière, sur une très faible surface.

**ATTENTION :** comme nous l'avons dit précédemment, le laser peut découper plusieurs types de matériaux; il est donc essentiel que les paramètres (puissance du laser, vitesse, etc.) de la machine soient parfaitement adaptés au type de matériaux utilisé (voir : Trotec 100 R Material settings table [3]) car la mauvaise utilisation de la machine peut être potentiellement dangereuse et notamment prendre feu.

## Résultats sur le matériau

La focalisation du laser sur le matériau peut le faire :

- Fondre
- Brûler
- Se vaporiser

Pour ces 3 opérations, il convient de régler les paramètres de la machine, notamment :

- la puissance (en % des W, par ex 50% veut dire 25W pour une machine qui fait 50W)
- la vitesse
- la résolution (DPI)

> **A noter** que la coupe laissera une trace de suie pour la grande majorité des matériaux comme le bois et le carton (mais pas l'acrylique). Cette trace pouvant être aisément enlevée par un ponçage léger.
>
> **Pour les réglages**, se référer à l'article Trotec Speedy 100R [2] ou au manuel d'instruction de la machine Speedy 100R manual [4].

Cependant, retenez que : plus la puissance est faible, plus la découpe sera nette mais plus le temps de découpe sera long... tout est une question de compromis !

# La gravure laser

## Principes de la gravure laser

La gravure laser consiste à enlever une fine couche de matière. Lors de la gravure, l'intensité du rayonnement laser fait fondre ou s'évaporer le matériau (il est "usé" par le laser). On parle de "gravure" laser car le marquage est définitif.

L'utilisation de la gravure laser permet le marquage de "précision" (comptez 1/10e de millimètre) :

- De tous les matériaux de type organique, minéral, céramique ou plastique, tel que : carton, bois, béton, céramique, acrylique (Plexiglas), etc.
- Sous toutes les formes: carré, circulaire, convexes, concaves ou toute autre forme.
- De tous les caractères : chiffre, lettre, dessin, logo, sigles etc.

**ATTENTION :** ne jamais regarder le faisceau lumineux directement ! Il y a un risque pour vos yeux !

## Fonctionnement de la gravure laser

Le parcours du faisceau est le même que celui de la découpe : *cf.* plus haut.

Il existe deux types de gravure laser dont chacun travaille la matière différemment :

- **La gravure en trames** : le rayon laser va graver ligne par ligne la couche supérieure du matériau (*i.e* le faisceau se déplace à l'horizontale/ou à la verticale). Le résultat est une gravure monochrome de haute qualité. La plupart des travaux de gravure utilise cette méthode. Un exemple sont les badges mono-chrome réalisés pour l'étage TECFA du bâtiment Pignon en 2016: Voir la page Module 1 sous 4. Liste des productions [5]. On peut régler avec précision la résolution et la puissance de la gravure.
- **La gravure vectorielle**: le rayon laser va graver l'image en suivant ses contours. Cette méthode est plus adaptée pour des matières comme le cuir, le plexiglas, le verre ou certains métaux. D'un point de vue pratique, on peut dire que la gravure vectorielle est équivaut à paramétrer une découpe à faible puissance (on accélère la vitesse de découpe par un facteur de 50 par exemple) en utilisant une lentille dé-focalisée.

La gravure en trames sur machine laser est semblable à une imprimante. La tête du laser se déplace de gauche à droite le long de l'axe "X" de manière très rapide ; le déplacement sur l'axe "Y" est, quant à lui, très lent. On peut par contre inverser cette logique dans les cas nécessaires, la machine se déplaçant selon l'axe "Y" très rapidement ; avec un déplacement lent en "X".

## Résultats sur le matériau

Comme pour la découpe laser, la focalisation du laser sur le matériau peut le faire :

Fondre

Brûler

Se vaporiser

**A noter** que deux passages pour la gravure sont parfois utiles pour que le matériau soit bien gravé, notamment pour le contreplaqué bouleau.

# Sécurité

## Mise en garde

**Une découpeuse laser peut être extrêmement dangereuse:**

Les vapeurs peuvent être toxiques. Au point de rendre malade, infertile, voire, causer la mort lors d'expositions longues et répétées,

Les faisceaux laser (qui sont invisibles à l'oeil nu) peuvent vous rendre aveugle.

## Précautions

**La machine doit :**

Être pourvue de protections,

Être doté d'un système de filtrage d'air,

Être conforme aux règlements pour les classes de faisceaux laser.

**Le matériau utilisé pour la découpe / gravure :**

Il est strictement interdit d'introduire dans la machine tout ce qui inclut du chlore (e.g. PVC). Ceci causerait de graves dégâts aux axes machine. Sans compter que le gaz produit lors de la découpe du PVC est létal,

Il est également à éviter les bois à base de colle composite, tel que le MDF. En effet, le formaldéhyde qui s'en dégage lors de la découpe (voire même lors du stockage) est reconnu comme cancérogène.

**Le personnel doit :**

Porter des lunettes adaptées à la longueur d'onde du LASER (si la machine ne possède pas de filtre adéquat),

Porter un masque de filtration lors des travaux prolongés et dans les endroits mal ventilés,

Dans la mesure du possible, il est recommandé d'être au minimum deux personnes pour l'utilisation de la machine. Un départ de feu est très vite arrivé et la réactivité est le maître mot dans ces circonstances.

## Plans de maintenance

Une découpeuse laser doit être régulièrement maintenue. Il faut notamment veiller à nettoyer la lentille de focalisation ainsi que le dernier miroir de renvoi car ils sont exposés à la poussière.

### Tableau de maintenance

| | Tous les jours | Toutes les semaines | Tous les mois | Tous les ans |
|---|---|---|---|---|
| **Laser** | | | | |
| Lentilles, Miroirs | Vérifier le nettoyage si nécessaire | | | |
| Table de gravure et règles | A nettoyer | | | |
| Couvercle du tube laser et du boîtier | | | A nettoyer | |
| Zone de travail complète | | | A nettoyer | |
| **Système d'échappement** | | | | |
| Sac de filtration | Nettoyer selon les instructions du manuel technique de la machine | | | |
| Lit de filtration | | | | |
| Filtres à particules | | | | |
| Filtre à charbon actif | | | | |

## Ressources

- Principe de la découpe laser [6]
- Monsieur Bidouille (Youtube) : La découpe laser en 3 parties [7]

## Références

[1] https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9coupe_laser
[2] http://edutechwiki.unige.ch/en/Trotec_Speedy_100R
[3] http://edutechwiki.unige.ch/en/Trotec_Speedy_100R#Material_settings_table
[4] https://www.troteclaser.com/fileadmin/content/images/Contact_Support/Manuals/Speedy-100-Manual-EN.pdf
[5] http://edutechwiki.unige.ch/fr/STIC:STIC_III_(2016)/Module_1#Liste_des_productions
[6] http://www.atelierthorey.com/principe-de-la-decoupe-laser/
[7] https://www.youtube.com/watch?v=tBG8asUFFoE

# Matériaux pour la découpe et la gravure laser

- Qualité: finalisé
- Difficulté: débutant

## Matériaux à prohiber

Une machine laser CO2 peut découper ou graver une grande variété de matériaux (par exemple certains plastiques, le bois, le carton, les textiles, le liège, etc.). Cependant, toutes les précautions doivent être prises, afin d'éviter des dommages irrémédiables (lire l'introduction de Universal Laser Cutter Tutorial [1] (MIT)).

Il convient notamment de ne **jamais** découper les matériaux suivants :

| Matériau | Désignation | DANGER ! | Cause |
|---|---|---|---|
| MDF | Panneau de fibres à densité moyenne (medium-density fibreboard) | Produit des émanations cancérogènes | 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 cancérogène" à "cancérogène 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 !!! |
| 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 Styrène | 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. |

Source :

- Laser Cutter Materials [2] (Hackerspace)

## Polyoxyméthylène (POM)

Surtout connu sous le nom commercial "Delrin" ou "Acetal", le POM est un thermoplastique technique. Il est reconnu pour ses qualités mécaniques : il est particulièrement résistant, et possède une excellente stabilité géométrique. Il s'agit d'un des plastiques les plus solides et il est assez facile à graver. La coupe peut nécessiter quelques finitions.

Sa forme naturelle est une sorte de blanc. Attention aux mélanges avec d'autres plastiques et certaines peintures.

## Polyméthacrylate de méthyle (PMMA)

Le PMMA se trouve sous plusieurs formes sur le marché. On notera notamment plusieurs variations dans la transmission de la lumière : du transparent - en remplacement du verre - à l'opaque. Le plastique à base d'acrylique se découpe relativement facilement.

### Panneaux opaques

Les variantes bicolores sont très appropriés pour créer toutes sorte de cartes, panneaux à visser sur les murs, etc.

Chez Trotec, ils sont vendus sous le nom "TroLase"

### Verre acrylique (Plexiglas)

Le verre acrylique, mieux connu sous le nom de Plexiglas ou encore Plexi ou Perspex est vendu chez Trotec sous le nom "TroGlass". Il est préférable de placer la plaque sur quelques morceaux de bois plutôt que directement sur la grille (il y aura moins de réflexion pouvant endommager le plexi).

Il existe deux types de Plexiglas - moulé ou extrudé. Le Plexiglas moulé semble convenir le mieux.

**Verre acrylique moulé**

(Plexiglas GS)

- présente une meilleure surface
- permet une découpe plus précise
- devient blanc ou mat (opaque) après gravure, ce qui donne un meilleur contraste

**Verre acrylique extrudé**

(Plexiglas XT)

- est moins cher
- reste transparent
- ne se découpe pas aussi bien, parfois même mal.

En d'autres termes, le Plexiglas extrudé est moins cher, mais les résultats (de découpe comme de gravure) ne sont pas très bons.

## Carton, papier cartonné et papier

Tous ces matériaux se découpent bien et se gravent plutôt bien.

### Carton ondulé

Le carton ondulé est un très bon matériel de prototypage, puisque qu'il est facilement disponible (boîtes d'expédition, cartons de pizza, etc.). On le trouve en différents formats :

- Simple cannelure : ~3mm (épaisseur similaire à celle du plexi ou du contreplaqué)
- Double cannelures : ~7mm (idéal pour la réalisation de meubles en carton
- Triple cannelures : ~16mm (pour de lourdes charges ~500kg)

Il est important de d'utiliser une puissance adaptée pour découper et graver en un seul passage. En effet, il y a un risque important de départ de feu dans la machine. Dans tous les cas, une bonne ventilation est nécessaire.

### Papier épais

Le papier épais pouvant être utilisé avec une imprimante laser ou jet d'encre, peut être gravé et découpé.

## Bois

### Bois massif

Le bois de sapin (e.g. caisses à vin (ep. 7mm)) se découpe particulièrement bien. Non seulement, il est facile à découper en deux passages, mais il a aussi l'avantage de sentir bien moins mauvais que du MDF ou du contreplaqué (voir points suivants). De plus, celui-ci produit très peu de déchets de coupe, comparé aux deux autres.

Pour ce qui est des fournisseurs, on en trouve chez Troctec au format 300x100x5mm, dans les essences telles que : érable, chêne, aulne, cerisier, noix. D'autres grossistes tels que Hornbach, Bauhaus, mais aussi les magasins de bricolages en proposent sous différents formats avec des bois provenant parfois même de la région.

## Bois d'ingénierie (composite)

Plusieurs variantes de bois composites sont populaires, puisque ceux-ci sont bon marché et stables. Cependant, ils contiennent de la colle et d'autres composants qui rendent leur découpe plus difficile que du bois massif (non résineux). De plus, les composés de colle peuvent représenter un risque pour la santé comme mentionné dans le cadre du MDF.

### Panneau de fibres à densité moyenne (MDF)

Selon Wikepedia (en) [3] (octobre 2016), "Le panneau de fibres à densité moyenne (ou MDF pour *medium-density fibreboard*) est un produit de bois d'ingénierie, réalisé en broyant des résidus de bois dur ou tendre dans des fibres de bois, souvent dans un défibreur, puis en le combinant avec de la cire et un liant de résine, et enfin en formant des panneaux en y appliquant une température et une pression élevées. Le MDF est généralement plus dense que le contreplaqué".

Il en existe plusieurs variantes. Toujours selon Wikipedia, le MDF est typiquement composé de 82% de fibres, 9% de colle de résine urée-formaldéhyde (urea-formaldehyde resin glue), 8% d'eau et 1% de paraffine. Sa densité est typiquement entre 500 kg/m³ et 1'000 kg/m³.

Les fumés sont nocives, car cancérogènes. Le MDF était le matériel le plus populaire dans les Fab Labs, car stable, solide et pas cher. Cependant, plusieurs Fab Labs décident maintenant de s'orienter vers de nouvelles solutions. Il existe cependant une solution de MDF sans adjonction de formaldéhyde, autrement appelé NAF pour No-Added Formaldehyde. C'est actuellement la norme la plus élevé d'émission en formaldéhyde. Les marques déposées Topan®, Innovus®, Agepan® de l'entreprise TAFIBRA Suisse SA en sont un exemple.

### Panneau de fibres à haute densité (HDF)

Le panneau de fibres à haute densité (ou HDF pour *high-density fiberboard*), également appelé "panneau de fibres dur" est, selon Wikipedia (en) [4] (octobre 2016), similaire au panneau de particules ou au MDF, mais est plus dense et beaucoup plus résistant et dur car fabriqué de fibres de bois (exploded wood fibers) qui ont été hautement compressées. En conséquence, la densité du panneau en fibres dur est d'au moins 500kg/m³, mais est généralement entre 800-1040 kg/m³. Il est beaucoup utilisé dans l'industrie d'ameublement et de construction. Le HDF conserve les principales problématiques du MDF, même s'il se découpe sans trop de difficultés à la laser.

### Contreplaqué

Le contreplaqué comprend au moins trois couches de bois tournées. Les planches de contreplaqué peuvent être moins chères à produire que le bois mais seront dans ce cas plus sensibles aux variations de l'environnement. Le contreplaqué est un matériau obtenu à partir de fines couches de bois ou "plis" qui sont collés ensemble. Les couches sont successivement tournées de 90°, afin de garantir que les veines soient aussi bien dans le sens horizontal que vertical. Cette manière de construire le contreplaqué peut lui conférer des caractéristiques mécaniques supérieures aux composites (e.g. bois de coffrage).

Il existe un ensemble de variétés de contreplaqué, en voici les principales *(cf. aussi bois.com)* [5]:

- le contreplaqué de bois tendre, utilisé pour mobilier cintré, moulage, modelage, bricolage, etc. ;
- le contreplaqué de bois dur, utilisé pour des utilisations finales exigeantes. Le contreplaqué de bois dur se caractérise par son excellente résistance, sa rigidité et sa résistance au fluage (déformation irréversible) Wikipedia (en) [6] ;
- le contreplaqué d'aviation (ou grande légèreté), habituellement utilisé pour la fabrication d'ULM, modélisme, instruments de musique.

Pour la découpe au laser il y a trois défis :

- éviter les défauts (par exemple, les nœuds) des couches intérieures ;

- puissance de découpe. Le contreplaqué de bonne qualité (par exemple, marine okourné ou bouleau) sont plus difficile à découper que les composites ;
- gérer la question des colles.

En général, plus il y a de couches plus grande est la qualité, car les nervures se recoupent et diminuent l'influence des noeuds. Comme l'indique le nervous system blog [7], de multiples couches impliquent une augmentation du risque de nœuds, de la quantité de colle, etc. D'autant plus que certains fabricants ajoutent des paillettes de métal dans la colle afin d'identifier leur production, ce qui rend ces contreplaqués totalement inadaptés à la découpe au laser CO2. Il existe des compagnies qui vendent du contreplaqué conçu spécifiquement pour l'utilisation d'un laser CO2.

## Élastomères (polymères souples) et polymères expansés

Divers polymères souples et/ou expansés peuvent être découpés, mais ils ont tendance à fondre, voire à dégazer. Des précautions particulières doivent être prises (e.g. ventilation en marche et nettoyage des lentilles après chaque utilisation). Il faut également strictement éviter tout ce qui contient du chlore (voir chapitre des matériaux à prohiber).

Selon Trotec [8] (octobre 2016), les mousses à base de polyester (PES), polyéthylène (PE) ou polyuréthane (PUR) ou Neopren® conviennent bien pour la découpe laser, la gravure au laser et le marquage au laser.

**Polyester** Le polyester est principalement utilisé pour les vêtements.

**Polyuréthane** (PU) C'est le genre de mousse qu'on peut trouver dans des emballages ou des matelas. Voici quelques noms de marques : PUR, PU, Cellasto®, Elastocoat®, Elastoflex®, Elastofoam®, Elastolit®, Elastopal®, Elastopan®, Elastopor®, Lupranol®, Baydur®, Bayfill®, Bayflex®, Baylit®, Baymer®, Baytherm®, Desmodur® (selon Eurolaser [9])

Il existe différentes densités (mesurées en kg/m³ et le matériel est plutôt bon marché.

Comme dit dans la section des matériaux à prohiber, le **Polystyrène expansé** (PSE) - connu sous les noms de marques : PS, Hostyren®, Vestyron®, Styropor®, Hostapor®, Vestypor®, SMART-X®, Elmer's - et le **Polyéthylène**, sont très **inflammables**, à éviter donc, ou tout au plus ne pas découper de fortes épaisseurs. Ce type de produit pourrait, dans ce cas, faire l'affaire : DTFB Dollar Tree Foam Board (3/16" polystyrene foam core) [10].

## Textiles

Les fibres dites « naturelles » comme le feutre, le chanvre ou le coton se découpent bien. Il y a un effet soudure qui va arrêter les bords.

**Attention** : Il y a un risque que la tête d'impression accroche le textile flottant et déplace le tout. Afin d'éviter cela, il faut s'assurer que le tissu soit parfaitement lisse. Il est par exemple possible de l'envelopper autour d'une plaque de métal ou, encore mieux, de le maintenir en place avec du scotch double-face.

Certaines fibres synthétiques donnent également de bons résultats, mais il faut être extrêmement vigilent (en particulier, encore une fois, ne *jamais* utiliser de PVC, vynil ou simili-cuir - voir chapitre matériaux à prohiber). On sera donc prudents avec les textiles sans étiquette.

La gravure est un plus compliquée mais tout à fait possible. Graver des matériaux polaires fonctionne le mieux. Les réglages doivent être ajustés, mais le rendu final est très intéressant et surtout pérenne dans le temps.

## Liens

- Trotec online shop [11] (Trotec Suisse)
- Matières à graver [12] (online shop, Trotec France)

## Références

[1] http://fab.cba.mit.edu/content/tools/universal_laser/
[2] http://atxhackerspace.org/wiki/Laser_Cutter_Materials
[3] https://en.wikipedia.org/wiki/Medium-density_fibreboard
[4] https://en.wikipedia.org/wiki/Hardboard
[5] http://www.bois.com/construire/bois-materiau/contreplaque
[6] https://en.wikipedia.org/wiki/Plywood
[7] http://n-e-r-v-o-u-s.com/blog/?p=6042
[8] https://www.troteclaser.com/en/applications-laser/mousse-filtres/
[9] https://www.eurolaser.com/fr/materiaux/polyurethane-pur/
[10] https://www.dollartree.com/Readi-Board-Foam-Boards/p16450/index.pro
[11] https://www.gravurmaterialien.ch/
[12] https://www.matieres-a-graver.fr/laser-matieres-a-graver/trolase.html

# Trotec Speedy 100R

- Qualité: finalisé
- Difficulté: débutant

## Introduction

Cet article décrit l'utilisation de la découpeuse et graveuse Trotec Speedy 100R [1]. Quelques principes sont applicables à d'autres modèles.

Voir aussi:

- en:Trotec Speedy 100R

Manuels :

- Manuel JobControl logiciel laser [2]
- Manuel de gravure et découpe laser [3] (introduction)

## Spécifications du modèle 100R du TECFA

La machine s'intègre facilement dans une pièce moyennant un système de ventilation adéquat. La machine ne nécessite que deux prises électriques standard (230V).

**Speedy 100R**

- Laser d'une puissance de 50 Watts (correspondant au 100%) CO2 (verrouillé à 10,6 µm en longueur d'onde)
- Lentille standard de 2" (inch), disponible en option 1,5" ou 2,5"
- Surface de travail de 610 x 305 mm
- Vitesse maximale de gravage 1800 mm/sec (correspondant au 100%)
- Taille (approx.) : 982 x 780 x 457 mm
- Poids (approx.) : 88 kg

- Refroidissement à air

**Ventilateur d'évacuation ATMOS Compact**

- Débit d'air maximum : 250 m³/h
- Pression négative maximum à 230V : 0.085 bar (8,500 Pa)
- Filtre sac F9 et charbon actif
- Dimensions : 815 x 675 x 555 mm
- Poids (approx.) : 88 kg

**Page constructeur :**

- https://www.troteclaser.com/fr/

**Manuels officiels:**

- Manuel Speedy 100 [4]
- Datasheet Atmos exhaust systems [4]

## Précautions d'usage

- La machine peut être un outil dangereux. C'est pourquoi, il n'est permis de l'utiliser que si une "formation" en compagnie d'un "expert" a été distillée !
- Ne pas laisser de matériaux inflammables dans, ou à proximité, de la machine, particulièrement lorsqu'elle est allumée.
- **Avant** d'allumer la machine, il faut s'assurer de savoir comment l**'arrêter en cas d'urgence**.
- Garder une couverture anti-feu et un extincteur à proximité de la machine.
- Ne jamais faire de découpe laser avec un matériau prohiber (cf. Matériaux pour la découpe et la gravure laser) !
- Éviter de regarder directement le laser lorsque celui-ci est en action.
- Ne jamais soulever le hayon de protection si le faisceau laser est en action. Utiliser le bouton "Pause" avant de soulever le hayon.

# Procédure à suivre pour la découpe et la gravure laser sur Speedy 100R

Ci-après, vous trouverez un descriptif des étapes à suivre pour graver / découper avec la machine laser.

Pour la Speedy 100R, les réglages des différents matériaux sont accessibles plus loin dans ce document. Cependant, certains de ces règlages ont été effectués par les enseignants (à voir avec eux).

## Préparation de la machine avant la gravure/découpe

1. Nettoyez la lentille (avec un chiffon microfibre ou équivalent), si nécessaire ;
2. allumez la machine (bouton derrière en haut à gauche quand on est face à la machine) ;
3. vérifiez que le capot de la machine est bien fermé (sans cela, la machine ne pourra pas terminer son initialisation);
4. attendre le signal sonore qui confirme que la machine est prête ;
5. placez le matériel à découper sur la grille :
   - ouvrir le couvercle ;
   - placez la planche de découpe dans un coin (e.g. haut-gauche - point 0,0), contre les règles verticales et horizontales ;
   - vérifiez que la planche soit suffisamment plate (par exemple une planche de bois aura tendance à se courber légèrement ce qui peut conduire à une disparité dans la profondeur de la gravure). Dans le cas contraire, disposez, par exemple, des limes en métal pour aplanir le tout ;

**OK :** Placement correct de la brucelle

6. mise au point du faisceau laser (manuellement) :
   - par défaut (pour la lentille de résolution moyenne) le faisceau est situé à 5.08cm sous la lentille. (pile 2 pouces, d'où le .08) ;
   - positionnez la tête de traitement au-dessus de la pièce de travail avec les flèches directionnelles positionnées à droite de la vitre ;
   - accrochez l'outil de mise au point ("la brucelle, ou également appelé, le guide") sur l'anneau externe, à droite de la tête de travail ;
   - puis, montez petit à petit la table de travail jusqu'à ce que l'outil de mise au point tombe de lui-même. En d'autres termes, monter le plateau à l'aide des flèches haut-bas sur le tableau de commande de la découpeuse laser jusqu'à ce le guide touche légèrement la surface de la pièce ;
   - retirez le guide ;

**KO :** La brucelle est dans le mauvais sens et trop haute : le "pied de biche" de gauche ne doit pas toucher la planche de travail avant la brucelle !

2. (**alternative**) : mise au point du faisceau laser avec le logiciel :
   - cliquez sur l'icône "focus laser" dans Trotec JobControl (assurez-vous que l'épaisseur du matériau, la hauteur de la table de travail et le type de lentille sont corrects !).

Illustration en vidéo :

## Préparation du dessin

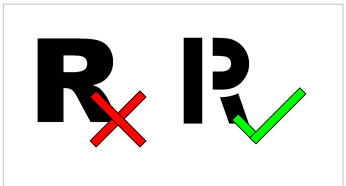
### Créer un dessin

N'importe quel dessin vectoriel fera l'affaire. Puisque JobControl va travailler depuis le fichier d'impression. Par exemple, le logiciel de contrôle analysera le postscript et vous permettra de configurer l'impression à partir de là.

Cependant, il a été remarqué que le processus ne fonctionne pas correctement avec certains dessins Inkscape (versions 0.4x), par exemple. JobControl ne parvient pas à identifier certains vecteurs. Voici donc quelques conventions à respecter :

- Une couleur standard de la palette des 16 couleurs base avec les bonnes valeurs RGB.
- Par convention, on utilise le rouge pour couper et le noir pour graver au TECFA.
- Les chemins doivent impérativement avoir une épaisseur inférieure à 0.1mm (< 0.1mm) pour couper.
- Pas de bitmaps dans les dessins (sauf si vous désirez utiliser un algorithme de type "dithering" pour graver).
- Transformez tous les objets en chemins (Menu Path -> Object to Path
- Transformez les lignes (strokes) en chemins) Menu Path -> Stroke to Path). Ensuite remplir ces chemins avec un "fill", vous pouvez enlever les contours.
- Vous pouvez aussi essayer de produire d'abord un PDF (Print to PDF) avant d'imprimer le document PDF (potentiellement meilleur traitement du postscript).
- Enfin, veillez à utiliser des polices ne possédant que du remplissage (fill only - cf. figure ci-contre). Si vous avez des problèmes avec certains polices, transformez les textes en chemins et éditez-les.

| # | Color | R | G | B |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | 0 | 0 | 0 |
| 2 | | 255 | 0 | 0 |
| 3 | | 0 | 0 | 255 |
| 4 | | 51 | 102 | 153 |
| 5 | | 0 | 255 | 255 |
| 6 | | 0 | 255 | 0 |
| 7 | | 0 | 153 | 51 |
| 8 | | 0 | 102 | 51 |
| 9 | | 153 | 153 | 51 |
| 10 | | 153 | 102 | 51 |
| 11 | | 102 | 51 | 0 |
| 12 | | 102 | 0 | 102 |
| 13 | | 153 | 0 | 204 |
| 14 | | 255 | 0 | 255 |
| 15 | | 255 | 102 | 0 |
| 16 | | 255 | 255 | 0 |



Quoi qu'il en soit, assurez-vous d'installer la dernière version d'Inkscape et de lire Inkscape pour la découpe et la gravure laser.

**Impression du fichier de dessin**

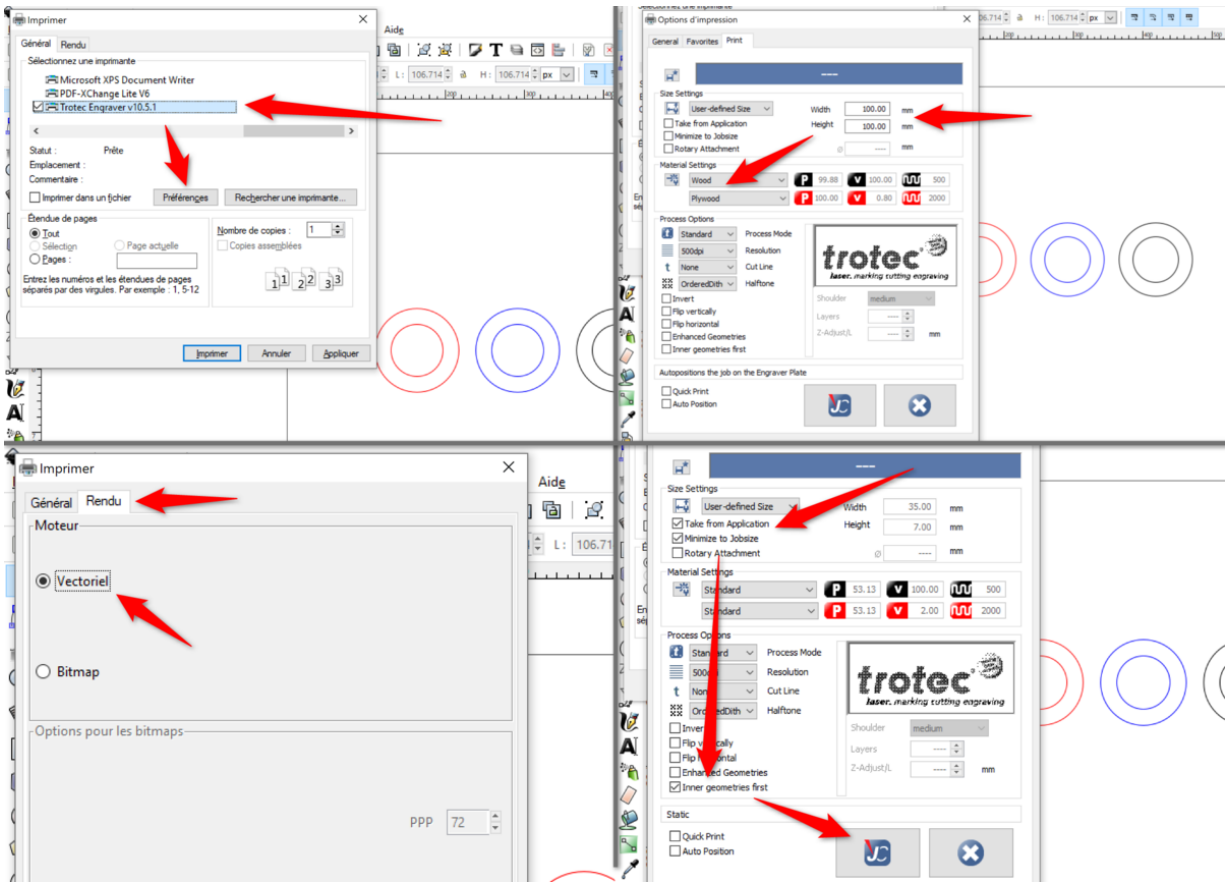
Après avoir préparé votre fichier avec le logiciel de votre choix, comme par exemple :

- Libre Office Draw (consulter la page LibreOffice Draw pour la découpe et la gravure laser)
- Inkscape (consulter la page Inkscape pour la découpe et la gravure laser)
- Illustrator (consulter la page Illustrator pour la découpe et la gravure laser)

Procédez comme suit :

1. depuis le logiciel de dessin ou de rendu : cliquez sur la fonction "impression" (généralement disponible sous **Fichier->Imprimer**) ;
2. sélectionnez l'imprimante `Trotec Engraver` ;
3. cliquez sur `Propriétés`
4. ajustez la taille du dessin aux dimensions de votre matériau ;
5. ici, il est possible de définir (au minimum) :
   - les paramètres du matériau, en reprenant les paramètres définis pour un certain type de matériau et pour une certaine épaisseur (ces paramètres pourront également être changés par la suite dans JobControl) ;
   - l'algorithme (par exemple, pour un simple dessin vectoriel, utilisez la couleur pour couper et graver. En revanche, s'il y a des images bitmap, vous pouvez essayer l'Optimisation, le Stucki, etc.) ;
6. cliquez sur le logo Job Control (JC) ;
7. vérifiez que le mode de sortie soit réglé sur `Vector Output` ;
8. assurez-vous que l'échelle soit correspondante à celle de votre dessin ;
9. enfin, cliquez sur imprimer ("Print").

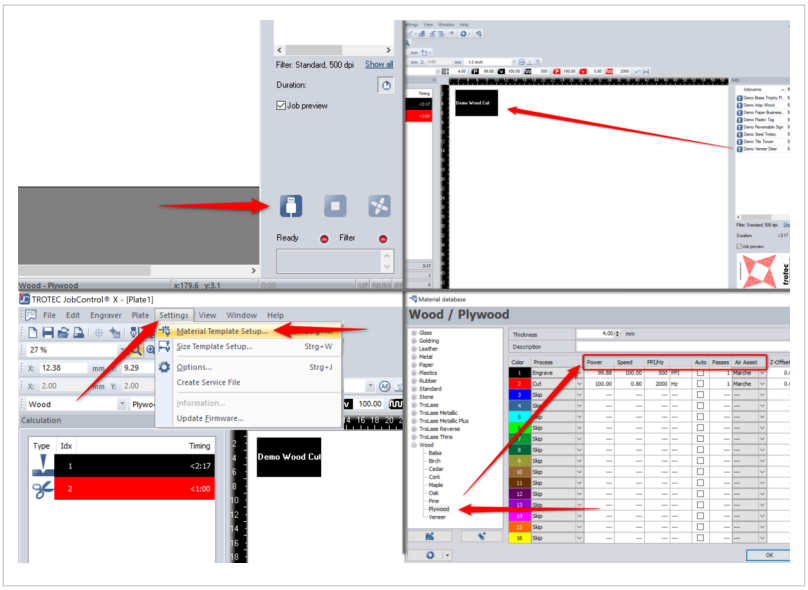
Après quelques secondes d'attente, Trotec JobControl va ainsi s'ouvrir et le fichier d'impression devrait apparaître dans la liste des travaux en attente, à droite de l'écran.




Préparation du fichier de découpe

## Préparation du fichier dans JobControl

Dans le logiciel JobControl :

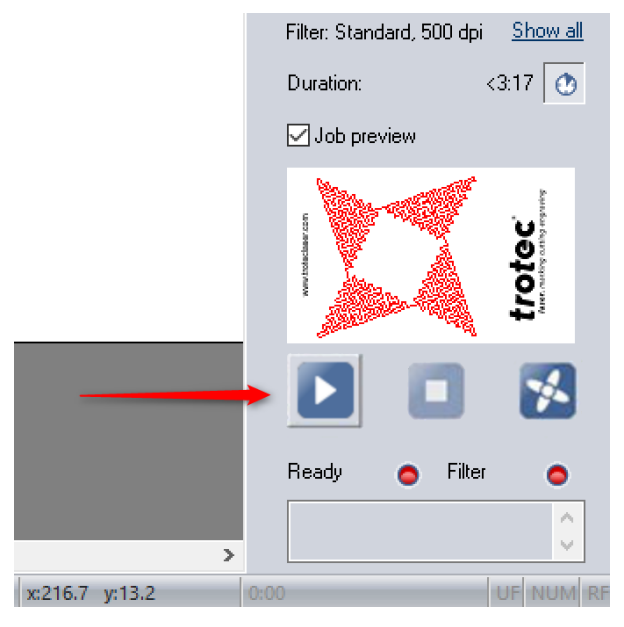



1. `établir la connexion` dans JobControl en bas à droite du logiciel, en cliquant sur le logo USB ;
2. attendre le signal sonore indiquant que machine et ordinateur communiquent ensemble ;
3. au niveau du laser : déplacez la tête à la position où vous prévoyez de commencer à usiner votre matériau avec les flèches à droite sur le tableau de commande de la machine ;
   - cela permet notamment de visualiser où positionner son travail sur le logiciel JobControl, et ainsi de graver/découper sur la planche de découpe et non dans le vide ;

4. positionnez le travail sur le plateau soit avec un double-clic ou en glissant-déposant le "job" de votre choix (menu de droite) vers l'espace de travail (situé à gauche). Votre job apparaîtra sous forme d'un rectangle noir ;
5. alignez le coin du matériau sur le laser ;
   - faites attention à la taille du travail : il ne doit pas dépasser de la planche de découpe. De plus, si la planche de découpe a déjà été utilisée au préalable, vérifiez qu'il y ait la place pour votre travail ;
6. allez dans `programmation >> configuration des matériaux` et choisir le matériau approprié. Vérifiez notamment :
7. (**alternative**) `double-cliquez` sur l'espace de travail (dans le vide) pour afficher la librairie des matériaux où il est possible de modifier tous les paramètres ;
   - le matériau de gravure ;
   - les paramètres de `puissance`, `vitesse` et `pulsation/fréquence (PPI/Hz)` ;
   - l'épaisseur du matériau (important si le laser découpe en `plusieurs passes`) ;
   - les codes couleurs pour graver/découper (regardez le tableau à gauche). Cliquez sur `mettre à jour`. S'il y a un message de mise en garde à propos de vecteurs non-identifiés (unidentified vectors), retournez dans l'outil de dessin et assurez-vous que chaque objet ait la bonne couleur (noir pour la gravure, rouge pour la découpe, les codes RGB, etc.). Par exemple, les couleurs héritées (inherited colors) depuis Inkscape semblent ne pas s'importer correctement. Il faut donc tout dégrouper, sélectionner les éléments à graver et s'assurer qu'il s'agit de trait (stroke) ou de remplissage (fill) ou des deux de la bonne couleur. Si un élément ne ressort pas de la couleur prévue, mais plus clair ou plus foncé (gris clair au lieu de noir par exemple), cela signifie que JobControl ne gravera pas cet élément. Il sera nécessaire de retravailler le dessin (sous Inkscape, voir Inkscape pour la découpe et la gravure laser : JobControl ne voit pas mon dessin) ;
8. vérifiez également l'orientation de la pièce de travail (`clic droit` sur l'objet) et l'orientation du plateau ;
9. puis, le point de départ de l'axe y (en haut ou en bas) (clic droit sur la plateforme) ;
10. enfin, en bas à gauche, vous pourrez mettre à jour l'estimation du temps de découpe > cliquer sur `mettre à jour` ;

Cliquez sur l'icône de l'œil pour un aperçu de la tâche : vous verrez apparaître vos lignes de découpe, et gravure dans la couleur appropriée. Une fois que tout est OK, cliquez sur le bouton `imprimer` (en bas à droite).

## Lancement de la gravure/découpe et surveillance




1. `Établir la connexion` dans JobControl en bas à droite (si ce n'est pas encore fait) ;
2. vérifiez `Exhaust Ready` (échappement prêt) dans le Contrôle de Graveur (Engraver Control, lumière verte sous la flèche en bas à droite) dans le contrôle de JobControl ;
3. lancez l'impression en cliquant sur le bouton `play` (la flèche en bas à droite) dans JobControl ;
   - la machine va procéder dans l'ordre des couleurs sélectionnées. Autrement dit, si vous avez respectez la convention du TECFA, la machine commence par la gravure et termine par la découpe ;
4. surveillez la découpe tout au long du travail de la machine ;

- **Attention** : pour la gravure, ne fixez pas le laser, celui-ci peut abîmer vos yeux malgré l'absorption de la vitre de protection !

5. attendre au moins une minute (pour une évacuation complète des fumées).

## Réglages

Il y a beaucoup de possibilités de paramétrage réalisable, il est d'ailleurs possible de créer des profils pour les enregistrer. Cependant, il existe trois paramètres principaux que l'on retrouve sur la majorité des machines laser : la puissance [W], la vitesse [mm/sec], la fréquence de découpe [Hz] et la résolution de gravage [DPI => PPI (Pulses Per Inch].

**Ajustement des paramètres basiques:**

- puissance variable de 1 à 100% (en ratio de la puissance max, ici 50W) ;
  - pour la découpe, généralement 100% ;
  - pour la gravure, généralement 50% ;
- vitesse variable de 1 à 100% (en ratio de la puissance max, ici 1800 mm/sec) ;
  - pour la découpe, généralement 1% ;
  - pour la gravure, généralement 100% ;
- fréquence de la découpe (plus rapide = plus puissant, mais plus inflammable), variable de 1'000-60'000 Hz ;
  - généralement 1000 Hz dans la plupart des cas ;
- résolution de la pulsation de gravage, variable de 500 à 1000 PPI ;
  - généralement 500PPI pour un gravage rapide ;
  - généralement 1000PPI pour un gravage de qualité ;

N.B. 1 : l'épaisseur maximale du matériau, est généralement comprise entre 2-5mm avec la machine du TECFA.

N.B. 2 : les job "rapide" doivent être imprimé dans JobControl avec une résolution minimale de 333 DPI; les jobs de "qualité" seront eux imprimés dans JobControl avec un minimum 600 DPI.

**Paramètres avancés:**

- Les paramètres "de création de fichier d'impression" peuvent définir si on utilise le schéma de couleurs standard (i.e. ligne fine rouge pour le découpage et le noir pour la gravure) et comment rendent les images, etc.
- La répétition pour la découpe et/ou la gravure. Certains matériaux ont besoin 2-3 passages.

Lien vers le manuel Trotec [2])

### Autres réglages

Voir Process_Options_and_parameters

### Tableau de paramètres pour matériaux

Le tableau ci-dessous résume certains réglages pour les matériaux. Effectuez systématiquement un test avec des chutes avant de couper/graver une plaque entière. Pour les matériaux vendus par Trotec, **si ce n'est pas déjà fait**, vous pouvez télécharger des profils [5] chez Trotec et les importer dans JobControl.

Vous pouvez trouver certains profils dans ce dossier web [6] (selected groups). Pour avoir quelques informations générales sur les matériaux à découper et à graver, lisez Matériel pour la découpe et la gravure laser

| Matériel | Puissance de la découpe | Vitesse de la découpe | Fréquence de la découpe (Hz) | Nombre passage de la découpe | Puissance de la gravure | Vitesse de la gravure | Résolution de la gravure (PPI) | Notes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MDF (fibres de bois) 3mm | 80 | 1 | 1000 | 1 | 50 | 100 | 500 | |
| MDF (fibres de bois) 5mm | 55 | 1.1 | 1000 | 2 | 50 | 100 | 500 | Attention aux flammes, 2 passages plus faibles réduisent. |
| Contreplaqué peuplier 3mm | 80 | 1 | 1000 | 1 | 80 | 50 | 500 | Nettement plus simple à graver et à couper que le bouleau Migros. |
| Contreplaqué peuplier 5mm | | | | | | | | |
| Contreplaqué bouleau 4mm | 100 | 1.3 | 1000 | 1 | 80 (ou 2x à 50) | 100 | 500 | Attention aux flammes |
| Contreplaqué bouleau 6.5mm (à vérifier !) | 100 | 0.4 | 1000 | 1 | 80 (ou 2x à 50) | 70 | 500 | Attention aux flammes |
| Plexi 4mm | 100 | 0.8 | 4000 | 1 | 80 | 100 | 500 | Positionner la plaque sur le dessus de quelques blocs en bois, pas directement sur la grille. |
| Plexi 3mm | 100 | 1 | 4000 | 1 | 80 | 100 | 500 | |
| Plexi 2mm | 100 | 1.2 | 4000 | 1 | 80 | 100 | 500 | |
| Trolase Textures 1.6 mm | 50 | 0.8 | 4000 | 1 | 70 ? (à tester) | 65 | 600 | Acrylique bi-color |
| Trolase Textures 1.6 mm matte | 50 | 0.8 | 4000 | 1 | 100 | 65 | 600 | Acrylique bi-color**Extra settings**: Z-offset is 2 (as opposed 0) in order to make the laser a bit thicker. (2) Start position at bottom (right-click, select properties) |
| Carton ondulé | 75 | 3 | 1000 | 1 | 60 | 100 | 1000 | Paramètres approximatifs, l'épaisseur et la densité sont très différents. Si la première couche est plus épaisse, choisir comme gravure P = 80 |
| Papier épais 0.25mm ? | 30 | 3 | 1000 | 1 | 80 | 100 | 1000 | |
| Gunold Step | 22 (25) | 1.9 | 1000 | 1 | | | | Textile spécial brodeire. Utilisez P=25 pour des découpages larges car le tissu sera voilé et le laser moins puissant .... |
| Bois de boîte à vin 7mm | 100 | 1.5 | 1000 | 2 | 60 | 70 | 500 | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L'aluminium anodisé, par ex. Ordinateurs portables (cela doit être testé!) | - | - | - | - | 100 ? | 100 | 500 | Non testé, dépend probablement aussi beaucoup du revêtement. Utiliser des réglages plus faibles pour les étuis en plastique! |
| Ajoutez un nouveau matériau ! | | | | | | | | |

## Ressources

- Tutoriels Sculpteo [7] (en Anglais)
- Tutoriels réglages et job control sur Trotec(débutant) [8]
- Manuel pour la Gravure et la découpe Laser Trotec [3]
- Découpe Laser - Guide des procédures pour l'étudiant [9]

## Références

[1] https://www.troteclaser.com/en/laser-machines/laser-engravers-speedy-series/
[2] https://www.troteclaser.com/fileadmin/content/images/Contact_Support/Manuals/JobControl-Manual-EN.pdf
[3] https://www.troteclaser.com/fileadmin/content/images/Contact_Support/Manuals/Manuel-pour-la-Gravure-et-la-Decoupe-Laser.pdf
[4] http://www.seri-deco.fi/files/Trotec_5428%20Atmos%20Exhaust%20Systems_www.pdf
[5] https://www.gravurmaterialien.ch/laser-parametres-download.html
[6] http://tecfa.unige.ch/guides/laser-cutting/trotec-100R-profiles/
[7] https://www.sculpteo.com/en/lasercutting/prepare-your-file-laser-cutting/
[8] https://www.youtube.com/watch?v=tKt2TPgfY2o
[9] http://media.wix.com/ugd/0913b1_be61314f521c4e83a18e7508e2d4d4cb.pdf

# Outils de conception

## Illustrator pour la découpe et la gravure laser

- Qualité: finalisé
- Difficulté: intermédiaire

### Description d'Illustrator

Adobe illustrator est un logiciel de dessin payant faisant partie de la suite Adobe. Il a pour particularité de permettre le dessin d'images vectorielles. Le grand avantage de l'image vectorielle est qu'elle est compatible avec toutes les résolutions d'écran puisque les traits sont calculés mathématiquement. On utilise donc énormément cette technique dans le Web design ou pour les logiciels multi-plateformes.

L'outil "plume" est l'outil principal de ce logiciel puisque c'est lui qui permet de poser plusieurs points reliés par un segment dont la courbe est déterminée par une simple tangente.

Voir aussi:

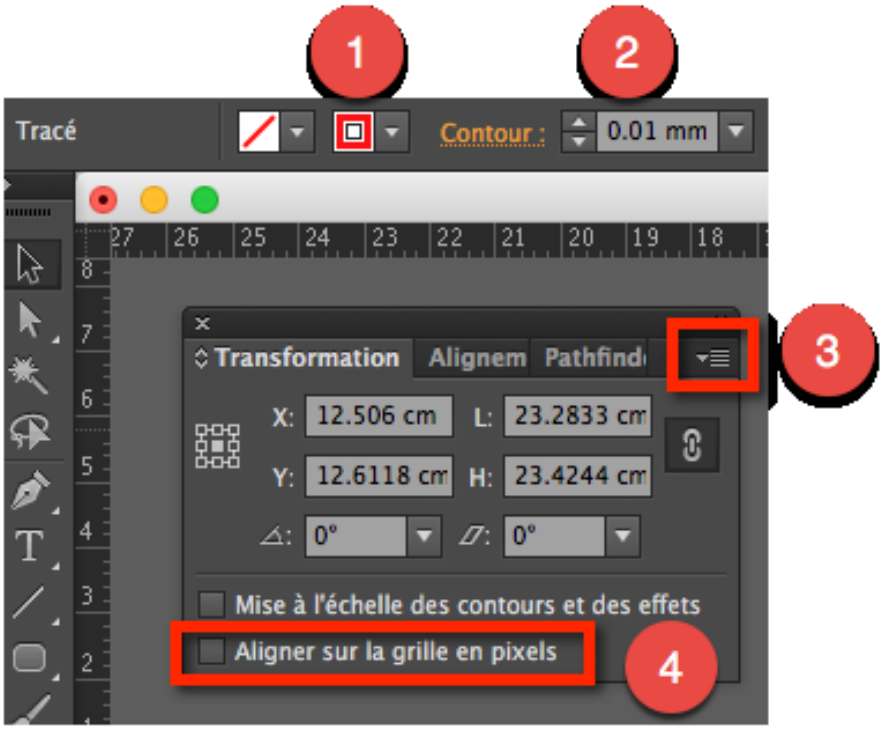
- Inkscape pour la découpe et la gravure laser
- LibreOffice Draw pour la découpe et la gravure laser
- Powerpoint pour la découpe et la gravure laser

### Tutoriel pour dessiner un badge circulaire de 8 cm de diamètre

1. Créer un nouveau projet en rajoutant 1 mm de **chaque** côté (donc 2mm) si vous avez pour ambition de pouvoir en imprimer plusieurs occurences.
2. Faites un clic droit sur la zone de dessin et affichez les règles. Elles vous seront utiles pour déterminer le centre de votre dessin.
3. Tirez une règle en cliquant une fois sur la règle du haut puis, en maintenant la souris enfoncée, tirer votre repère ainsi créé jusqu'au centre de votre zone de travail (pour nous, à 4.1 cm). Faites de même depuis la règle latérale pour obtenir le point central de votre dessin à l'intersection de vos deux repères.
4. Pour ensuite créer le cercle extérieur de votre badge, repérez tout d'abord l'outil forme puis sélectionnez le cercle en effectuant un clic droit sur l'icône concernée. Normalement, sur la barre supérieure de votre logiciel devrait figurer les diverses caractéristiques de votre cercle: les couleurs de remplissage et de bordure et l'épaisseur de cette bordure, pour les plus importants.
    1. Gardez à l'esprit que ce cercle sera le contour découpé par le laser et qu'il doit être indiqué comme tel. Nous allons donc utiliser la couleur rouge qui en RVB donne (255, 0, 0).
    2. La largeur de ce segment doit être très fin < 0.01 mm pour que le laser n'ait à passer qu'une fois. Si la largeur du contour est en pts ou en pixels, rendez-vous directement sous `Edition >> Préférences >> Unités et performances d'affichage >> Unités du contour` et changez la valeurs pour des millimètres.
5. Ajoutez ensuite les images et le texte que vous avez sélectionnés. Gardez en tête que toute découpe doit apparaître en rouge et que toute gravure doit apparaître en noir (0, 0, 0 en RVB)

### Paramètres du tracé

Comme expliqué précédemment, la taille du contour (stroke) qui détermine le tracé de coupe doit être de 0.01 mm. Si le logiciel ne permet pas de saisir cette valeur mais la remplace automatiquement par une autre plus grande, il faut s'assurer que l'option "Aligner sur la grille en pixel" n'est pas sélectionnée. Pour ceci, afficher la fenêtre de Transformation (Fenêtre > Transformation) et procéder ainsi:

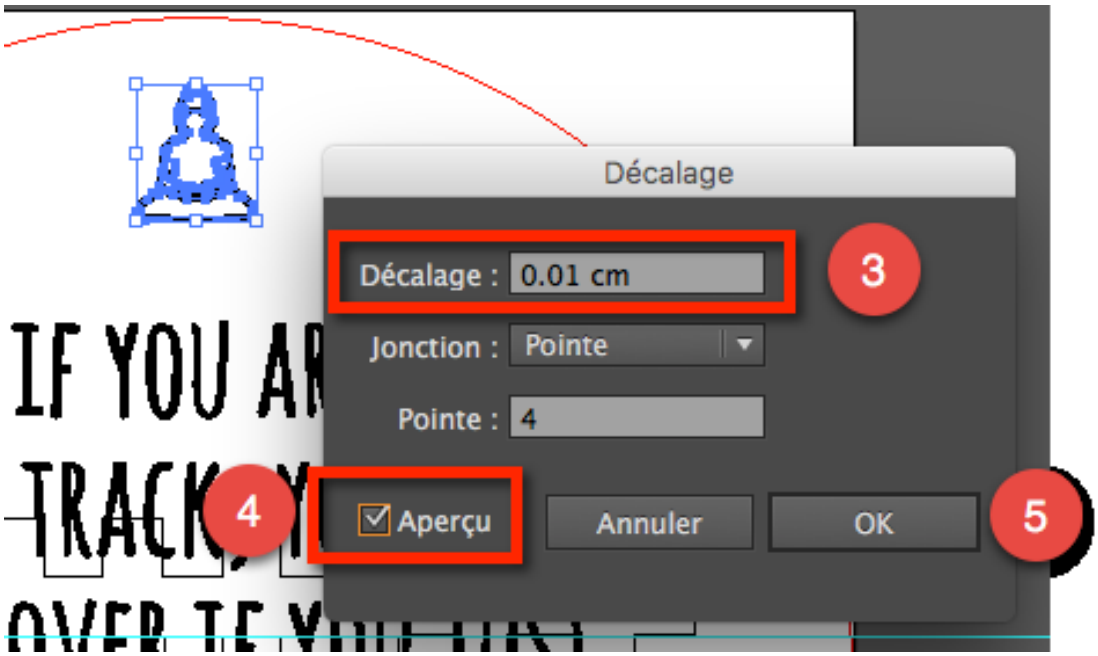



1. choisir l'option contour
2. rentrer la taille du contour. Si la valeur est écrasée par une valeur par défaut, passer au point suivant.
3. dans la fenêtre Transformation, choisir "Afficher les options" dans le menu déroulant
4. déselectioner l'option "Aligner sur la grille en pixel"

Il est maintenant possible de spécifier la valeur exacte de 0.01 mm.

### Modifier la taille d'un tracé

Si un tracé est trop pâle ou manque de relief à la gravure, il est possible de l'accentuer dans Illustrator. Cette option est particulièrement utile si la taille des objets à graver n'est pas uniforme. Voici comment procéder:




1. Sélectionner le tracé à modifier
2. Aller dans Effet > Tracé > Décalage
3. Spécifier la taille du décalage
4. Sélectionner l'option Aperçu afin de voir le résultat. Modifier si besoin la taille.
5. Cliquer sur OK

## Préparer le fichier créé dans Illustrator, pour une impression via Inkscape

Vous pouvez, depuis Illustrator directement envoyer le dessin vers l'impression ou encore créer un PDF que vous pouvez ensuite imprimer depuis une autre machine.

Alternativement, si la machine de contrôle de la machine ne possède pas Illustrator, vous pouvez exporter un dessin sous format SVG.

Lorsqu'on imprime un fichier .svg créé dans Illustrator via Inkscape, il faut tenir compte du fait que ces deux programmes n'utilisent pas la même résolution. Illustrator exporte les fichiers svg en 72 dpi alors qu'Inkscape travaille à 90 dpi. Il faut donc agrandir le dessin de 125% afin que la taille soit correcte dans Inkscape et à l'impression. Pour ceci:

1. Sélectionner l'ensemble des éléments à redimensionner
2. Objet > Transformation > Mise à l'échelle : faire une mise à l'échelle uniforme de 125%. Décocher la case "Mise à l'échelle des contours et des effets" pour la taille du trait de coupe ne soit affectée (si celui-ci était sélectionné)
3. Redimensionner le plan de travail via l'outil Plan de travail (Majuscule + o)
4. Enregistrer le fichier au format .svg

## Sites sources

- Présentation d'illustrator
  - Page Adobe Illustrator sur Wikipédia [1]
  - Page officielle [2]
- Tutoriels
  - Tutoriel officiel [3]
  - Tutoriels orientés Web design [4]

## Références

[1] https://fr.wikipedia.org/wiki/Adobe_Illustrator
[2] https://www.adobe.com/ch_fr/products/illustrator.html
[3] https://helpx.adobe.com/fr/illustrator/tutorials.html
[4] http://www.blogduwebdesign.com/tutoriel-illustrator/15-tutoriels-pour-decouvrir-et-maitriser-illustrator/978

# Inkscape pour la découpe et la gravure laser

- Qualité: finalisé
- Difficulté: intermédiaire

## Introduction à Inkscape

Inkscape est un logiciel FLOSS [1] de dessin vectoriel sous licence GNU/GPL. C'est un logiciel libre, ce qui signifie que chacun est libre de l'utiliser, le modifier, le distribuer, avec la condition de donner accès au code source si on y apporte des modifications. Il a pour but de devenir un puissant outil d'édition graphique tout en étant entièrement conforme avec les standards XML, SVG et CSS du W3C. Il s'agit d'un logiciel multiplate-forme, disponible notamment sous Windows, Mac OS X (sous X11), GNU/Linux et FreeBSD. Il a des fonctionnalités assez similaires au logiciel propriétaire Adobe Illustrator. Ce logiciel est conseillé à utiliser avec la découpeuse laser et les découpeuses vinyle.

## Fonctionnalités

Inkscape utilise le format SVG (Scalable Vector Graphics) comme format natif. Il permet de :

- Manipuler des formes, chemins, texte, marqueurs, des motifs et des groupements.
- Éditer des nœuds, gérer des couches, des opérations de chemins complexes, vectoriser des bitmaps, le texte suivant des chemins, le texte contournant des objets.
- Importer depuis de nombreux formats (Postscript, AI, EPS, JPEG, PNG, TIFF)
- Exporter en PNG, PDF, ainsi que de nombreux formats vectoriels.

Pour plus d'explications sur les fonctionnalités de Inkscape, référez-vous à Initialisation Inkscape [2]

## Sites sources

- Sites francophones:
  - Inkscape [3]
  - Inkscape-Wikipedia [4]
- Sites anglophones:
  - Inkscape [5]
  - Inkscape-sourceforge [6]
  - Inkscape video tutorials [7]

## Préparation du fichier dans Inkscape pour la découpe laser:

### Préparer ou ajuster son document dans Inkscape

Vous pouvez créer ou importer ( **Fichier** --> **Importer**) un document dans Inkscape.

Ce logiciel vous permet de personnaliser et ajuster un grand nombre de caractéristiques: unités, taille de page, grille, épaisseur du trait,... ce qui est très pratique lors de la préparation de votre fichier pour la découpe laser.

### Choisir les unités

Ouvrir les **Propriétés** du Document: **Fichier** --> **Propriétés**. Dans **Général**, en cliquant sur l'onglet **Page**, vous pouvez choisir les **Unités par défaut**. Utilisez plutôt les mm pour plus de compréhension. Cela fixera les règles d'Inkscape en millimètres, ce qui facilite la vérification des tailles des éléments et l'utilisation des guides de construction.

### Choisir la taille de la page

Pour ce qui est de la zone de dessin lorsque vous dessinez, il existe principalement deux approches :

- définir la taille de la page au maximum de la découpeuse laser (605 x 305) et l'unité en mm ;
- adapter la taille d'impression à la taille du dessin et laisser une marge de 1mm.

La première solution est plus pratique et visible si vous voulez imprimer un modèle avec plusieurs composants que vous voulez arranger dans l'espace pour optimiser l'utilisation du matériel. La deuxième solution vous permet par contre d'imprimer plusieurs objets à partir d'un même fichier source.

Vous pouvez choisir portrait ou paysage pour l'orientation de votre plan de travail, tout dépend de votre préférence lors de la production.

### Ajuster l'épaisseur des contours et notion de Kerf sur Inkscape

En bas à droite de votre document, en sélectionnant l'élément à retravailler, deux options doivent être visibles: **Fond** et **Contour**. Contour doit avoir un nombre à côté de ses cases de couleurs, qui indique l'épaisseur des traits de contour. Avec un clic droit sur un nombre, vous pouvez voir la liste des épaisseurs disponibles. Sélectionnez l'unité en mm pour que les contours soient mesurés en mm.

Un **kerf** représente l'épaisseur de la marque laissée par le laser lors de la découpe laser. Il doit être très fin, car il a un impact important sur des designs sensibles et de petites dimensions. La de nouveau, on doit choisir le mm comme unité de mesure. Cliquez sur une des lignes de votre découpe que vous voulez vérifier ou changer. Dans la fenêtre en bas à gauche double cliquez sur **Contour**, afin d'obtenir le tableau intitulé : **Fond et Contour**. Allez dans **Style de contour** et choisissez comme épaisseur de contour l'épaisseur du kerf pour le matériau que vous avez choisi. Par exemple: 0.01 mm.

Lorsque vous travaillez avec certains produits "haut de gamme" comme les machines Trotec, vous devez de toutes les façon utiliser un épaisseur "hairline" (0.01mm ou plus petit) pour indiquer les coupes. Si vous désirez obtenir un "kerf" large, vous devez définir 2 lignes de coupe. Pour obtenir un kerf un peu plus large que le défaut, vous pouvez défocaliser la lentille, c-a-d rapprocher ou éloigner la lentille de son emplacement idéal.

## La conception de dessins pour la découpe

La découpe laser utilise un fichier.svg pour déterminer les traits de coupe. Inkscape permet la création des fichiers appropriés. Par défaut, les traits rouges (255;0;0) seront découpés, alors que les traits noirs (0;0;0) seront gravés.

Vous avez trois possibilités:

(1) Réaliser votre propre dessin vectoriel. Dans ce dessin les objets sont représentés par des coordonnées à l'inverse des fichiers image où les objets sont représentés par des pixels. Par la suite vous pouvez retravailler ces dessins vectoriels, les agrandir ou réduire sans aucune déformation et ils indiquent à la machine de découpe laser un chemin exact à suivre.

(2) Importer des dessins / clip art vectoriel. Par exemple de Openclipart [8].

(3) Importer et préparer vos éléments pour la découpe à partir d'une image. Dans ce cas, vous pouvez soit la vectoriser à l'aide de Inkscape, soit graver en mode "half tone" (un algorithme qui convertit des images grises ou couleurs en noire et blanc gradué).

La vectorisation permet de mieux contrôler le résultat et peut se faire de la manière suivante :

- créez votre fichier de travail dans Inkscape ;
- importez une image au format .png, .jpeg, etc. ;
- sélectionnez l'image dans Inkscape et vectorisez le bitmap ;
- sélectionnez l'image dans Inkscape et dégroupez tous les éléments la contenant. Cette étape doit parfois se faire à plusieurs reprises, car une image peut contenir plusieurs éléments groupés ensemble ;
- gardez les éléments souhaités et leur attribuer la couleur correspondante selon l'effet souhaité (découpe, gravure).

A titre d'exemple, vous allez apprendre comment préparer son fichier pour la création d'un badge. Une fois le fichier de travail créé dans Inkscape et sauvegardé dans votre espace personnel sous l'extension .svg, vous pouvez soit dessiner les éléments de votre badge, soit utilisé une image importée dans Inkscape.

Afin de donner à votre badge les dimensions souhaitées, allez dans: Fichier -> Propriétés du document -> Page et redimensionnez votre plan de travail : dimensions personnalisées : Unités : mettre en mm, car par défaut elle sont en pixels. Donnez la largeur et la hauteur nécessaire. Dans l'exemple de badge, la largeur et la hauteur sont de 80.000 mm.

- Créez vos éléments pour la découpe. Tous les éléments comme : cercles, ellipses, quadrilatères, courbes de bézier, lignes, texte vectorisé sont acceptés. La couleur attribuée aux découpes est le rouge. La largeur de vos chemins de découpe toit être inférieur à 0.01mm. Dans l'exemple présenté ici, nous avons créé un cercle qui est utilisé comme forme pour notre badge. Le cercle doit être colorié en rouge, avec une épaisseur de trait fine de 0.01 mm qui servira de marquage pour la découpe.

Pour modifier la couleur des traits, ouvrez l'outil de modification des traits et des formes, tel que montré dans l'image ci-dessous.

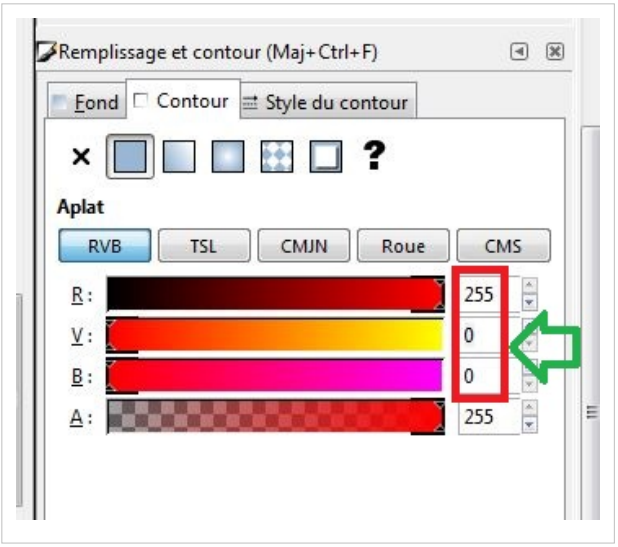
Pour les **traits qui doivent être découpés**, enlevez le remplissage **Fill** en cliquant sur le x (petite croix). Cette étape est importante, car sans elle la découpeuse laser interprète mal le fichier ou ajoute des traits non-désirés. Dans l'onglet des traits, mettez un trait uni **Flat color** et changez la valeur des couleurs en rouge RGB : (255;0;0)

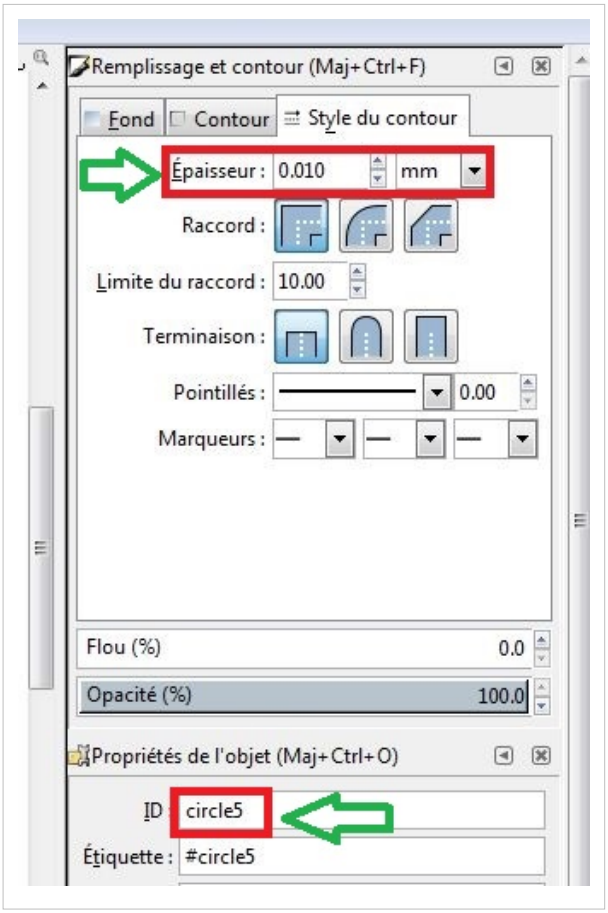
Pour les **traits de gravure**, le format est inverse, il faut ajouter un remplissage et enlever les traits. Le remplissage cette fois doit être noir selon la convention, en RGB:(0;0;0). Si vous désirez varier l'intensité de gravure à certains endroits, vous pouvez choisir une autre couleur parmi la palette des couleurs disponibles dans le pilote d'impression de la découpeuse et ensuite configurer les paramètres de gravure dans le logiciel de contrôle.

Pour changer ou vérifier la dimension de trait dans Inkscape sélectionnez le cercle. Avec un clic droit, allez dans remplissage et contour. Une nouvelle fenêtre s'ouvrira, en vous permettant plusieurs options:

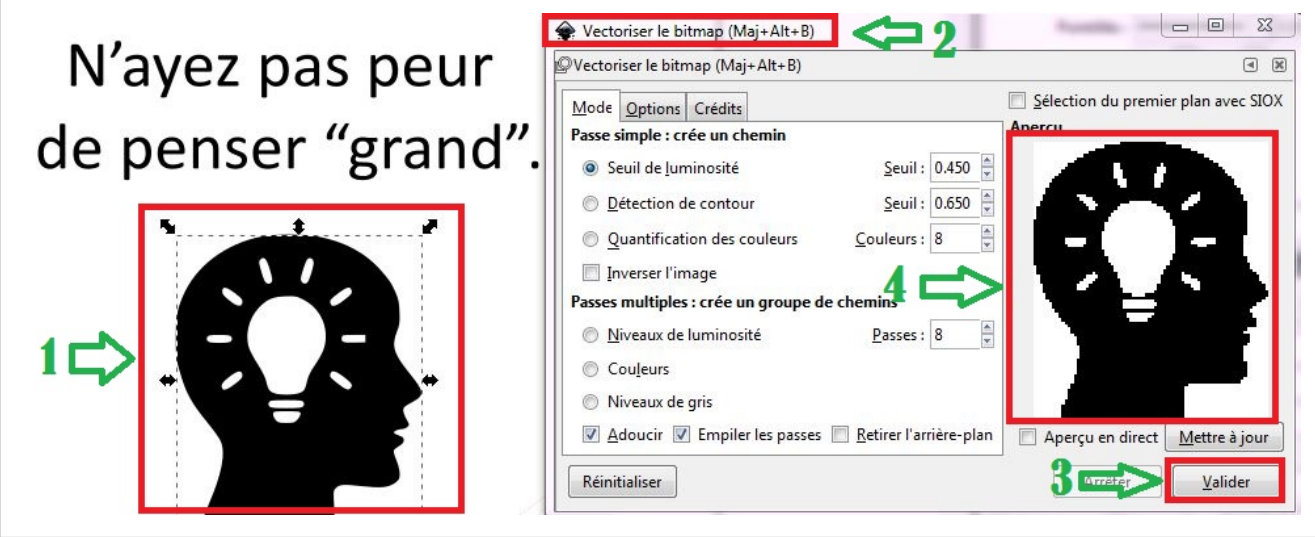
- Changer le contour et le style:

Palette Trotec




- 1: Sélectionnez l'image.
- 2: Allez dans: Chemin -> Vectoriser le bitmap. Une nouvelle fenêtre s'ouvrira, en vous proposant de vectoriser votre image.
- 3: Appuyez sur Valider.
- 4: Dans l'aperçu vous devez obtenir le rendu de votre image vectorisé.




Lorsque vous faites de la découpe il est recommandé de dessiner les formes à marquer en rouge #FF0000, les formes intérieures (trous) en bleu #0000FF, et les formes extérieur de vos pièces en vert #00FF00. Cela limitera les risque de mouvement de vos pièces durant le travail. Si vous souhaitez faire quelque chose de plus complexe vous pouvez utiliser tout le panel des couleurs de découpe.

L’épaisseur du trait doit rester inférieur à 0.01mm, la machine coupera “au milieu” du trait. Dans le cas d'un trait plus grand, la machine interprétera cela comme une mini zone de gravure.

Il est recommandé d'utiliser des formes jointes (poly-lignes) plutôt que des trais séparés, cela permettra d'avoir de meilleures découpes au niveau des angles et d'optimiser le temps de découpe.

Attention à ne pas avoir de ligne de coupes superposées, le laser passerait alors plusieurs fois même endroit occasionnant une découpe de mauvaise qualité, risquant même de mettre le feu à votre matériel.

## Génération des contours d'une image à découper dans Inkscape

Lorsque l'on travaille avec une découpeuse laser, il peut être utile de pouvoir détourer une image, afin de découper son contour. Dans Inkscape nous avons besoin d'une image sur un fond uni.

### La procédure

- Importez dans le document Inkscape une image à détourer (fichier .jpg ou .png) ;
- sélectionnez l'image , ensuite allez dans **Chemin** --> **Vectoriser le bitmap** ou Maj+Alt+B ;
- sélectionnez ensuite **Couleurs**, passez le nombre de passes à 16 ou plus, cocher les 3 cases **Adoucir**, **Retirer l'arrière-plan**, **Empiler les passes** ;
- cliquez sur Valider, afin de valider votre travail et vectoriser l'image ;
- vérifiez si l’arrière-plan est transparent. Pour ce faire, sélectionnez et déplacez votre image hors du plan de dessin. Si l'arrière-plan est transparent, c'est que c'est le cas, replacez l'image à sa position avec Annuler ou Ctrl+Z ;
- dégroupez l'image vectorisée avec **Objet** --> **Dégrouper** ou Maj+Ctrl+G ;
- fusionnez les formes dégroupées avec **Chemin** --> **Union** ou Ctrl+ +. Cela permettra d'obtenir une forme unie de l'image ;
- vous pouvez aussi avoir besoin de séparer les différents chemins de la forme, dans le cas des trous ou de la présence d'une couleur très claire dans votre image. Pour le faire aller dans **Chemin** --> **Séparer** ou Maj+Ctrl+K ;
- fusionnez les formes séparées afin d'obtenir une seule forme avec **Chemin** --> **Union** ;
- modifiez le contour de la forme obtenue, afin de lui donner la couleur souhaitée, en effectuant Ctrl+clic sur la couleur dans le nuancier de couleurs ;
- supprimez la couleur de fond de la forme en effectuent un clic sur la croix du nuancier ;
- vous obtenez ainsi le contour de découpe de votre image.

## Imprimer avec JobControl

Ici on présente un bref aperçu de la procédure. Veuillez lire Découpe et gravure laser et Trotec Speedy 100R pour plus de détails.

- Sous Inkscape, choisir "imprimer" et sélectionner la découpeuse laser comme imprimante (A TECFA: Trotec Engraver) ;
- allez sous préférences et vérifiez que les propriétés correspondent à ce que l'on souhaite (Sous le logiciel JobControl vous pouvez modifier les paramètres de matériel, les paramètres de découpe, etc. mas **pas** tout. Le mode "half-tone" doit être réglé avant l’impression !) ;
- une fois les propriétés souhaitées sélectionnées, appuyez sur le logo de JobControl puis encore une fois sur "imprimer" ;
- une fenêtre de JobControl devrait s'ouvrir avec votre document sur la droite de votre écran, à glisser-déposer dans la partie centrale.

### JobControl ne voit pas mon dessin

Si votre dessin s'affiche en gris dans JobControl, la partie en gris ne sera pas prise en compte dans le processus et ne sera pas gravée. Afin de réparer ceci, il faut suivre la démarche suivante pour chaque objet concerné :

- sélectionnez l'objet et dégroupez les éléments qui le composent ;
- sélectionnez les chemins concernés (ou tous, mais toujours dégroupés !) ;
- allez dans Chemin >> Contour en chemin (Stroke to path) ;
- vérifiez en bas à gauche de la fenêtre que le remplissage des éléments incriminés (fill) est défini comme noir et le contour (stroke) comme indéfini (none) ;
- réajustez le dessin si besoin ;
- relancez l'impression avec JobControl ;
- si le problème persiste, vérifiez que tout a bien été dégroupé avant l'étape "Contour en chemin".

Alternativement, vous pouvez simplement imprimer en "half-tone", mais le résultat ne sera pas le même...

## Ressources

Détourage rapide d'une image dans Inkscape [9]

Inkscape, logiciel de dessin vectoriel utilisant le format SVG [10]

Introduction à la découpe laser [11]

Découpe laser avec Inkscape [12]

1 Idée cadeau à réaliser par vous même [13]

2 Idée cadeau à réaliser par vous même [14]

## Références

[1] https://fr.wikipedia.org/wiki/Free/Libre_Open_Source_Software
[2] https://fr.flossmanuals.net/initiation-inkscape/introduction//
[3] https://inkscape.org/fr/
[4] https://fr.wikipedia.org/wiki/Inkscape
[5] https://inkscape.org/en/
[6] https://sourceforge.net/projects/inkscape/
[7] https://www.youtube.com/watch?v=zUIOEXssTSE&list=PLGLfVvz_LVvTSi9bKrvGR2_DBg0Tv8Dxo&index=1/
[8] http://openclipart.org
[9] http://carrefour-numerique.cite-sciences.fr/fablab/wiki/doku.php?id=trucs_astuces:detourage_stickers_rapide_inkscape/
[10] http://www.apitux.com/geomatique/inkscape-et-le-format-svg.pdf/
[11] http://www.echofab.org/wiki/index.php/Instructions_pour_d%C3%A9couper_au_laser/
[12] https://www.sculpteo.com/fr/tutoriel/preparez-votre-fichier-pour-la-decoupe-laser-avec-inkscape/ decoupe-laser-avec-inkscape-astuces-pour-la-decoupe-laser/#21-prendre-en-compte-le-kerf-sur-inkscape/
[13] https://www.troteclaser.com/fr-ch/savoir-faire/exemples-laser/porte-cle-saint-valentin/
[14] https://www.troteclaser.com/fr-ch/savoir-faire/exemples-laser/oeufs-de-paques-bois/

# LibreOffice Draw pour la découpe et la gravure laser

- Qualité: finalisé
- Difficulté: intermédiaire

## Description LibreOffice Draw

Draw est une application de dessin de la suite bureautique LibreOffice. Ce logiciel permet de dessiner des schémas, des logos, etc. Il est considéré comme un outil puissant grâce à ses fonctions et ses options mis à la disposition des utilisateurs.

C'est est un module de dessin vectoriel qui crée des fichiers en ODF (OpenDocument Format). L'application permet d'importer différents formats d'image (png, svg, tiff…) et permet également l'exportation vers ces derniers. Elle contient les fonctionnalités de base que l'on retrouve dans des logiciels de dessin comme Illustrator, Inkscape, etc. mais est plus simple à utiliser.

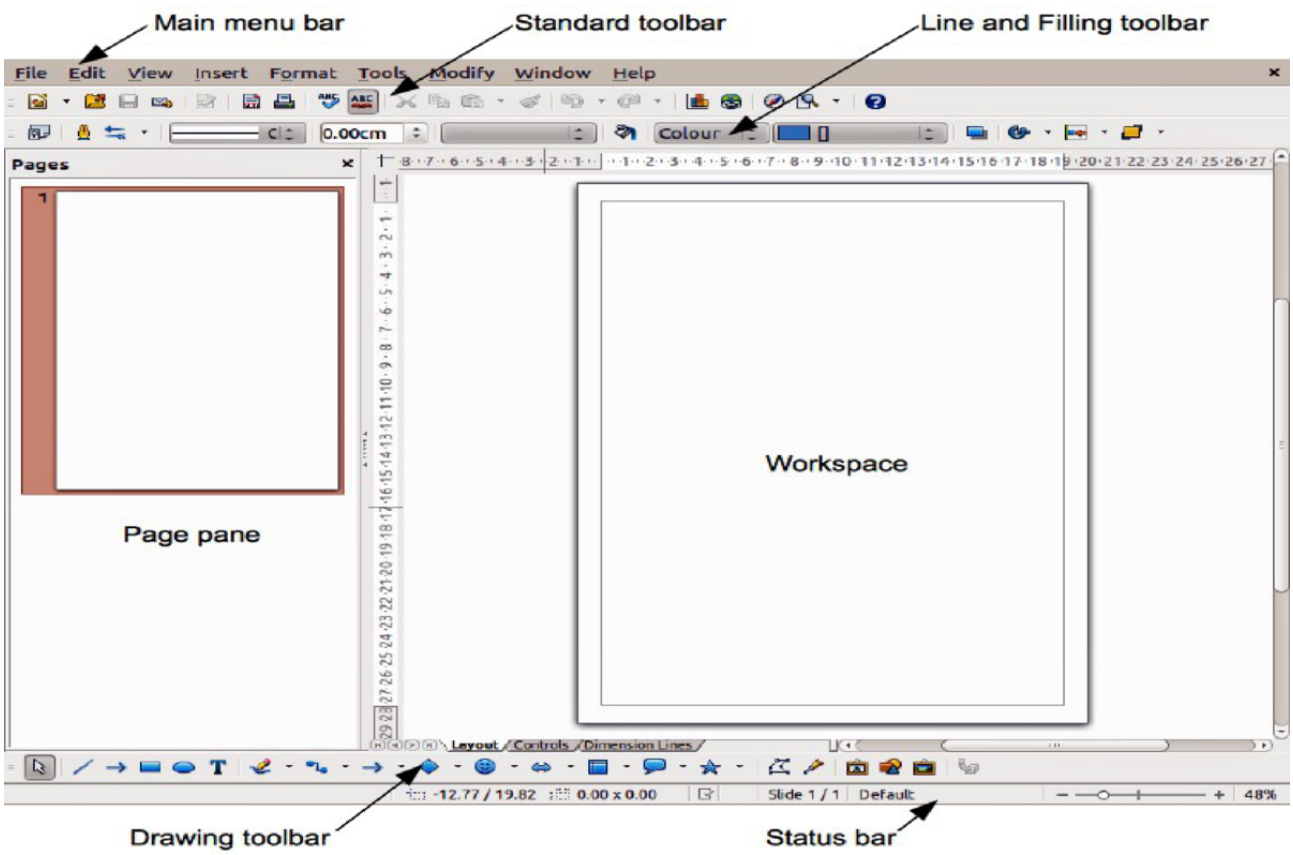
# Quelques fonctionnalités utiles

En ouvrant Draw, vous trouvez des différentes barres qui sont:

**En haut** . Les barres d'outils et la barre des menus.

**Au centre** . L'espace de travail et le volet de visualisation de page.

**En bas**. La barre d'état et la barre de dessin.




Outils

# Édition et groupement d'objets [1]

## Disposition, alignement et répartition des objets

### Disposition d'un objet

Pour modifier l'ordre de superposition de votre objet, vous devez suivre les étapes suivantes:

- Cliquez sur l'objet que vous voulez repositionner.
- Cliquez sur Modifier - Disposition pour afficher le menu contextuel et sélectionnez l'une des options à disposition :
  - L'option Envoyer à l'avant permet de placer l'objet au-dessus de tous les autres
  - L'option Envoyer vers l'avant permet d'avancer l'objet d'un rang
  - L'option Envoyer vers l'arrière permet de reculer l'objet d'un rang
  - L'option Envoyer à l'arrière permet de placer l'objet derrière tous les autres
  - L'option Derrière l'objet permet de placer l'objet derrière un autre objet que vous aurez sélectionné

### Positionnement d'un objet derrière un autre

- Cliquez sur l'objet que vous voulez repositionner.
- Cliquez sur Modifier - Disposition pour ouvrir le menu contextuel et sélectionnez Derrière l'objet. Le pointeur prend la forme d'une main.
- Cliquez sur l'objet derrière lequel l'objet sélectionné doit se positionner.

**Inversion de l'ordre de superposition de deux objets**

Pour sélectionner deux objets, maintenez la touche Maj enfoncée et cliquez sur chacun d'eux.

- Cliquez sur Modifier - Disposition pour ouvrir le menu contextuel et sélectionnez Inverser.

**Alignement des objets**

Pour aligner vos objets vous devez passer par les étapes suivantes:

- Sélectionnez votre objet.
- Choisissez Modifier Alignement
- Sélectionnez l'une des options d'alignement.

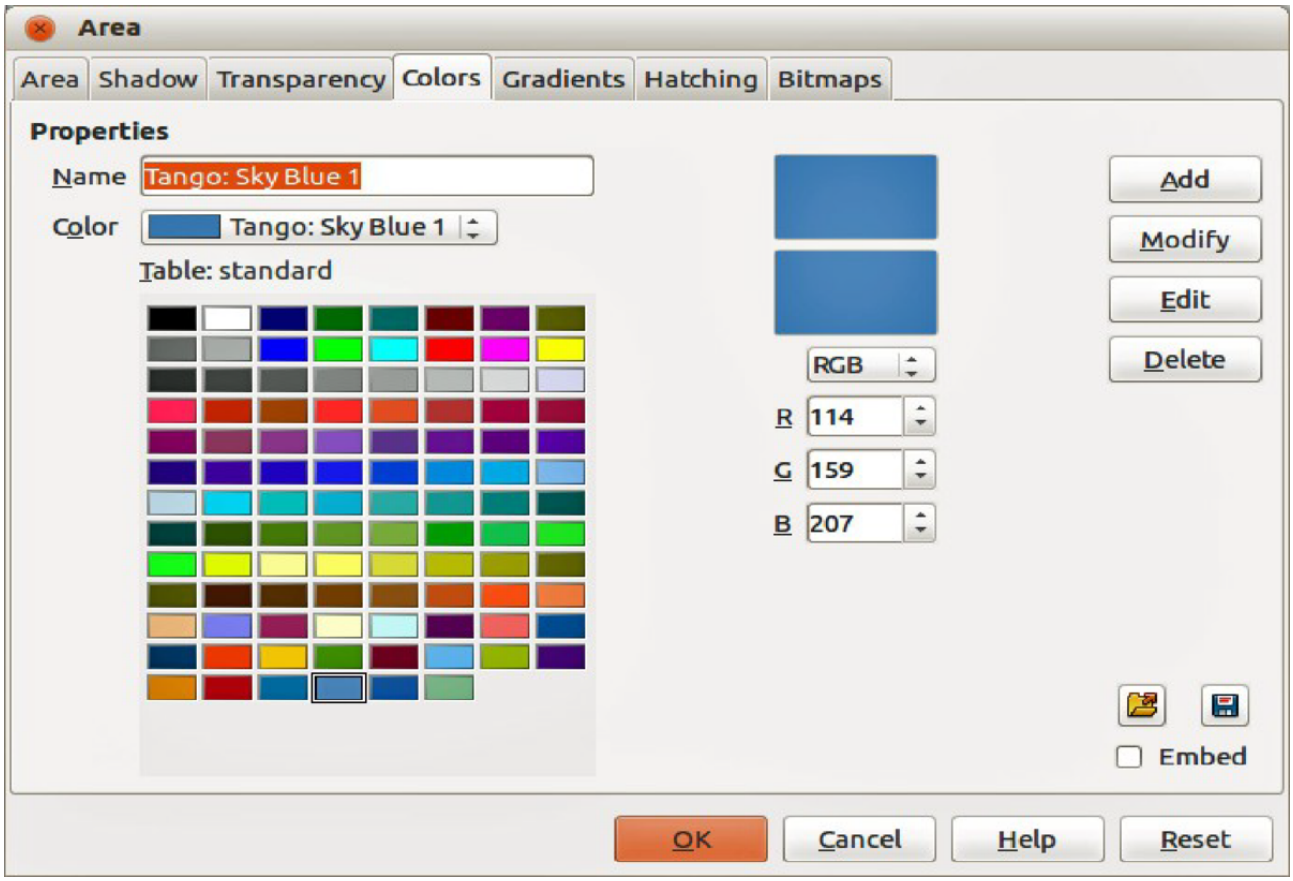
## Répartition des objets

Pour répartir votre dessin, vous devez :

- Sélectionnez l'objet
- Sélectionnez l'option de répartition verticale ou horizontale,
- Cliquez sur OK.

Les objets sélectionnés sont répartis de manière homogène le long de l'axe horizontal ou vertical.

## Édition des couleurs et des textures [2]




paramètres de couleurs

- Choisissez Format - Remplissage et cliquez sur l'onglet Couleurs. Une table des couleurs prédéfinies s'affiche.

Les modifications apportées à la palette de couleurs standard sont permanentes et sont automatiquement enregistrées.

- Cliquez sur une couleur similaire à celle que vous voulez mélanger dans la palette. La couleur apparaît dans la zone d'aperçu supérieure à la droite de la palette.
- Sélectionnez le modèle de couleur RVB dans la zone au-dessous de la zone d'aperçu.

LibreOffice Draw utilise seulement le modèle de couleur RVB pour imprimer en couleur.

Le modèle de couleur RVB combine des lumières rouge, verte et bleue pour créer les couleurs sur un écran d'ordinateur. Dans le modèle RVB, les trois composantes de couleur sont ajoutées et peuvent prendre

des valeurs entre 0 (noir) et 255 (blanc).

- Saisissez une valeur numérique dans les zones proches des composants de couleur. La nouvelle couleur apparaît dans la zone d'apperçu directement au dessus de la zone du modèle de couleur.

Vous pouvez créer une couleur à l'aide du spectre de couleurs. Cliquez sur le bouton Éditer pour ouvrir la boîte de dialogue Couleur. Cliquez sur une couleur. Utilisez les zones Teinte, Saturation et Luminosité

pour ajuster votre sélection de couleurs.

- Faites l'une des actions suivantes :

Si vous souhaitez remplacer la couleur de la table standard des couleurs sur laquelle votre couleur personnalisée est basée, cliquez sur Modifier.

Pour définir la nouvelle couleur personnalisée, saisissez un nom dans la zone de texte Nom et cliquez sur Ajouter.

# Édition de texte [3]

## Ajouter une zone de texte

Suivez les étapes suivantes pour ajouter une zone de texte :

- Cliquez sur l'icône Texte Icône et déplacez le pointeur de la souris vers l'endroit où vous souhaitez saisir le texte.
- Glissez le cadre de texte jusqu'à la taille souhaitée dans le document.
- Saisissez ou copiez le texte dans le cadre texte.
- Double-cliquez sur le texte pour le modifier ou pour formater ses propriétés telles que la taille ou la couleur de police.

Pour éditer les propriétés de l'objet telles que la couleur de bordure ou la disposition devant ou derrière d'autres objets, cliquez sur la bordure de l'objet texte.

## Adaptation du texte au cadre

- Créez une zone de texte comme décrit dans les étapes ci-dessus.

Une fois que vous avez sélectionné l'objet texte, choisissez Format - Texte. La boîte de dialogue Texte s'ouvre.

- Dans l'onglet Texte, désactivez la case à cocher Adapter la hauteur au texte et activez la case à cocher Adapter au cadre. Cliquez sur OK.
- Maintenant, vous pouvez redimensionner la zone de texte pour modifier la taille et la forme des caractères du texte.

## Texte lié à une image

- Pour ajouter du texte à une image, double-cliquez sur celle-ci.
- Pour déterminer la position du texte, utilisez les paramétrages dans Format - Texte.
- Pour ouvrir la barre d'outils Légendes, cliquez sur la flèche située en regard de l'icône Légendes Icône . Sélectionnez une légende et déplacez le pointeur de la souris vers l'endroit où vous souhaitez saisir la légende. Faites glisser le curseur pour dessiner la légende.

Saisissez le texte.

## Copie de texte

- Sélectionnez du texte dans le document Writer.
- Copiez ce texte dans le presse-papiers en sélectionnant Édition - Copier.
- Cliquez sur la page ou sur la diapo dans laquelle vous souhaitez coller le texte.
- Pour coller le texte, sélectionnez Édition - Coller ou Édition - Collage spécial.

L'option Collage spécial permet de choisir le format du texte à coller. Selon les formats utilisés, vous pouvez copier différents attributs de texte.

### Import de texte

- Cliquez sur la page ou sur la diapo dans laquelle vous souhaitez importer le texte.
- Choisissez Insertion - Fichier.
- Sélectionnez un fichier texte (*.txt) ou un fichier HTML et cliquez sur Insérer. La boîte de dialogue d'insertion de texte s'ouvre. Pour insérer du texte, cliquez sur OK.

# Préparation de dessin SVG avant la gravure et le découpage laser

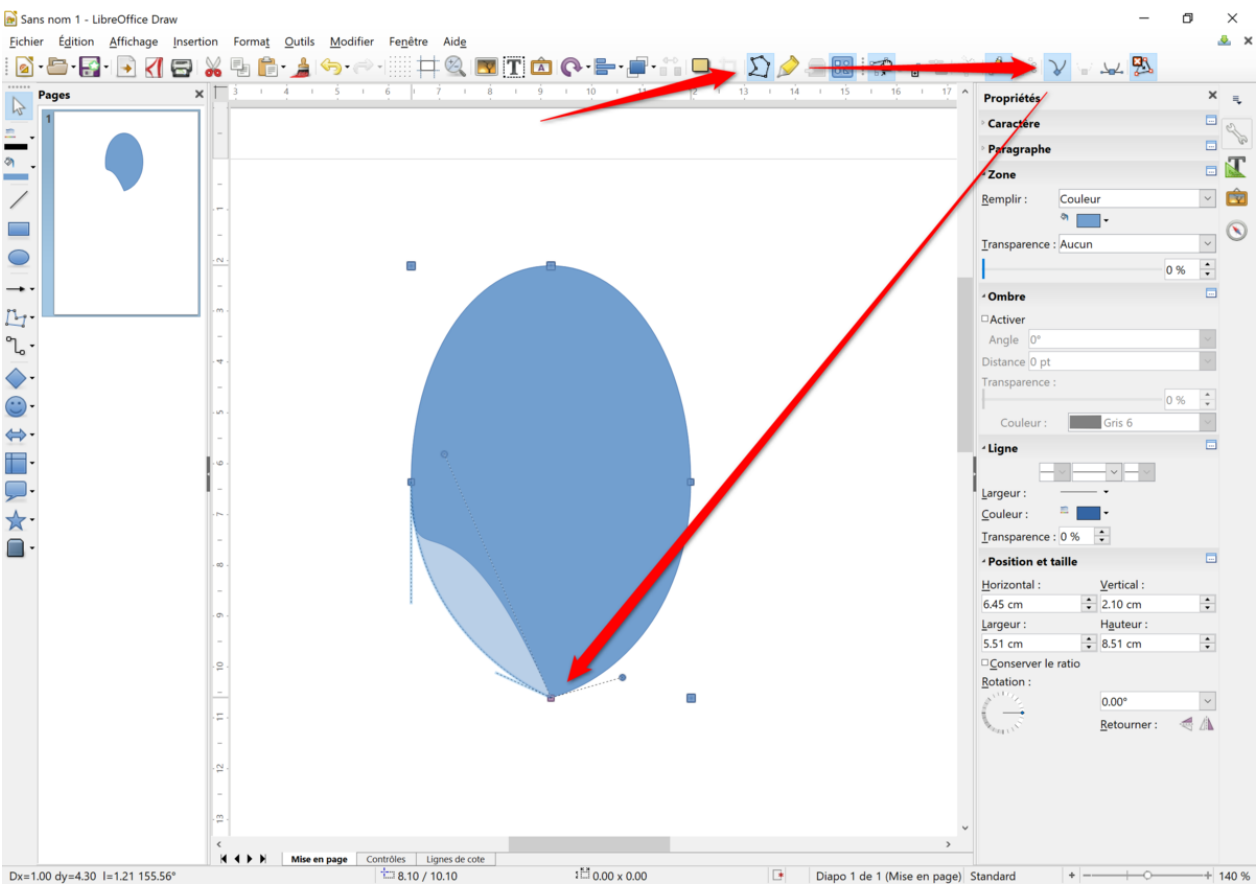
Avant de passer à la phase de gravure et découpage laser, il fallait préparer le dessin vectoriel. On a deux possibilités pour créer notre dessin, soit dessiner l'image vectorielle sur le logiciel Libre Draw ou soit insérer une image vectorielle sur Libre Draw et le modifier selon votre choix.

## Créer un dessin vectoriel avec Libre Office Draw

Le grand avantage du dessin vectoriel réside dans sa possibilité de redimensionner les éléments du dessin à souhait, et ceci sans aucune perte de qualité.

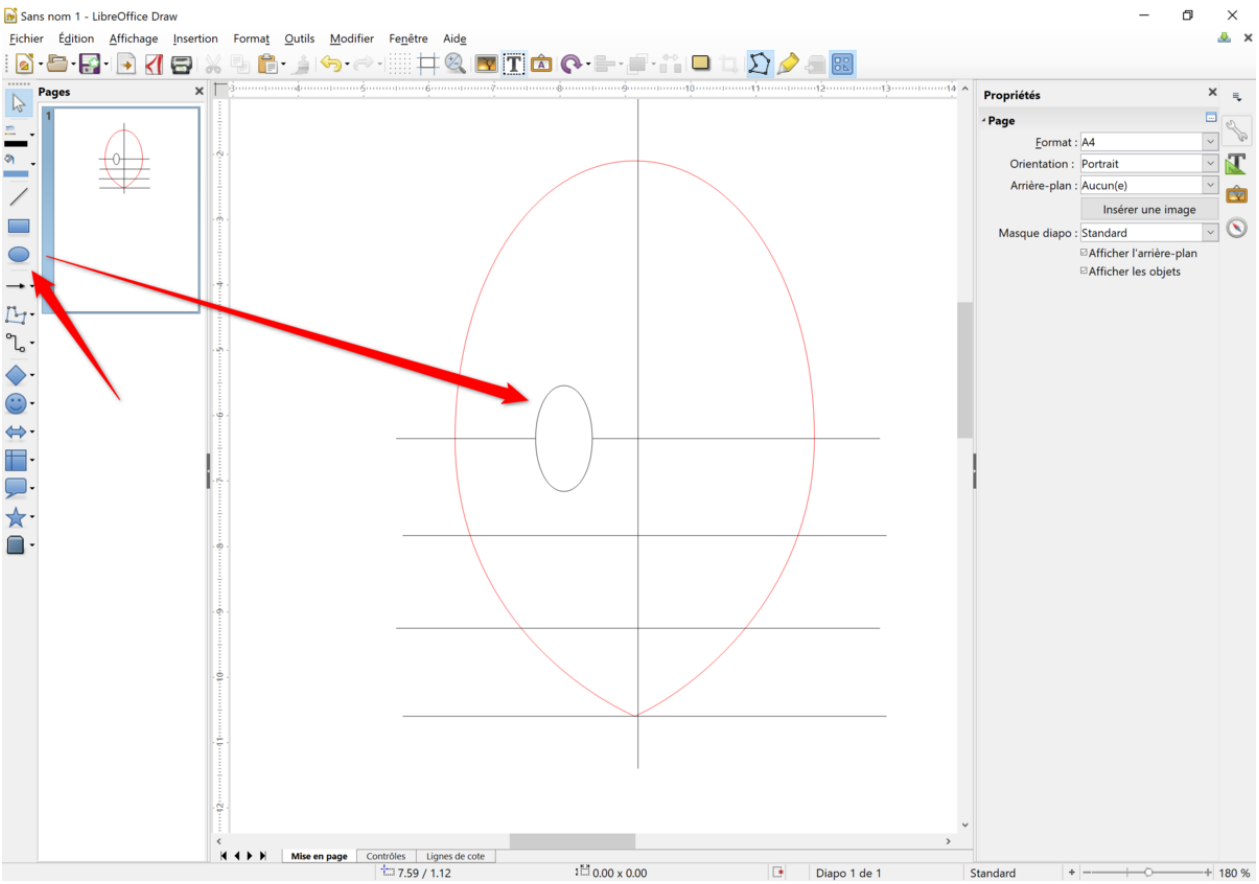
Prenons comme exemple le dessin d'un avatar. Ce tutoriel est exclusivement basé sur le travail de Yves Mairesse sous contrat Creative Commons BY-SA 2.0 BE [4] sur son site http://info.sio2.be/.Voici les étapes à suivre :

- Ouvrir une page de dessin vide
- Choisir dans la barre d'outils de dessin la forme `ellipse` et dessiner la forme générale du visage.
- Puis convertir la forme du visage en polygone en faisant un clique-droit sur le dessin (`convertir >> en polygone`).



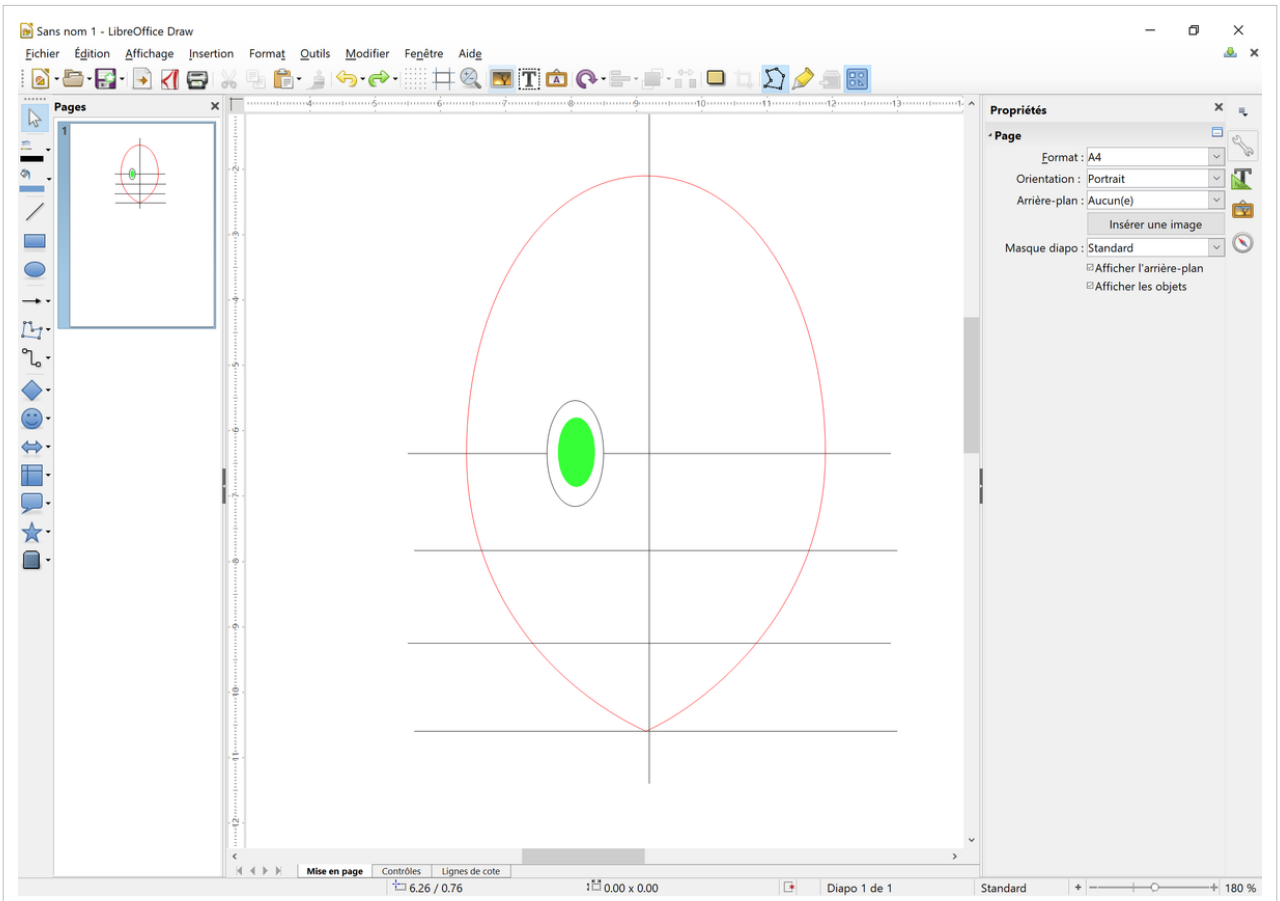

Forme visage

- Avec les points de courbes de Bézier qui apparaissent, il suffit de sélectionner le point inférieur et cliquer dans la barre d'outil sur le bouton `Point d'inflexion`. Vous pouvez ensuite transformer le dessin du visage en une forme s'approchant plus d'un visage réel. Pour ce faire, utilisez les lignes de contrôle jusqu'à arriver à la forme désiré du visage.
- Pour vérifier la symétrie de la forme dessinée, il suffit de cliquer sur l'outil "ligne" dans la barre de dessin et tracer une ligne verticale qui coupe le visage en deux parties égales à l'aide de la touche `Shift`.



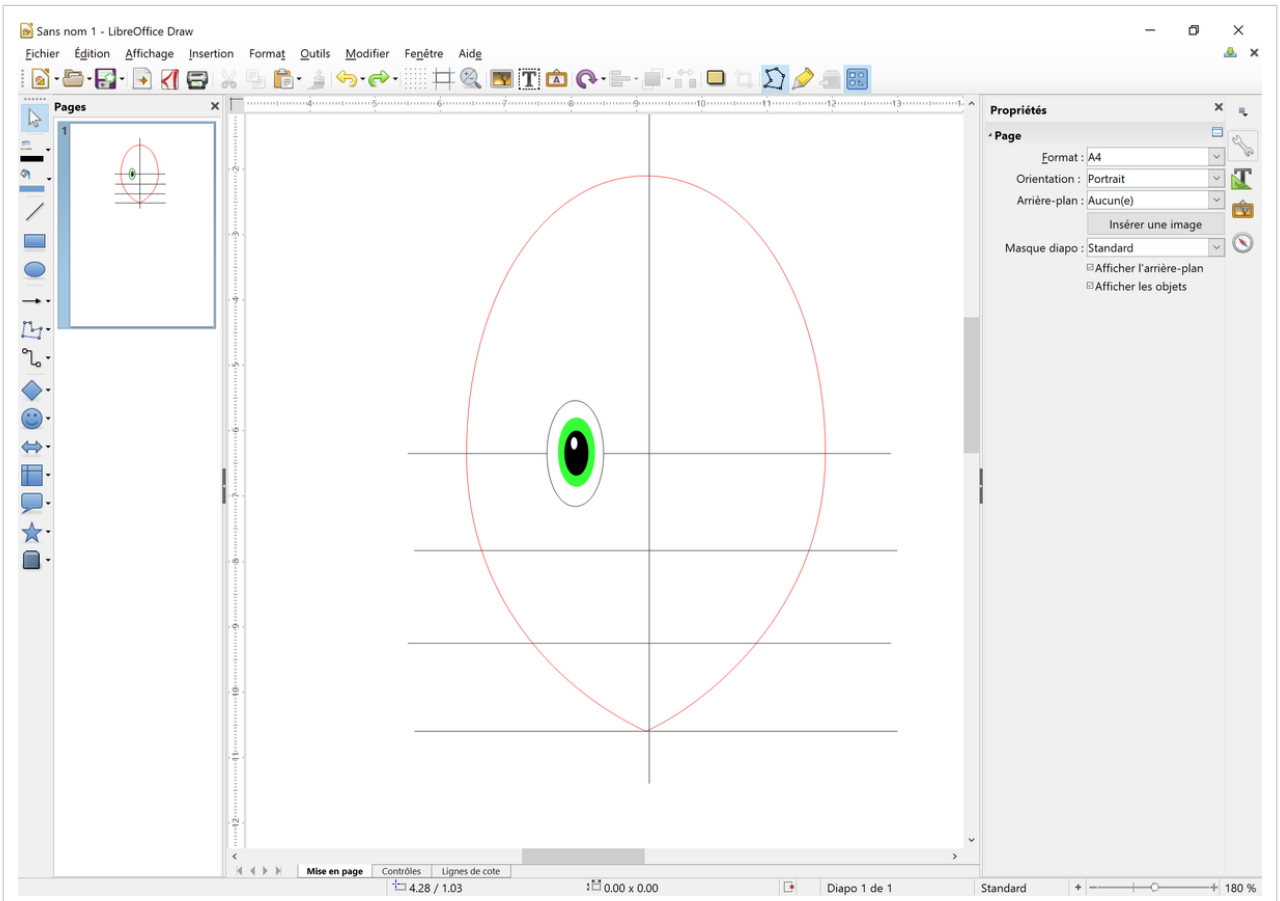

Dessin de la forme de l'oeil

- Pour dessiner le premier œil, on prend à nouveau la forme ellipse de la barre de dessin et on dessine une première ellipse au niveau médian de la forme dessinée.
- Changez la couleur de remplissage en blanc et le contour en noir pour un gravage fin, afin de mettre en évidence le contour de l'œil.



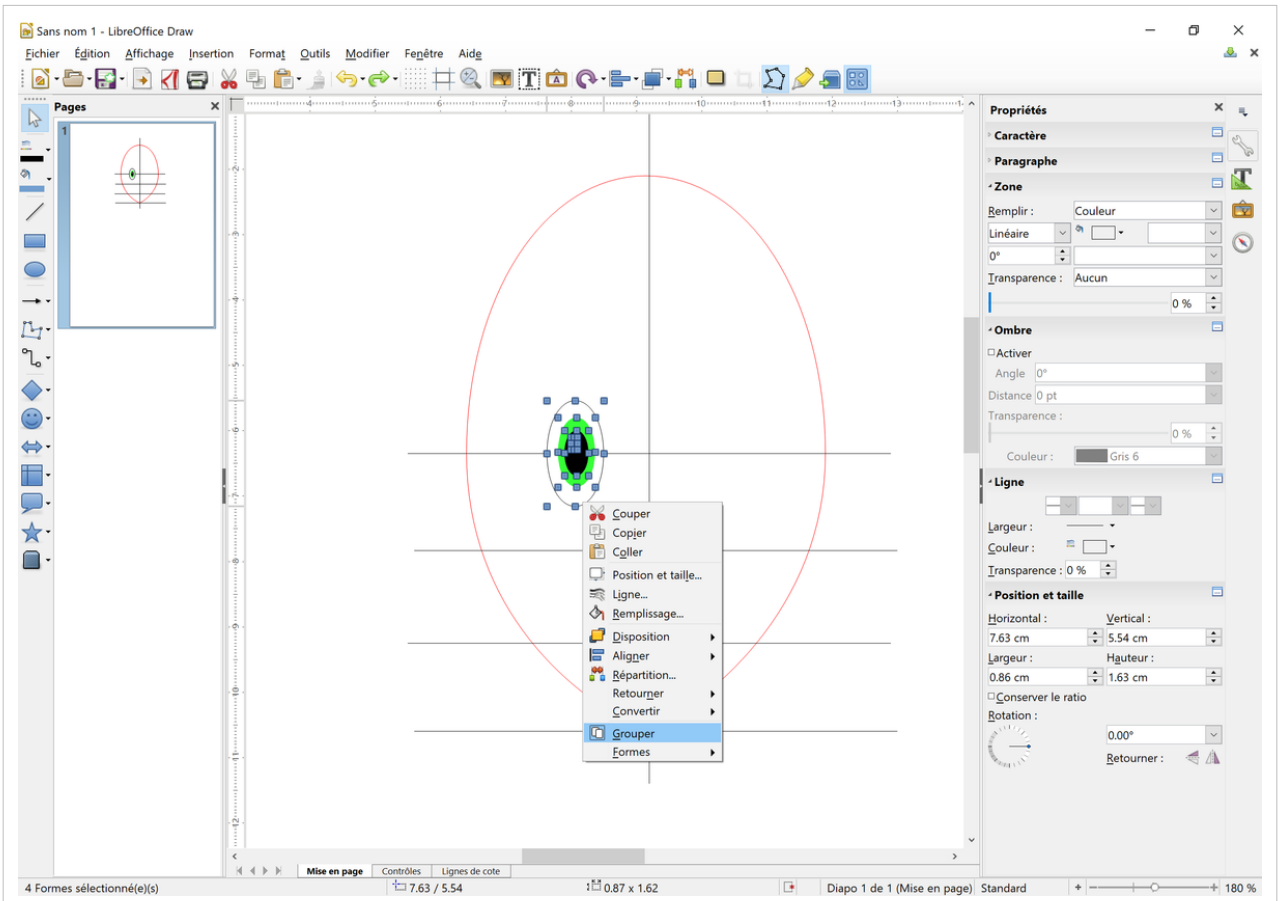

Dessin de la forme de l'œil

- Placez le curseur à l'intérieur de l'œil puis dessinez à nouveau une petite ellipse centré à l'intérieur de l'œil. Puis, à nouveau, choisissez la couleur adaptée à la découpe laser pour cette petite ellipse que vous venez de dessiner.
- Répétez cette étape encore une fois, mais avec une ellipse encore plus petite que la précédente qui sera centré à l'intérieur de la deuxième ellipse. Il s'agit ici de créer l'iris du personnage.



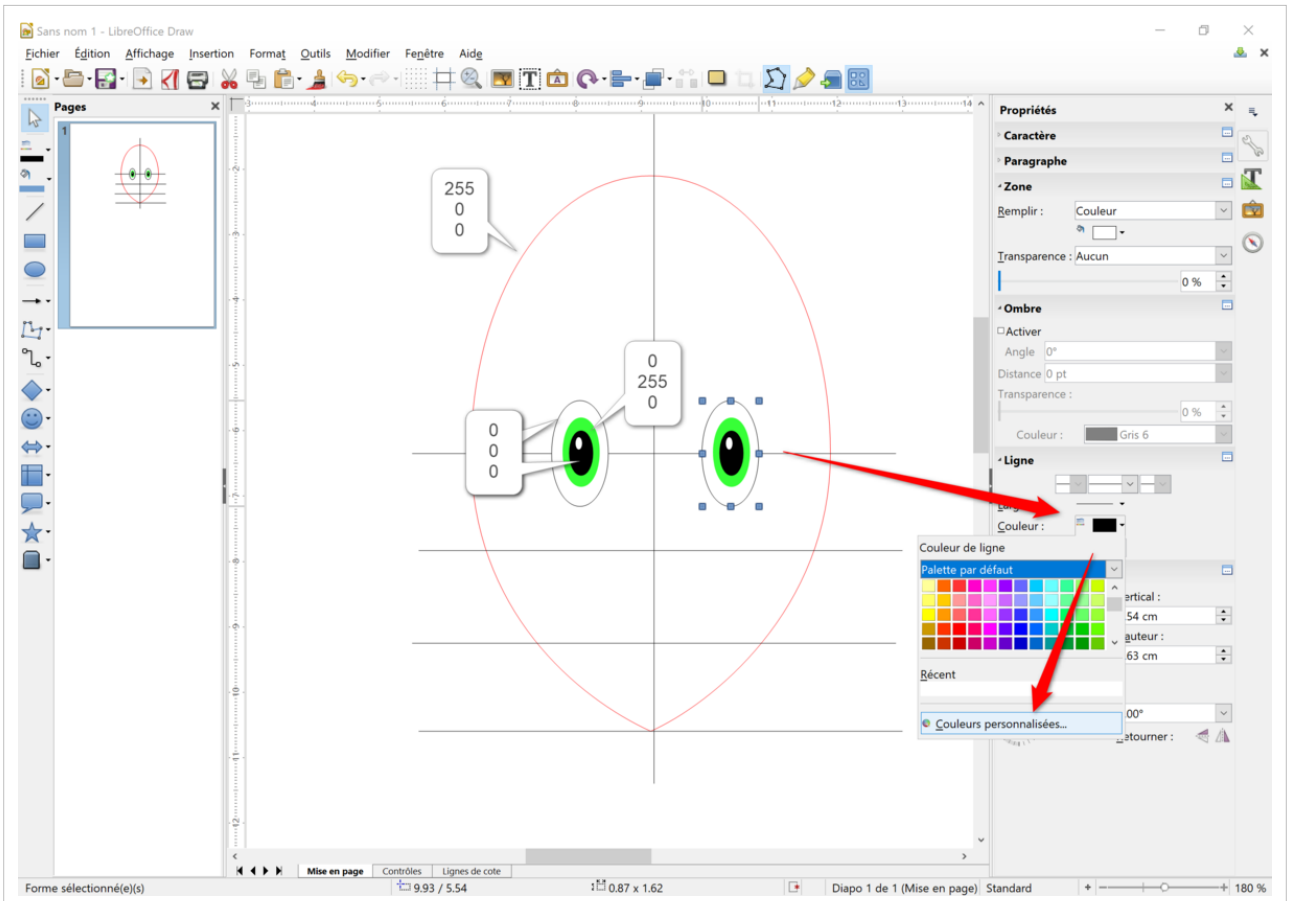

Dessin de l'oeil (suite)

- Répétez l'opération une dernière fois avec une toute petite ellipse de couleur blanche placée en haut à gauche de l'ellipse précédente (noire), afin de donner un effet naturel à l'œil (reflet de lumière).



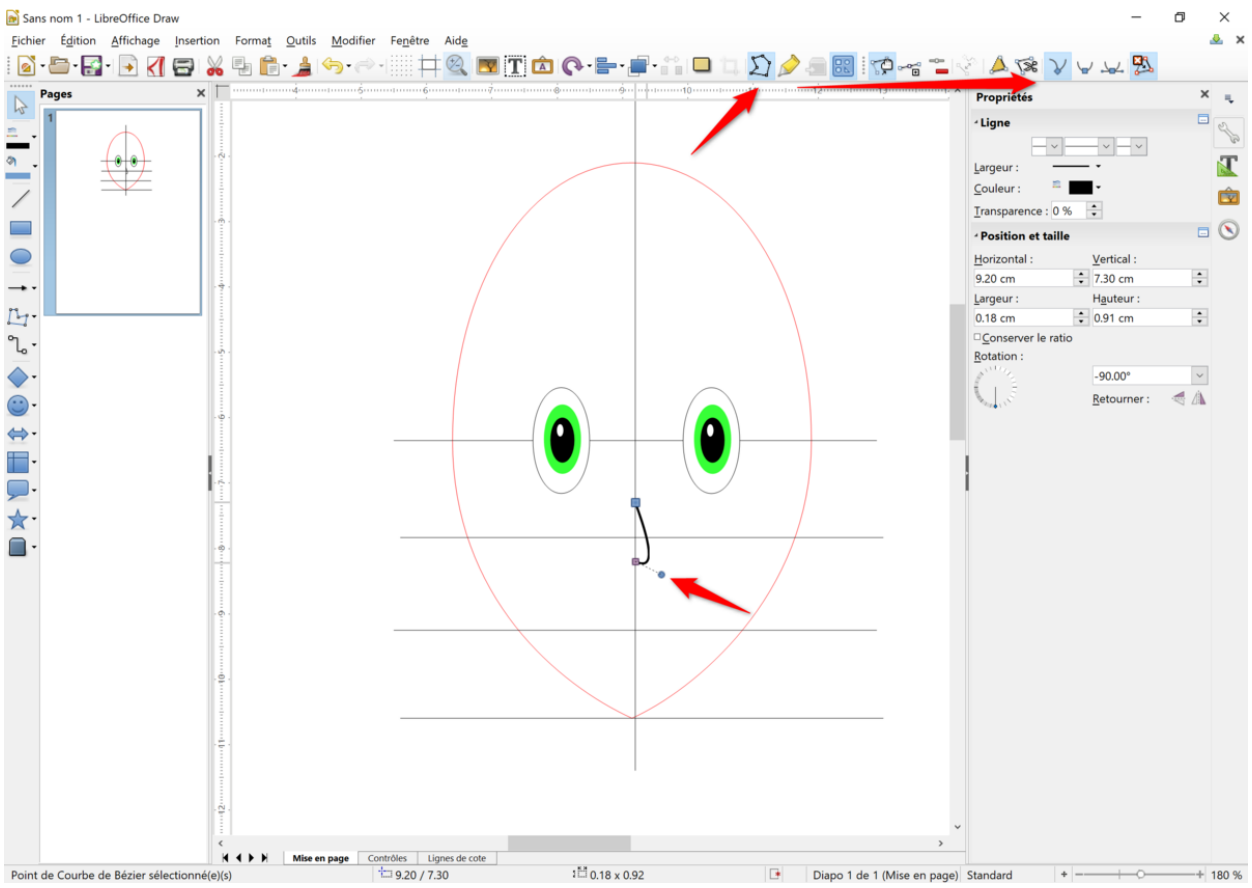

Groupement des éléments de l'oeil

- Ensuite, sélectionnez l'ensemble de l'œil pour grouper tous les éléments qui constituent ce premier œil en faisant un clique droit et en sélectionnant la commande `grouper`. Cette étape permet de déplacer l'ensemble des éléments composant l'œil.



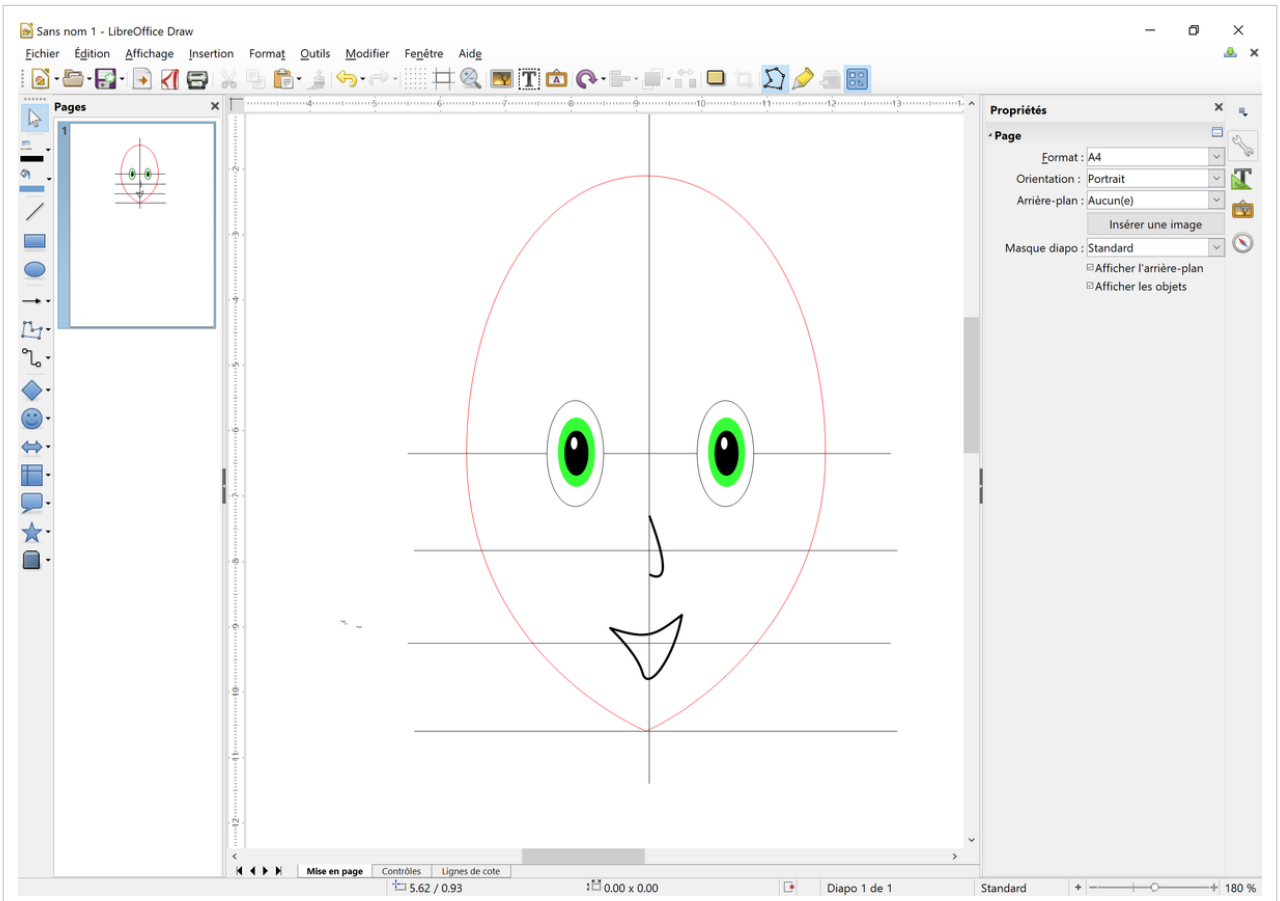

L'oeil

- Pour dessiner le deuxième œil, il suffit maintenant de faire un clique droit, sur l'œil dessiné au préalable, puis de cliquer sur `copier`. L'œil sera dupliqué au dessus du premier. Il suffit donc de placer le deuxième œil de l'autre coté du visage. Ainsi vous avez fini le dessin des yeux de votre personnage. A ce stade, soyez sûr d'avoir respecter les codes couleurs pour la machine laser.



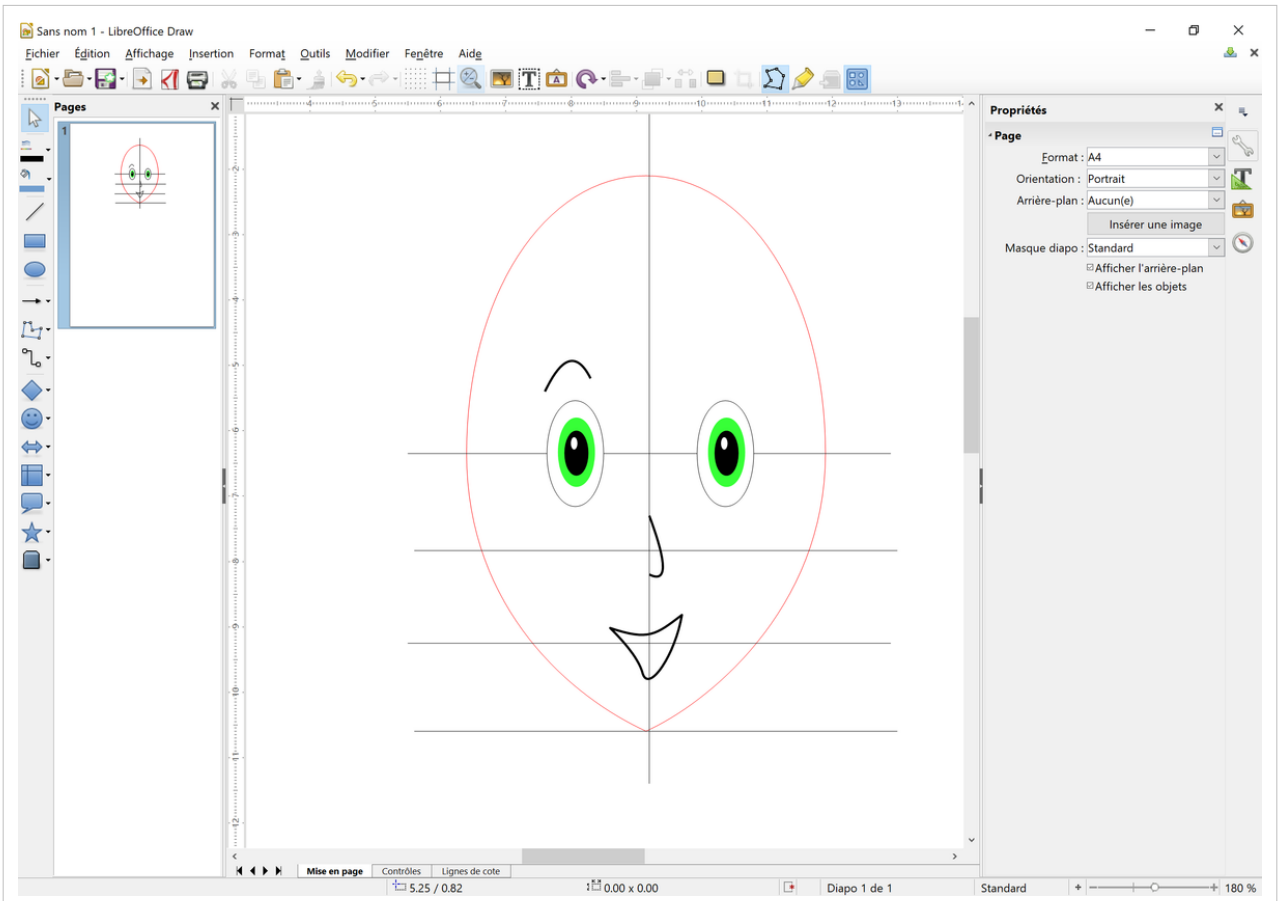

Dessin du nez de l'avatar

- Pour dessiner le nez du visage, positionnez le curseur au 2/3 inférieurs du visage, puis utilisez l'outil ligne pour dessinez une petite ligne verticale. Sélectionnez cette dernière, puis faites un clique droit, puis cliquer sur `convertir`, pour déformer le segment de droite que vous venez de dessiner. Maintenant que les ancres (points) sont actives vous pouvez courber le segment à volonté afin de former le nez de votre avatar.
- N'oubliez pas de modifier la largeur et la couleur de la ligne du nez, selon vos souhaits, grâce aux propriétés de celle-ci (affichées sur la droite).



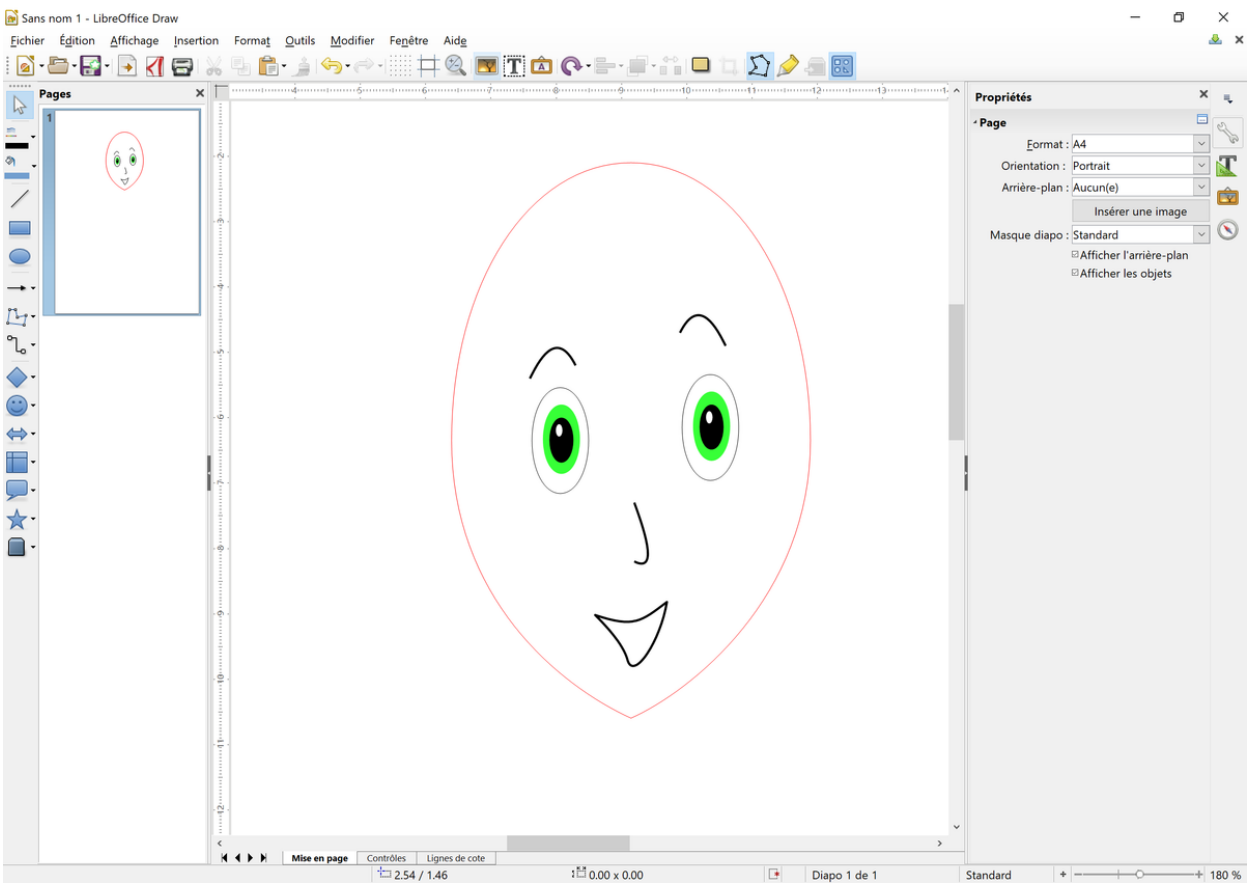

Changer la couleur de bouche de l'avatar

- Pour dessiner la bouche, vous répéterez la même technique que pour dessiner le nez ; mais cette fois-ci à l'aide d'une ligne horizontale placée au 1/3 bas de la moitié inférieure du visage.




Dessin de l'avatar

- Pour les sourcils, répétez la même technique juste au dessus des yeux.




Dessin du visage de l'avatar

## Insertion d'une image en format .SVG dans Libre Draw [5]

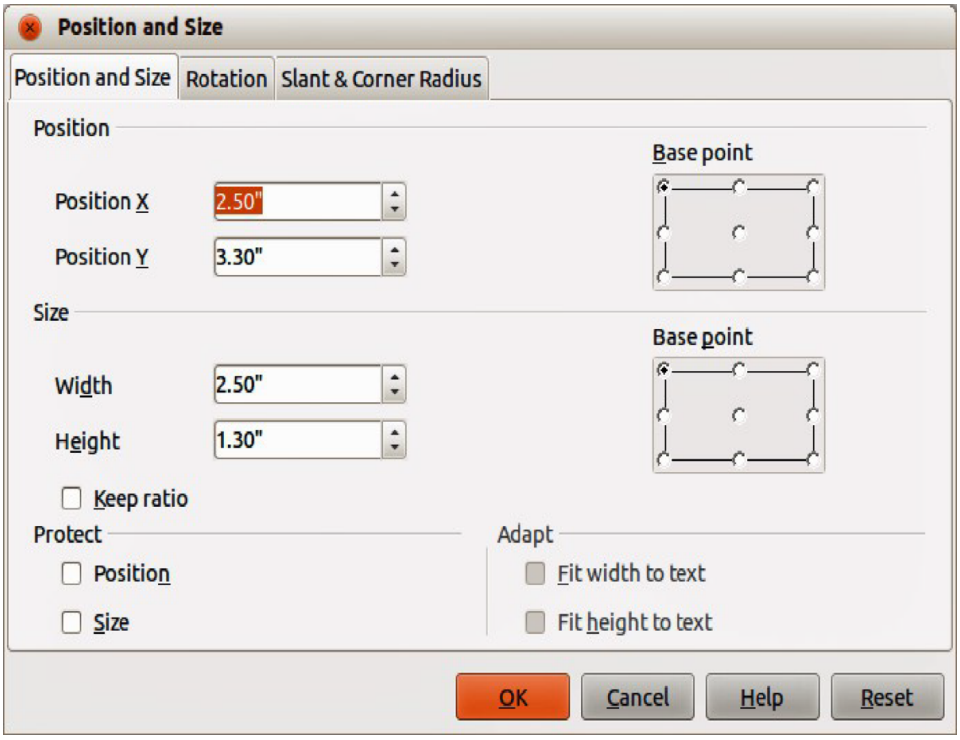
1. Choisissez Insertion - Image....
1. Naviguez dans l'arborescence pour sélectionner le fichier à insérer. Cochez la case Lien pour insérer seulement un lien vers l'image.

Si vous voulez visualiser l'image avant de l'insérer, sélectionnez Aperçu.

Une fois l'image insérée, ne modifiez pas le nom de l'image source et laissez-la dans le répertoire où elle se trouve.

1. Cliquez sur Ouvrir pour insérer l'image.

### Positionner et dimensionner l'image SVG sur Libre Draw




Positionnement d'image

Pour positionnez et modifier les dimensions de l'image, il suffit de cliquer droite sur le l'image insérée ou le dessin et choisir *position and size*.

Une fenêtre comme illustré en haut sera affiché. Vous pouvez donc changer les paramètres de position de taille de votre dessin comme vous le voulez.

## Imprimer avec Trotec JobControl

Ici, on ne présente que le résumé des opérations. Voir aussi Découpe et gravure laser et Trotec Speedy 100R

Après la préparation de votre dessin vectoriel, vous passez à la phase de l'impression.

- Ouvrez votre fichier SVG sur Libre Draw
- Cliquez sur la commande « print » ou imprimer
- Sélectionnez l'imprimante "Trotec"
- Dans JobControl, ajustez la taille du dessin aux dimensions du matériel
- Vous passez alors à une autre fenêtre avec votre dessin sur la droite. Depuis cette fenêtre droite, il vous reste à glisser-déposer sur la partie centrale, au bon endroit de la plaque sur laquelle votre objet sera gravé et découpé par le laser.
- Si votre dessin ne s'affiche pas, cliquez sur l'icone "œil" qui devrait afficher votre dessin correctement. Si ce n'est pas le cas vérifiez vos panels de couleurs, la taille des traits de coupe (<0.01mm), etc.
- Enfin, cliquez sur démarrer.

## Sources

- Lien vers le téléchargement de logiciel LibreOffice [6]
- help libre office Draw [7]
- L'aide de LibreOffice Draw [8]
- dessiner un avatar [9]
- Manuel-pour-la-Gravure-et-la-Decoupe-Laser [3]

[1] help libre office Draw
[2] help libre office Draw
[3] help libre office Draw
[4] https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/be/
[5] help libre office Draw
[6] https://fr.libreoffice.org/download/libreoffice-stable/
[7] https://help.libreoffice.org/Draw/Instructions_for_Using_Draw/fr
[8] https://help.libreoffice.org/Draw/Welcome_to_the_Draw_Help/fr
[9] https://info.sio2.be/draw/6/1.php

# Powerpoint pour la découpe et la gravure laser

- Qualité: finalisé
- Difficulté: intermédiaire

## Introduction

Microsoft PowerPoint [1] fait partie de la suite Microsoft Office. C'est un logiciel de présentation le plus utilisé dans le monde. Microsoft PowerPoint fonctionne sous Windows et Mac. Aujourd'hui, l'application PowerPoint est disponible sur iPad, iPhone, Windows Phone et Android.

Vu que PowerPoint est un logiciel de présentation, les textes, les images, les vidéos et les objets sont positionnés sur des diapositives ou des diapos. Les pages peuvent être imprimées ou projetées sur un écran et parcourues par commande du présentateur. Les présentations peuvent être sauvegardées et exécutées dans les formats de fichier suivants :pptx, ppsx, ppt, pdf, xps, gif, jpeg, png, etc.

## Pourquoi utiliser PowerPoint pour la découpe et la gravure laser

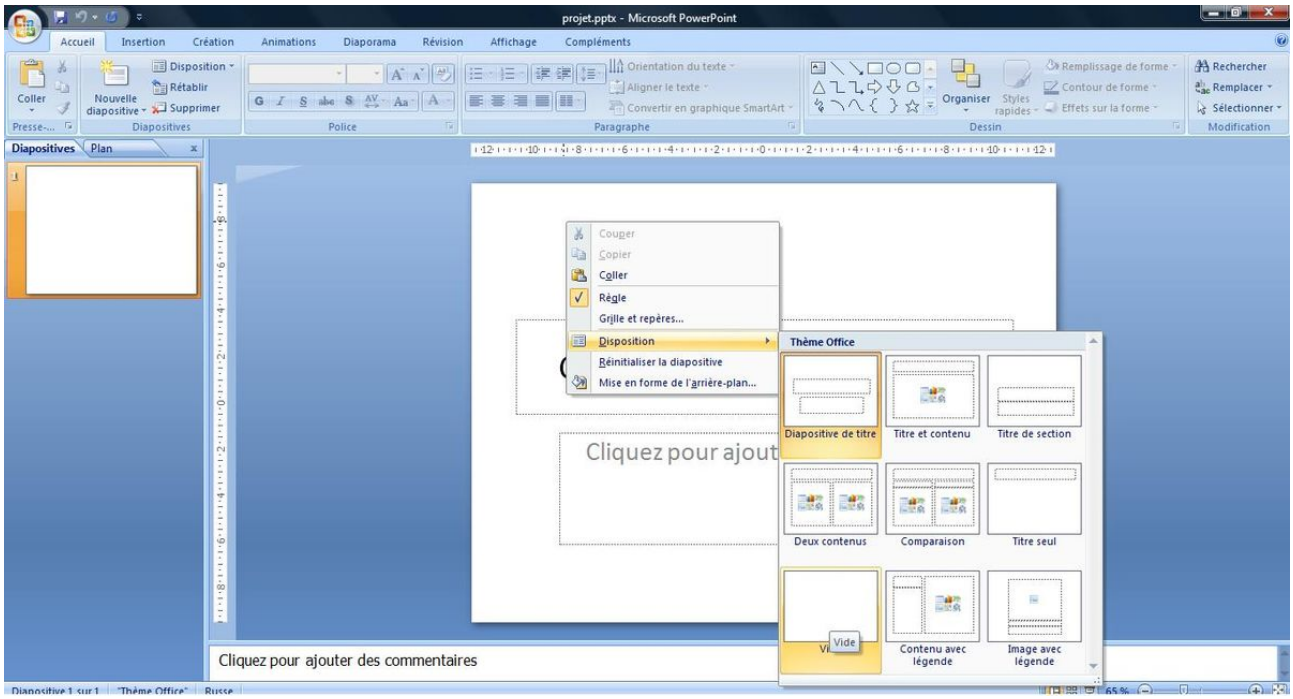
PowerPoint est conçu comme un logiciel de présentation. Est-ce possible de l'utiliser pour la découpe et la gravure laser ? Pourquoi l'utiliser pour la découpe et la gravure ? Quels sont les avantages et les inconvénients de tel usage ?

Il existe de nombreux logiciels qui sont utilisés pour la découpe et la gravure laser. Parmi les logiciels les plus utilisés sont: Inkscape, Coreldraw,Photoshop, Illustrator, etc. Le choix de logiciel dépend de difficultés de projet et les tâches à réaliser. Si l'utilisateur sait dessiner et pour la gravure il prépare une image spéciale, il va sans doute choisir les logiciels qui lui permettent de réaliser ses idées. Si l'utilisateur est novice et son projet est simple, l'installation d'un autre logiciel n'est pas possible, mais PowerPoint est installé sur la machine, on peut l'utiliser pour préparer un fichier pour la découpe et gravure laser.

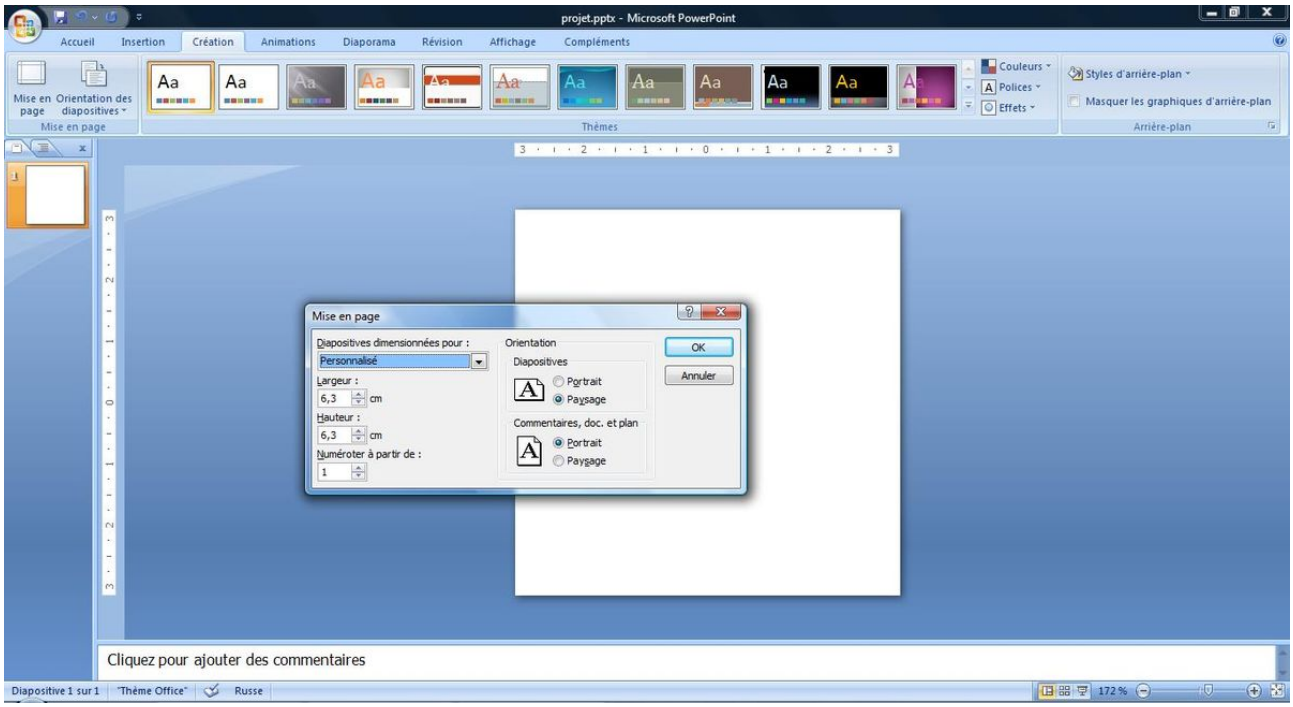
# Tutoriel pour réaliser un badge

Imaginons que l'enseignant de primaire a l'idée de réaliser un badge rond qui possède une image et une lettre de l'alphabet. Il est un utilisateur novice et il a le logiciel PowerPoint installé sur son l'ordinateur. Pour ce projet simple, on peut utiliser PowerPoint pour préparer le fichier pour la découpe et la gravure laser. Je vous invite à créer ce badge pas à pas.

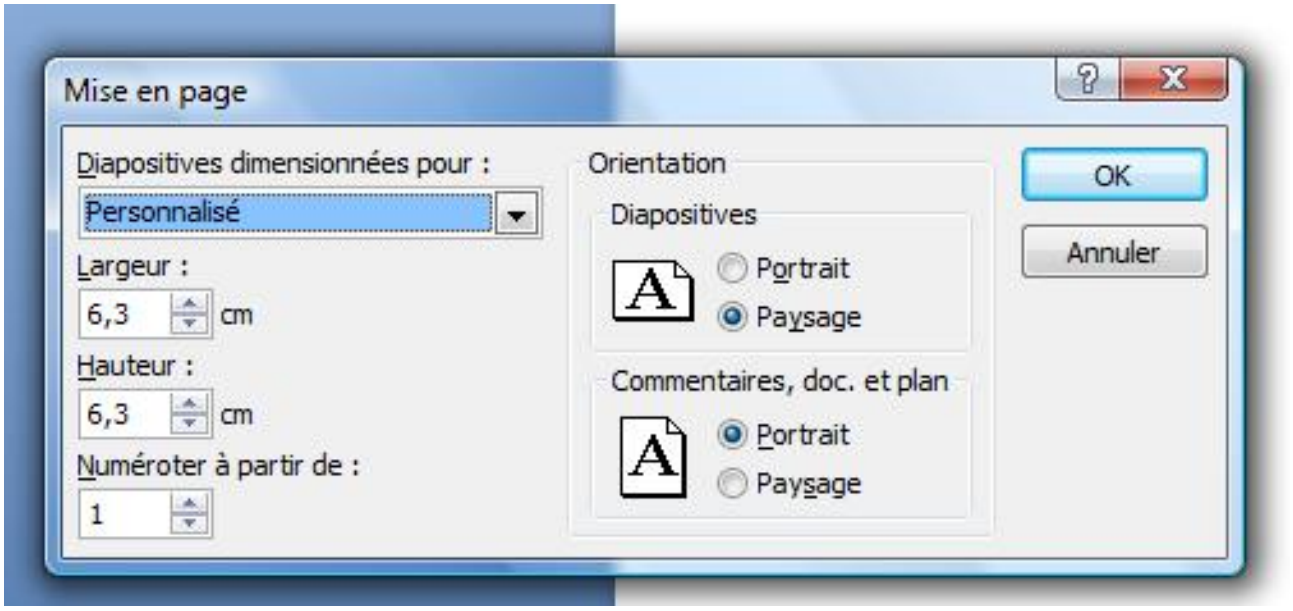
Ouvrons le logiciel PowerPoint et effectuons un clic de souris droit, on choisit **Disposition -> Vide**



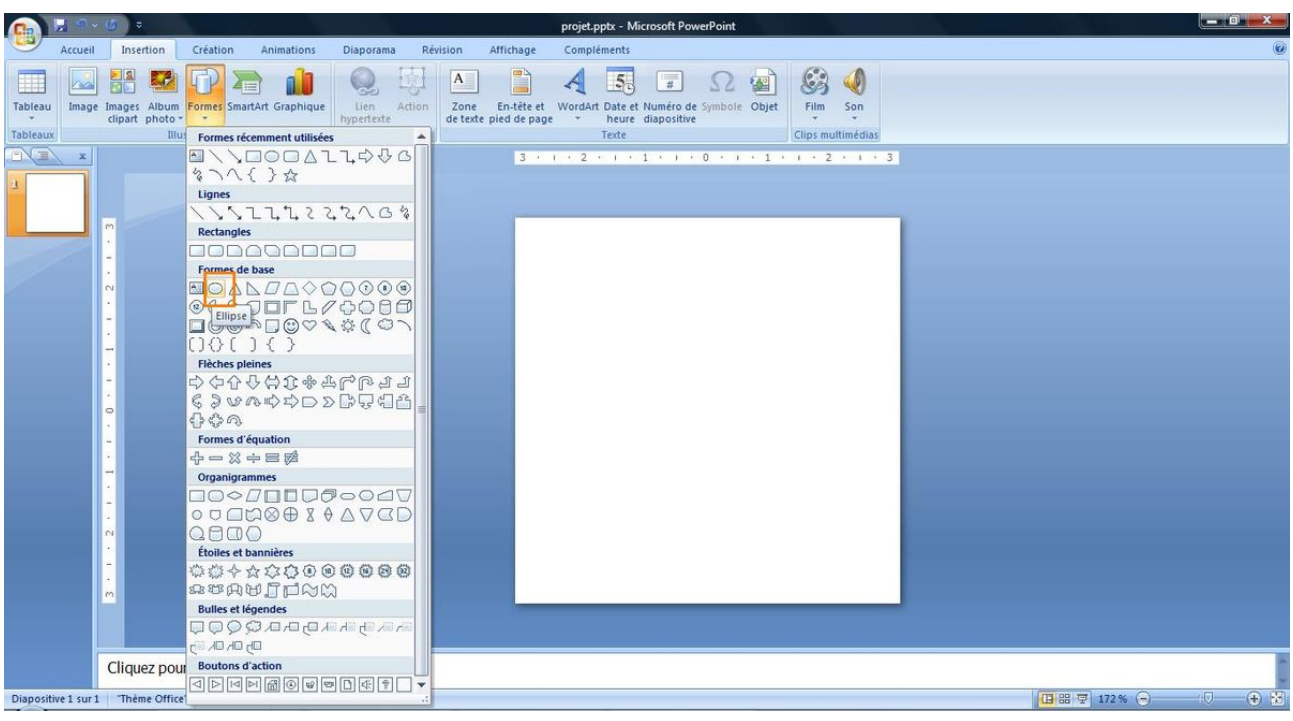

Ensuite, il est mieux de choisir la taille de notre "feuille" dès le début. Pour cela il faut aller dans **Création -> Mise en page**.



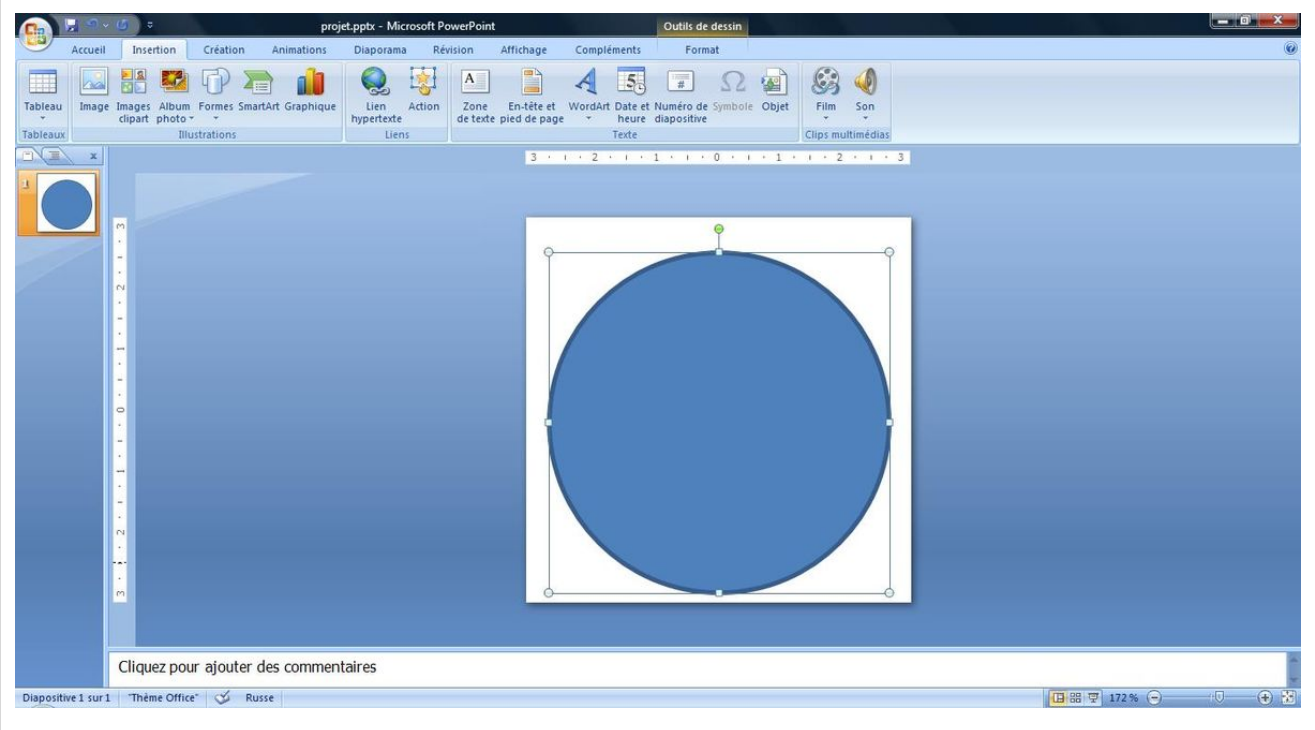
Pour mon projet je choisis dans **Diapositives dimensionnées pour:-> Personnalisé**, **Largeur** et **Hauteur -> 6.3 cm**



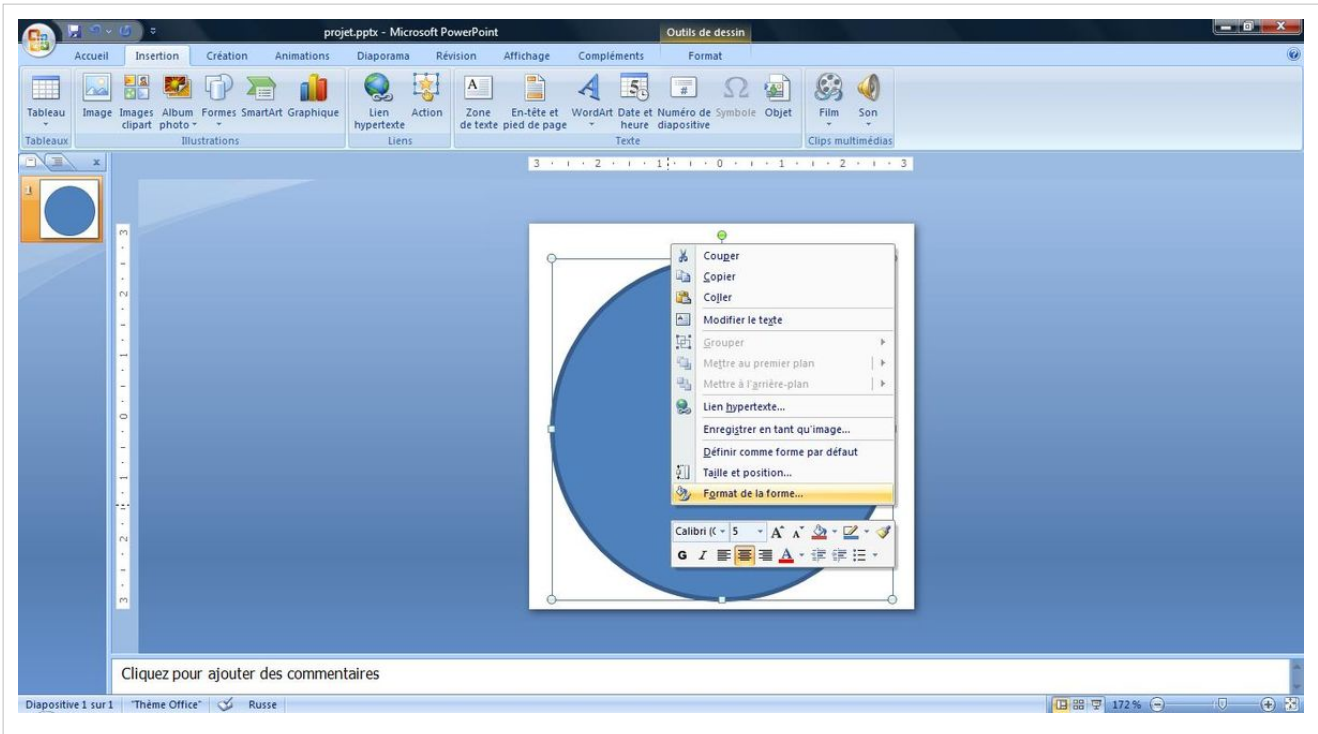

On dessine un cercle avec l'outil de dessin. On choisit **Insertion -> Formes -> Ellipse**



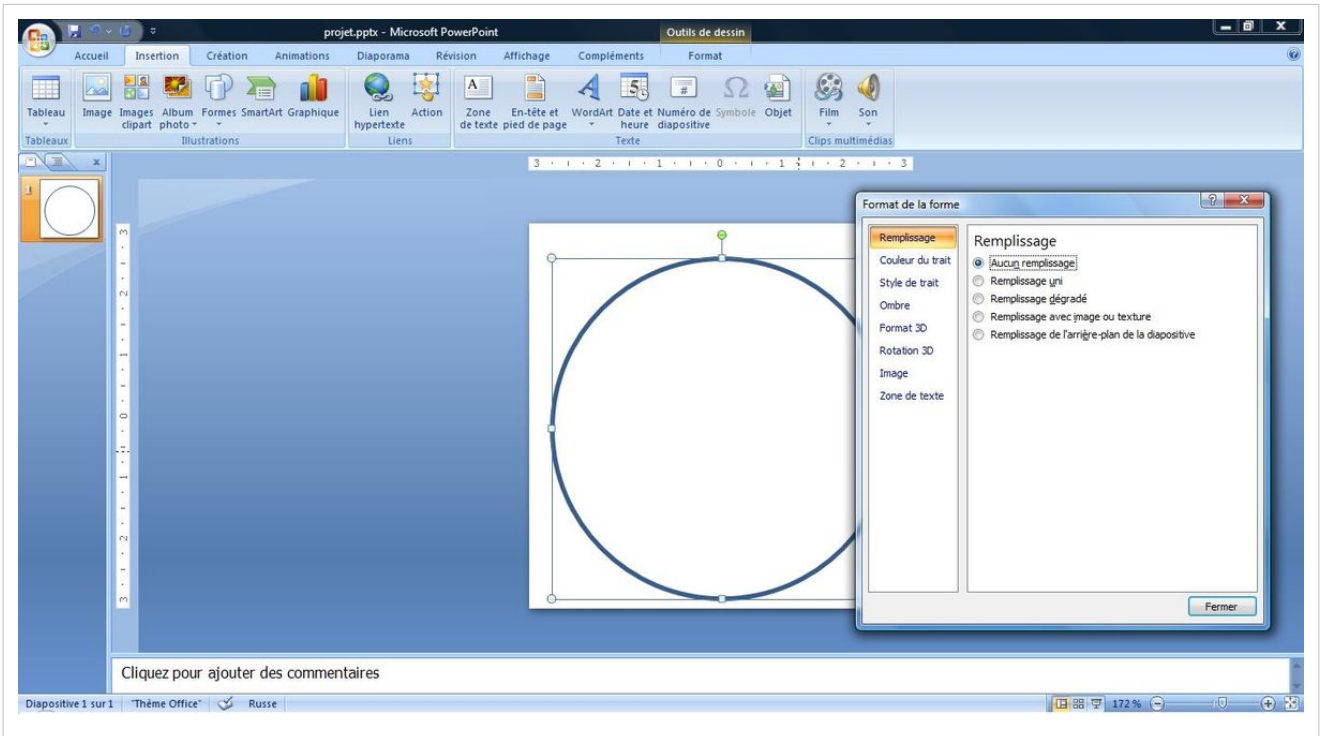

Avec l'outil **Ellipse** on dessine un cercle libre



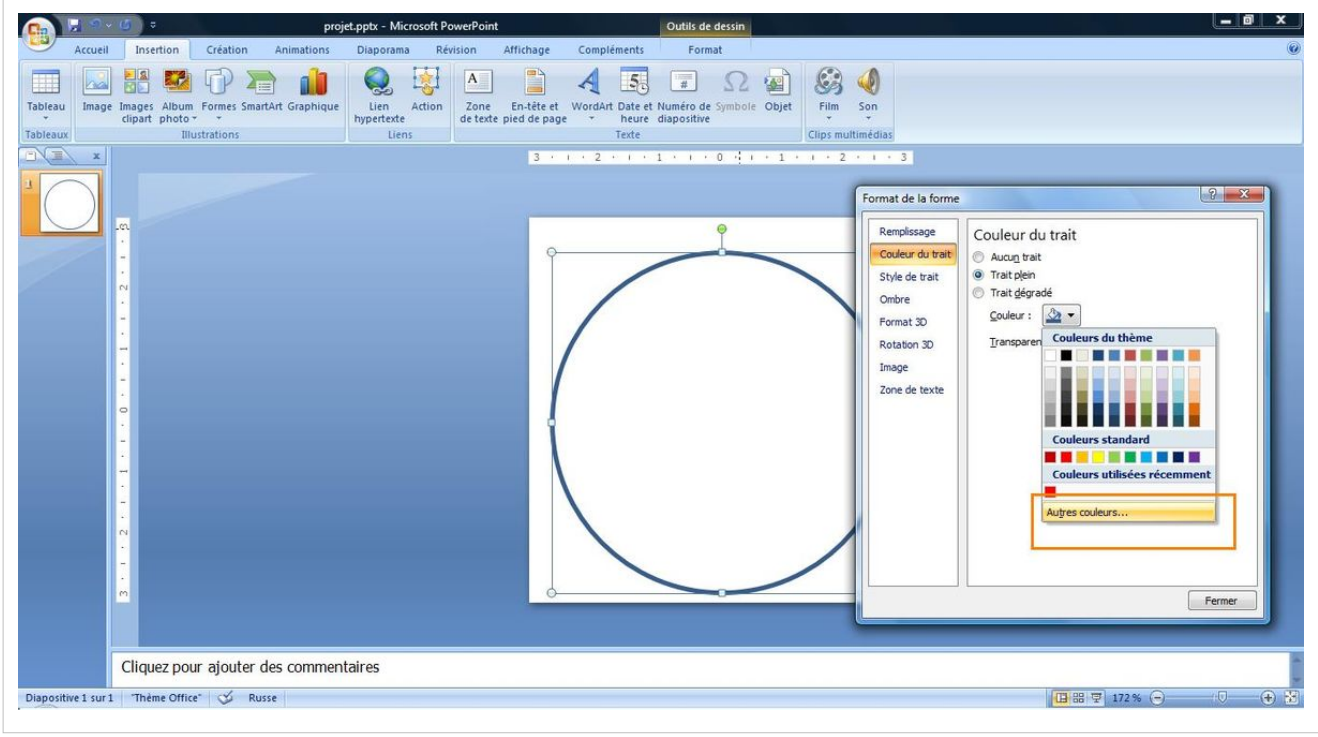

Pour paramétrer le cercle on effectue un clic de souris droit et on choisit **Format de la forme**



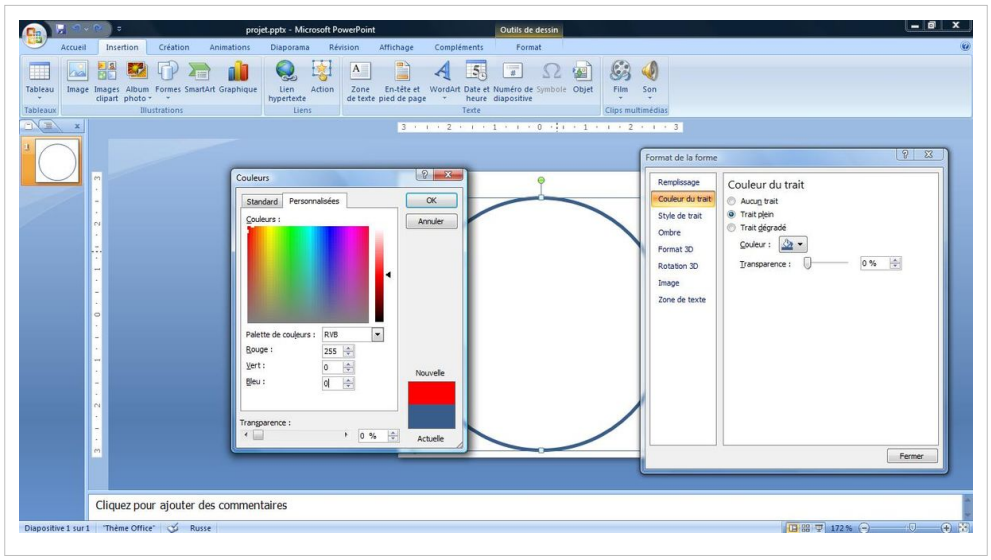

Dans **Format de la forme** il faut choisir **Remplissage -> Aucun remplissage**

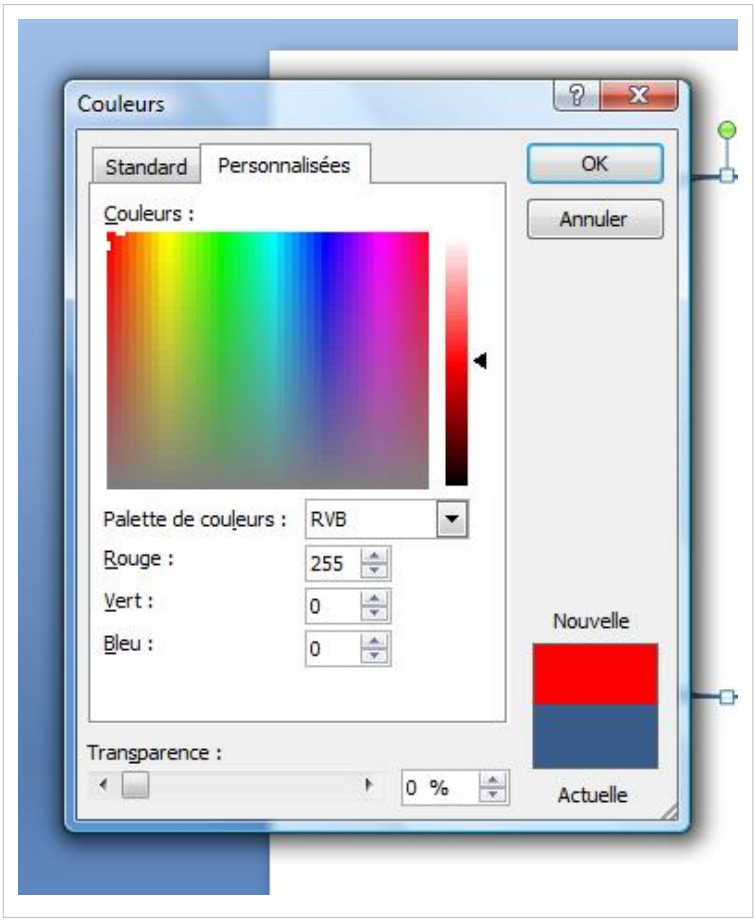



Il est très important de choisir une bonne couleur pour la découpe laser! Pour la découpe laser il faut utiliser la couleur Rouge . Pour cela, dans la fenêtre **Couleur de trait** il faut choisir -> **Couleurs** -> **Autres couleurs**

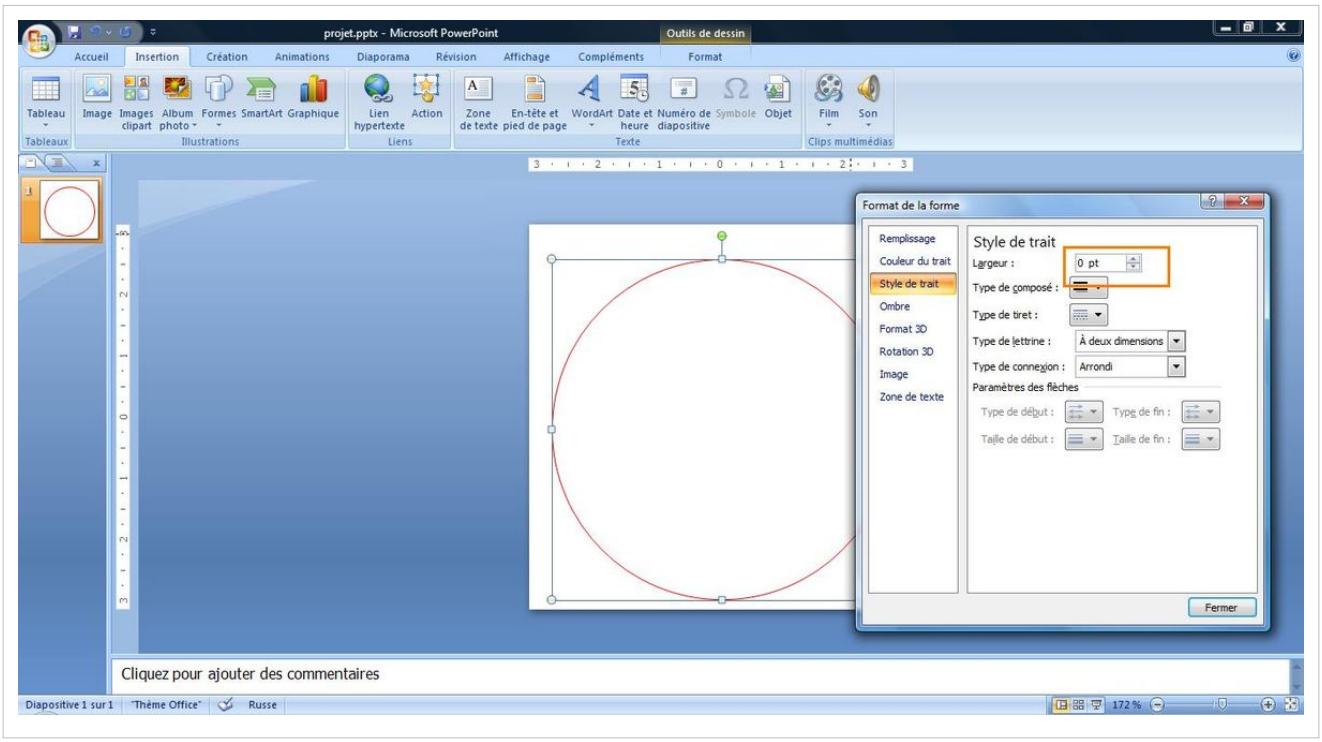



Dans la fenêtre **Couleurs** qui s'ouvre il faut écrire les paramètres de Rouge en **RVB (255,0,0)**. Ensuite, **OK**

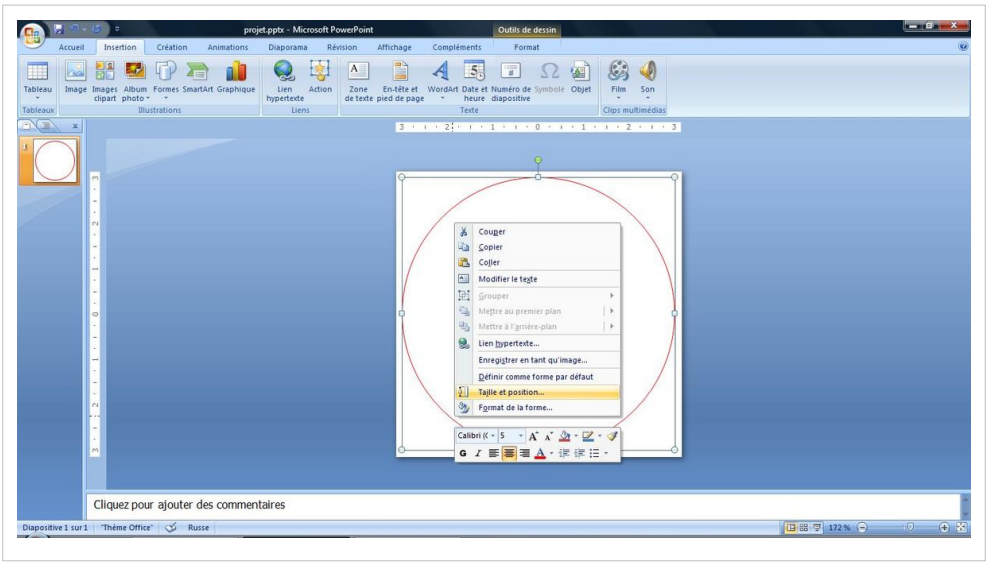


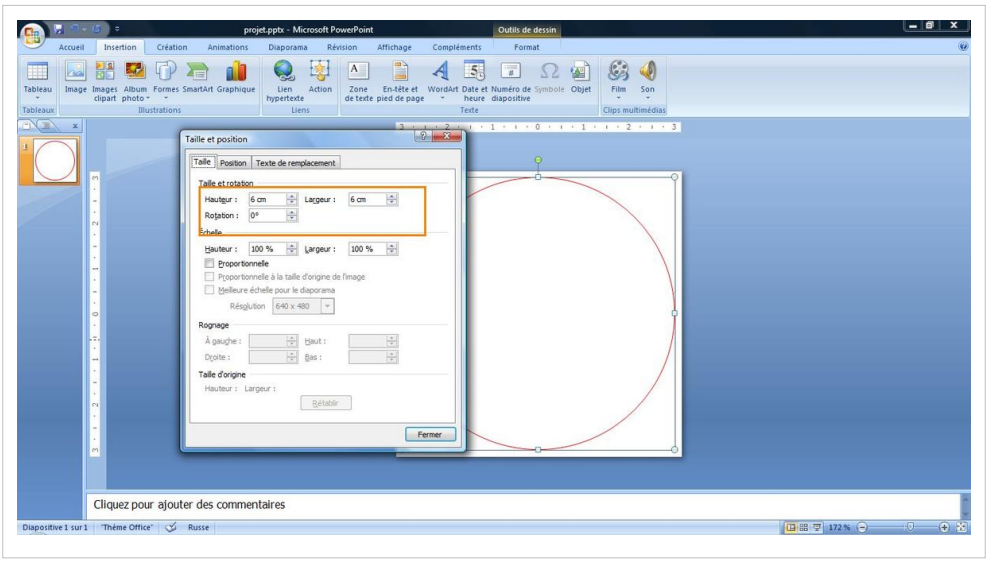




Pour que le laser découpe bien, il faut paramétrer la largeur du trait. Dans **Format de la forme** -> **Style de trait** -> **Largeur** -> **0px** -> **Fermer**

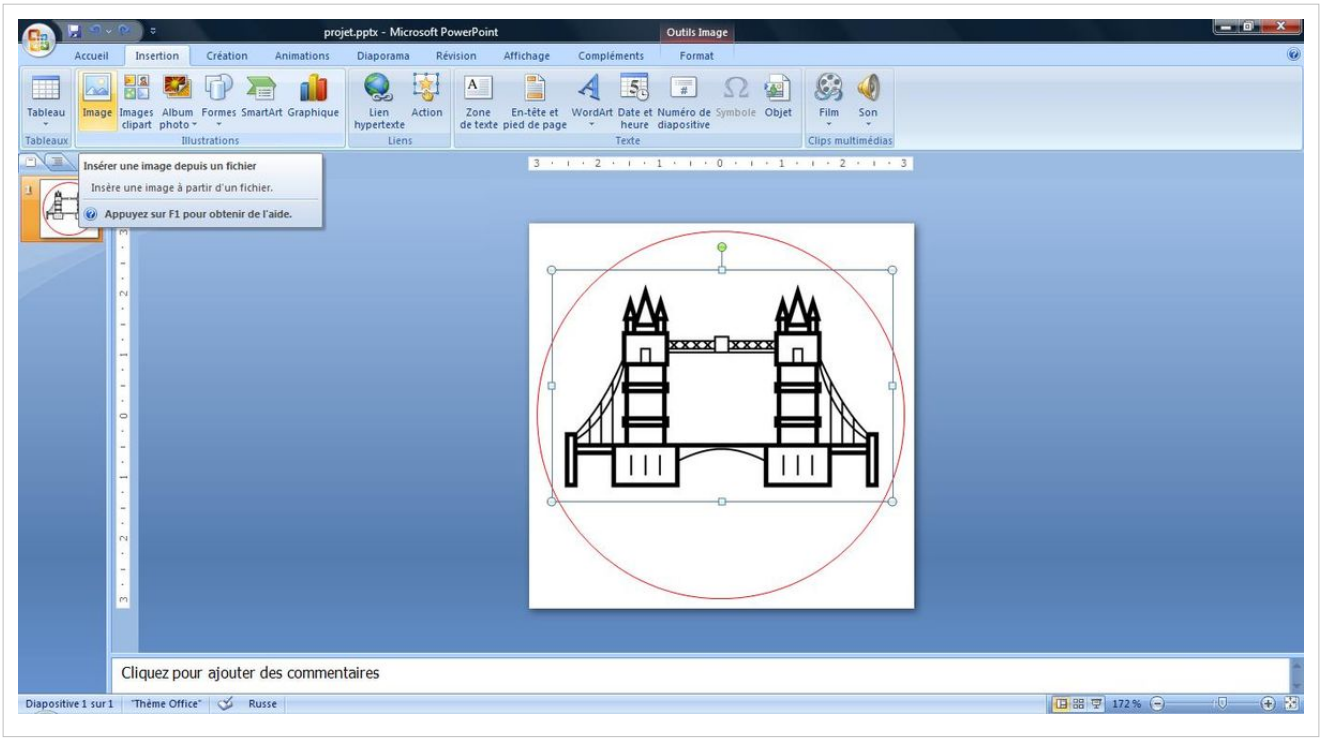



Pour modifier la taille de cercle il faut faire un clic droit sur l'image et choisir **Taille et position**. Dans la fenêtre **Taille et position** on choisit la taille de notre cercle de **6 cm**.

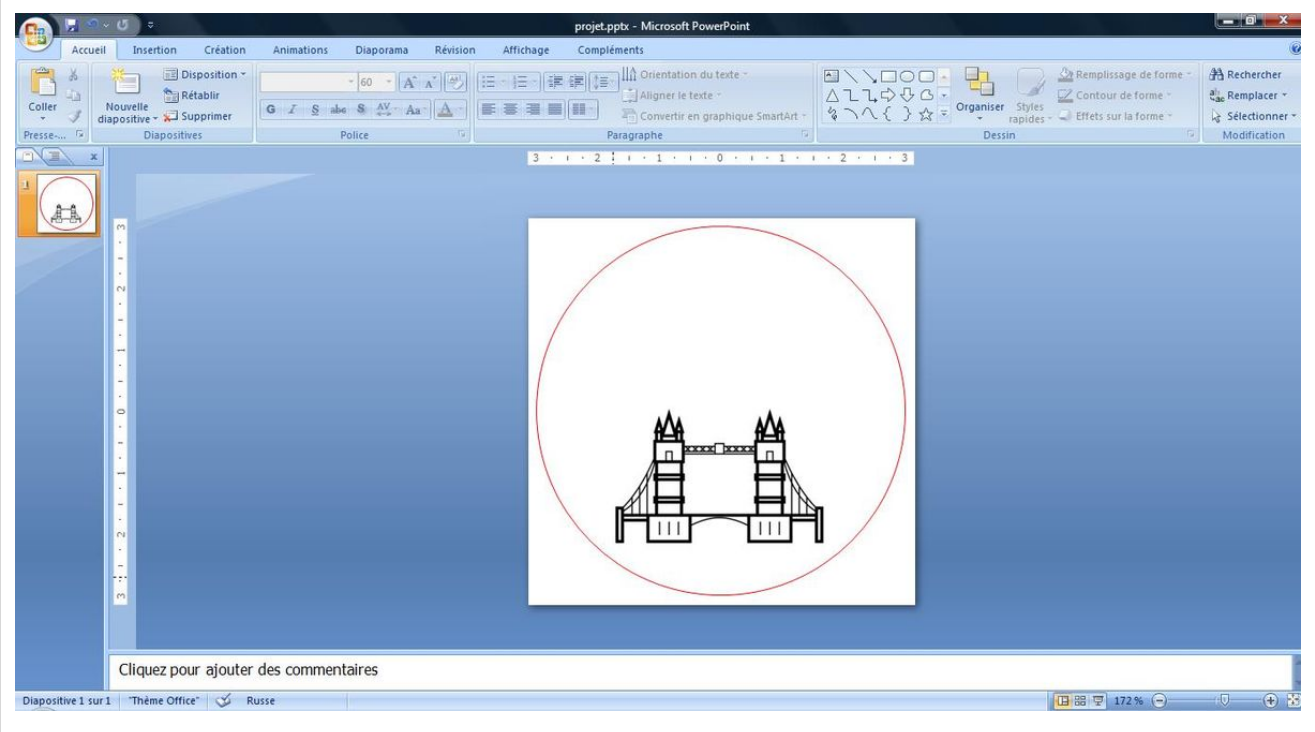




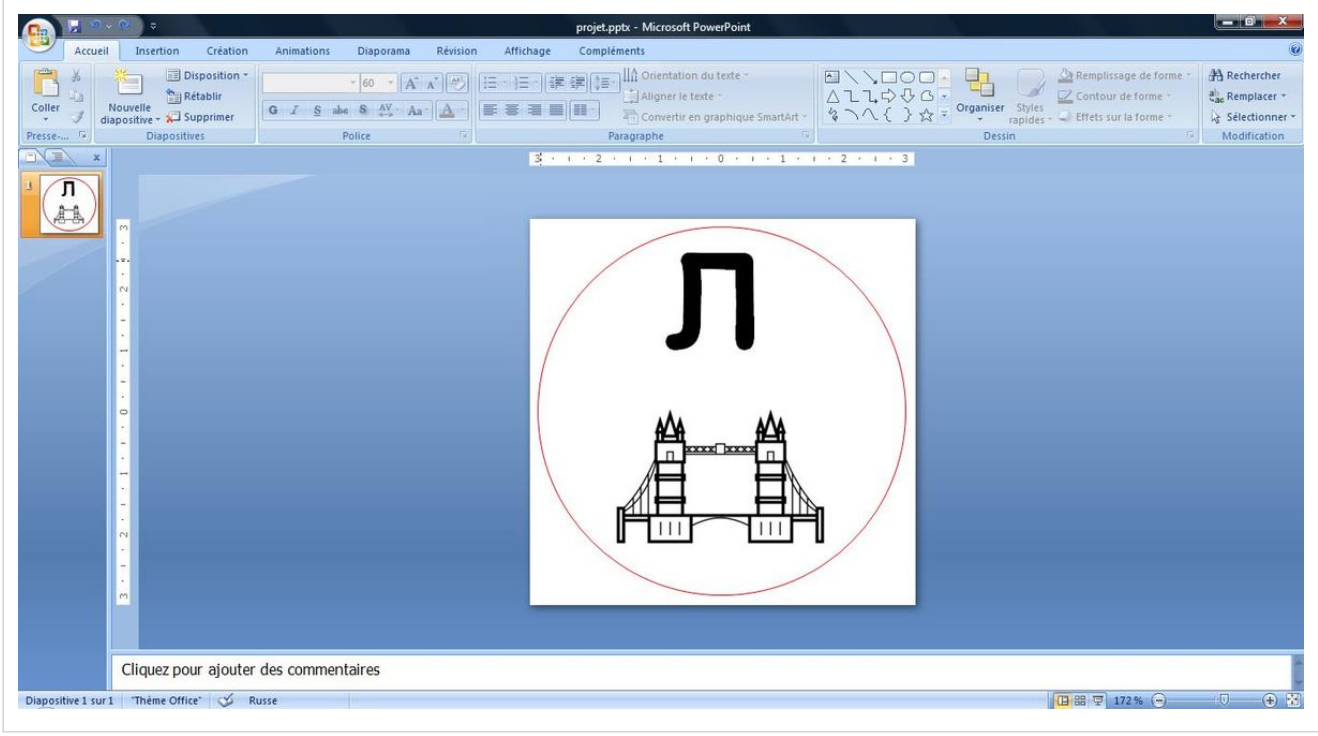

Il nous reste importer le dessin que l'on veut graver. Le dessin doit être en **noir** et dans un format approprié. Pour ce projet j'utilise l'image en format **.png**. L'image est trouvé sur le site https://thenounproject.com/. Pour insérer l'image on choisit **Insertion -> Image** et on choisit un fichier sur notre ordinateur.




Ensuite, on ajuste la taille et la position de notre image.




Il nous reste à ajouter une lettre de l'alphabet. On choisit **Zone de texte** et on écrit une lettre de l'alphabet. Dans notre cas, on écrit une lettre de l'alphabet russe, vous pouvez écrire une lettre de l'alphabet latin.




On sauvegarde le fichier dans le format .pdf et on grave le fichier sur le Trotec Speedy 100R. Voici le fichier source

Voici le résultat réaliser sur la découpeuse/graveuse laser Trotec Speedy 100R. Le matériel est du peiplier.

# Conclusion

Microsoft PowerPoint peut être utilisé pour la découpe et gravure laser dans un projet simple qui prevoit l'importation de l'image en format approprié.

# Astuce

Cette astuce peut être utile pour les personnes qui utilisent un ordinateur Apple.

Quand vous avez sauvegardé votre fichier au format PowerPoint sur votre ordinateur, et que vous devez le transformer au format PDF.

Il suffit pour cela de lancer le document PowerPoint, puis selectionner "Fichier" et "Imprimer". Une fenêtre va apparaître vous indiquant d'imprimer le document.

Il suffit de cliquer sur la fenêtre déroulant PDF qui se trouve en bas de la fenêtre et de choisir "enregistrer au format PDF".

Il ne vous reste plus qu'à choisir le nom et l'endroit ou vous désiré qu'il soit stocké.

# Bibliographie


- Microsoft PowerPoint: https://fr.wikipedia.org/wiki/Microsoft_PowerPoint
- Noun Project: https://thenounproject.com/
- Image crédits: Created by arloenl evinniev from Noun Project image lien [2]


## Références


[1] https://products.office.com/fr-CH/?omkt=fr-CH

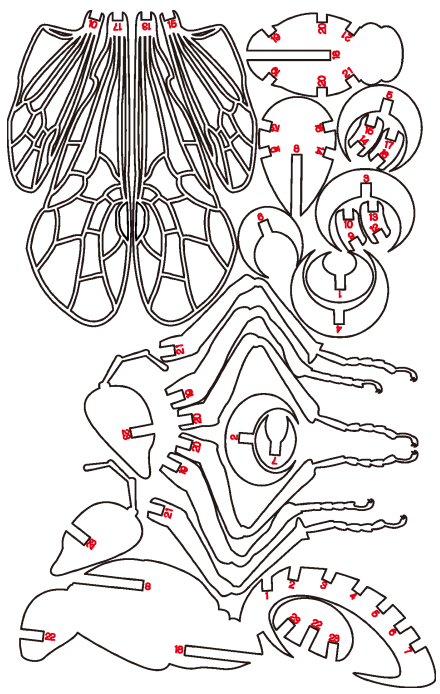
[2] https://thenounproject.com/arloenl.evinniev/collection/london-landmarks/?oq=london&cidx=0&i=267766

# Introduction au tranchage de pièces 3D pour la découpe laser

- Qualité: finalisé
- Difficulté: intermédiaire

## Introduction

La découpe laser avec une Trotec_Speedy_100R ne permet pas de découpe 3D, puisque le laser est monté sur un bras se déplaçant sur un plan en 2 dimensions uniquement. Il n'y a pas de mécanisme de rotation pour permettre une découpe en diagonale. La solution pour découper des modèles 3D est de subdiviser le modèle en tranches qui sont superposées après la découpe pour reproduire le modèle 3D. Il est aussi possible de découper des pièces de puzzle 3D, comme pour l'abeille présentés dans le Module 1 du cours STIC:STIC_III_(2016)



fichier de découpe pour le puzzle 3D "abeille"

## Modèle 3D en tranches

### Avantages

- Une fois les pièces empilées et collées, le modèle est solide.
- Plutôt simple à réaliser.
- Résultat plein et proche du modèle voulu.
- Possibilité de trancher selon un angle paramétrable.
- Applications pédagogiques intéressantes (Cartographie, courbes de niveaux,...)

### Inconvénients

- Il ne faut pas se tromper dans l'ordre des tranches et leur position.
- Consomme énormément de matériel pour les modèles complexes.
- Les modèles complexes comme un personnages obligent à utiliser de la colle ou des fils de fer pour tenir le modèle en place, surtout s'il y a des pièces en équilibre ou tenues par le haut.
- Faible niveau de détails à mois d'utiliser beaucoup de matériel.

## Puzzle 3D

### Avantages

- Des modèles complexes avec peu de matériel.
- Ludique à monter
- Très beaux résultats
- Applications pédagogiques intéressantes (anatomie, architecture,...)

### Inconvénients

- Difficile à concevoir.
- Difficile à monter.
- Des pièces peuvent être très fragiles selon le modèle découpé.
- Même après le montage avec de la colle, le modèle reste fragile.

## Logiciels

Il est possible de sectionner un modèle 3D en tranches ou en pièces de puzzle à l'aide des logiciels suivants :

### Autodesk 123D Make

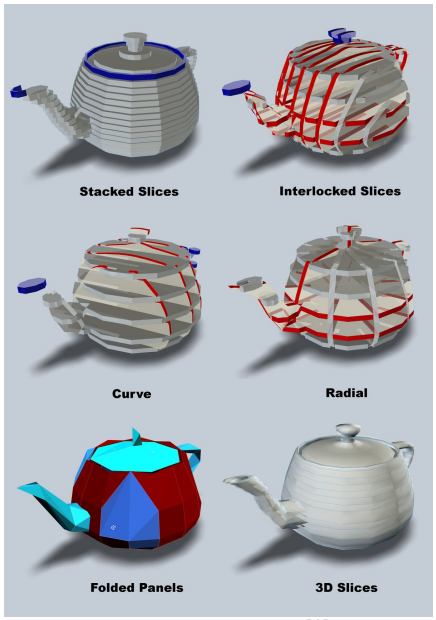
123D Make est un logiciel de la suite Autodesk. Il permet la création et l'édition de modèles 2D et 3D. C'est un outil performant pour la découpe laser car il contient des fonctions prévues à cet effet.

Il est possible d'importer des fichiers SVG dans Autodesk 123D make, mais vous ne pourrez qu'influer sur l'épaisseur du fichier et la rondeur des bords. Vous pourriez Utiliser cela pour créer une pièce arrondie, découpée en tranches, pour une sphère, par exemple.

Autodesk 123D make supporte les fichiers .SVG, les fichiers .obj qui proviennent d'autres logiciels de graphisme 3D et tous les fichiers natifs de la suite Autodesk. Vous pouvez exporter les projets en format PDF pour les insérer dans la découpeuse laser ensuite. Les pièces sont automatiquement réparties sur la page et numérotées.

Il est possible d'utiliser plusieurs options de découpes pour vos modèles 3D:

- Stacked slices. crée des tranches empilées.
- Interlocked slices. crée des tranches horizontales et verticales, pour construire un modèle 3D en maillage.
- Curves. même chose qu'interlocked slices, mais les pièces horizontales ne sont pas plates. (pas possible sur la découpe laser)
- radial slice. Comme interlocked, mais les pièces partent d'un point central.
- folded panels. Modélise l'objet à l'aide de triangles. (pas utile pour la découpe laser)
- 3D slices. Comme stacked slics, mais avec des effets d'arrondis pris en compte (pas possible sur la découpeuse laser.)




Les différentes coupes [1]

Consulter aussi la page Autodesk_123D_Make

## 3D Studio Max

3D Studio Max est également un logiciel de la suite Autodesk, Il fonctionne donc très bien avec 123D Make. C'est un logiciel de graphisme 3D disposant de moins d'options qu'123D Make pour la découpe laser. Il permet cependant d'effectuer assez facilement un "stacked slices", comme vu précédemment.

Il est possible d'importer une large variété de fichiers graphiques produits avec des logiciels de la suite Autodesk et Adobe. Les images vectorielles .svg ne sont pas supportées, mais les .ai le sont.

L'outil à utiliser sur un modèle 3D pour le trancher s'appelle "Cross Section Modifier". L'outil demande de sélectionner une section de l'objet qui sera tranchée sur plusieurs couches. Les sommets sont interconnectés pour créer les couches dans le maillage de l'objet, mais il ne s'agit que de la silhouette de la tranche. Il faut ensuite utiliser un "surface modifier" pour remplir la silhouette avec une surface. Nous obtenons, grâce à ces deux manipulations, une tranche pleine, comme avec 123D Make.

La méthode est plus complexe et moins précise, car elle dépend de votre sélection manuelle.

Consulter aussi la page 3D Studio Max [2] avec l'outil Cross section modifier [3]

## Méthodes plus complexes

Blender permet également de faire des tranches "stacked slices", mais la méthode relève plus du bricolage que de la fonctionnalité prévue à cet effet. Il n'y a pas d'outil dans Blender qui permette la découpe de modèle 3D.

La méthode demande d'animer la caméra pour qu'elle se déplace par rapport à votre objet, soit en vue du dessus, soit en vue latérale. Il faut définir les paramètres de clipping pour que l'objet ne soit jamais affiché en entier. Vous ne verrez donc que les tranches de votre objet. Il suffit de lancer un rendu de l'animation en demandant un rendu image par image plutôt qu'une vidéo déjà assemblée. Il faut ensuite convertir les images obtenues en bitmap pour les utiliser dans la découpeuse laser.

Cette méthode est très imprécise et demande beaucoup de travail. Le résultat n'est de loin pas garanti, comme il dépend du clipping et du positionnement de la caméra, qui ne sont pas 100% fiable.

## Conclusion

Le meilleur outil observé est Autodesk 123D Make, qui contient déjà des fonctionnalités prévues pour la découpe laser. Il est capable d'exporter un fichier directement utilisable dans la découpeuse laser avec un résultat très fiable. Les autres logiciels de modélisation 3D, sont à utiliser si vous êtes plus familiers avec eux pour créer le modèle 3D (123D Make permet aussi de le faire). Vous pouvez exporter votre modèle en format .obj dans 123D Make (ou un format natif de la suite Autodesk) et les trancher dans 123D Make seulement, ce qui vousévite de devoir apprendre une interface supplémentaire.

## Exemples de projets 3D

- Exemple de puzzle 3D pour créer un avion : Maquette d'avion [4]
- Exemple d'assemblage par empilement de tranches : couronne de l'avent [5]
- Exemple d'assemblage par empilement de tranches (Projet STIC III) : Topo-kit

## Références

[1] http://support.epiloglaser.com/article/8205/47369/laser-3d-model-making-with-123d-make
[2] http://www.autodesk.fr/products/3ds-max/overview
[3] https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/3DSMax/files/GUID-8C7F1586-4A70-42E1-8E85-372891E13127-htm.html
[4] https://www.sparkfun.com/news/1621
[5] https://www.troteclaser.com/fr-ch/savoir-faire/exemples-laser/couronne-de-l-avent/

# Tranchage avec Autodesk 123D Make pour la découpe laser

- Qualité: finalisé
- Difficulté: intermédiaire

## Introduction

Autodesk 123D Make est un logiciel utilisé afin de transformer des modèles 3D en coupes prêtes à être utilisées avec une découpeuse laser.

## Modes de découpe

Le modèle de base est le suivant :

Le lien pour télécharger ce modèle se trouve en bas de page.

Le menu sur la gauche contient deux sections:

- Une partie qui concerne l'objet 3D (avec la taille de l'objet principalement)
- Une partie qui concerne le type de "construction" (Construction Technique)

C'est cette deuxième partie qui va nous intéresser ici

**Important ! Avertissements !** :

- Lorsque des parties sont représentées en bleu sur la visualisation du modèle 3D, cela signifie que le logiciel voit ces parties comme n'étant pas connectées avec le reste de la forme. Si cela semble étrange dans le mode "Stacked slices", c'est nettement plus visible avec le mode "Interlocked Slices".
- Lorsque des tranches sont représentées en rouge, cela indique une erreur *Multiples Notches*. Pour remédier à cela, il est possible de bouger une tranche rouge en double-cliquant dessus, puis de la déplacer jusqu'à ce qu'elle ne soit plus problématique.

## *Stacked Slices* ou *Tranches Empilées*

Cette méthode va transformer un modèle en tranches qui peuvent être ensuite empilées les une sur les autres afin de recréer l'objet voulu. Il est possible de choisir la direction dans laquelle le modèle 3D sera tranché (par exemple des tranches verticales ou des tranches horizontales) et une option permet de voir chaque pièce numérotée afin d'aider à la reconstitution de la forme une fois les tranches obtenues.

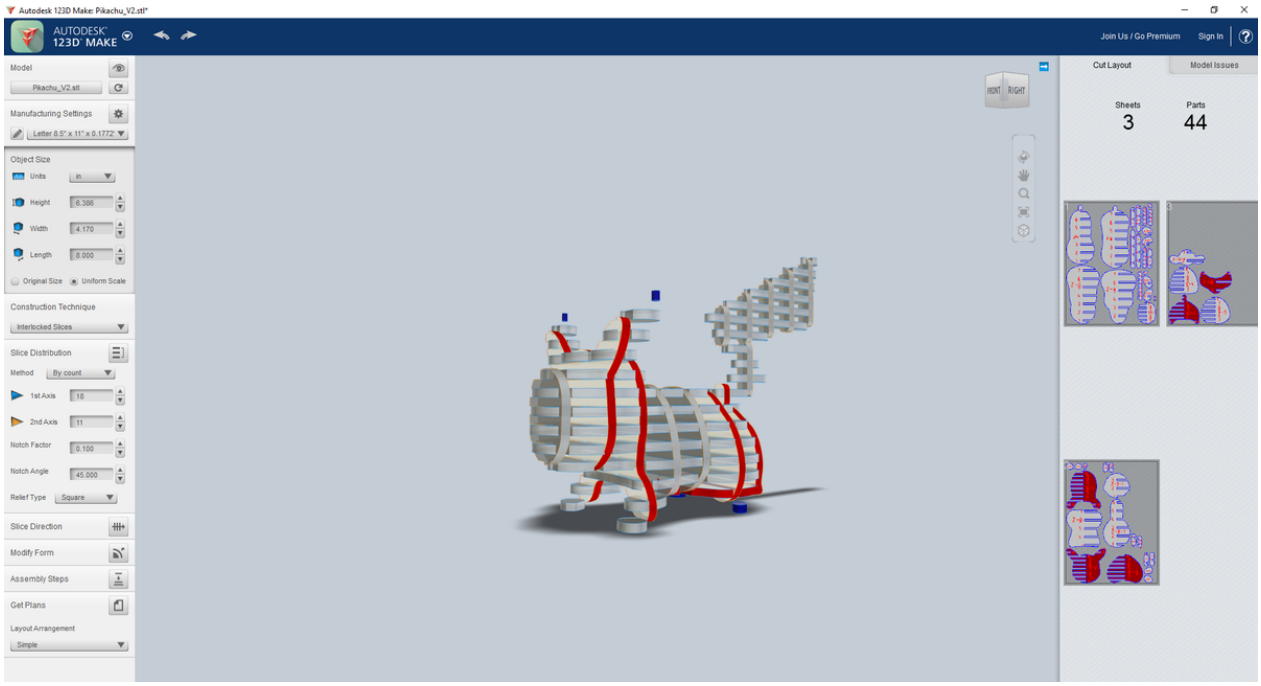
### Paramètres du mode "Stacked Slices"

## *Interlocked Slices* ou *Tranches Emboîtées*

Cette méthode convertit une forme 3D en un ensemble de tranches qui se croisent et s'emboîtent

- La première option permet d'ajouter des **joints** (**Dowels**) à notre forme. Ceci n'est pas nécessaire mais peut éviter par exemple l'utilisation de colle entre les tranches. Les options disponibles ici sont le diamètre du joint, sa forme mais également le positionnement du ou des joints.
- La seconde option est la **direction des tranches** (**Slice Direction**). Cette option permet de décider et changer l'angle utilisé pour découper en tranches l'objet souhaité. C'est cette option qui va permettre d'avoir par exemple des tranches horizontales ou verticales.
- La troisième option est la **modification de forme** (**Modify Form**). Cette option va permettre d'effectuer quelques modifications sur le modèle 3D. Lorsque cette option est sélectionnée, 3 onglets deviennent visibles sous le modèle 3D:
  - **Hollow** : Permet de "creuser" une partie de la forme.
  - **Thicken** : Permet d'épaissir la forme
  - **Shrinkwrap** : Permet de combler les trous avec une sorte de film (à compléter)
- La quatrième option est **l'assemblage des tranches** (**Assembly Steps**). Une barre apparaît sous le modèle 3D et permet de visualiser chaque étape de superposition des tranches.
- La cinquième option permet de visualiser les planches et également de choisir le type d'arrangement sur celles-ci.

### Paramètres du mode "Interlocked Slices"




- La première option est la **distribution des tranches** (**Slice Distribution**). Elle permet de choisir le façon dont les tranches seront distribuées dans notre forme et permet de régler cela avec deux types de mesures différentes:
  - **By Counts**: On choisit le nombre de tranches horizontales et verticales que l'on souhaite avoir à la fin.
  - **By Distance**: On choisit la distance que l'on souhaite avoir entre chaque tranches.
- La seconde option est la **direction de la découpe** (**Slice Direction**). Cette option permet de décider et changer l'angle utilisé pour les différentes directions de tranches qui vont s'emboîter.
- La troisième option est la **modification de forme** (**Modify Form**). Cette option va permettre d'effectuer quelques modifications sur le modèle 3D. Lorsque cette option est sélectionnée, 3 onglets deviennent visibles sous le modèle 3D:
  - **Hollow** : Permet de "creuser" une partie de la forme.
  - **Thicken** : Permet d'épaissir la forme
  - **Shrinkwrap** : Permet de combler les trous avec une sorte de film (à compléter)
- La quatrième option est **l'assemblage des tranches** (**Assembly Steps**). Une barre apparaît sous le modèle 3D et permet de visualiser chaque étape pour construire le modèle avec les tranches à emboîter.
- La cinquième option permet de visualiser les planches et également de choisir le type d'arrangement sur celles-ci.

## Liens

- Site officiel : Autodesk123D make [1]
- Page Thingiverse du modèle 3D Pikachu [2]

## Références

[1] http://www.123dapp.com/make
[2] http://www.thingiverse.com/thing:1731676

# Tranchage avec Photoshop pour la découpe laser

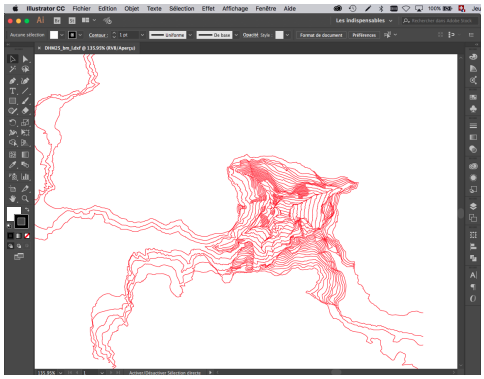
- Qualité: finalisé
- Difficulté: intermédiaire

## Création des fichiers vectoriels pour la découpe

### À partir d'un fichier 3D

Il est possible de découper un fichier 3D en tranches de deux manières: en tranches emboitées ou en tranches empilées. Le plus simple est de passer par le logiciel Autodesk 123D make, qui fait presque tout automatiquement. Pour plus d'informations, consulter le guide sur ce wiki: Autodesk 123D Make.

### Swisstopo



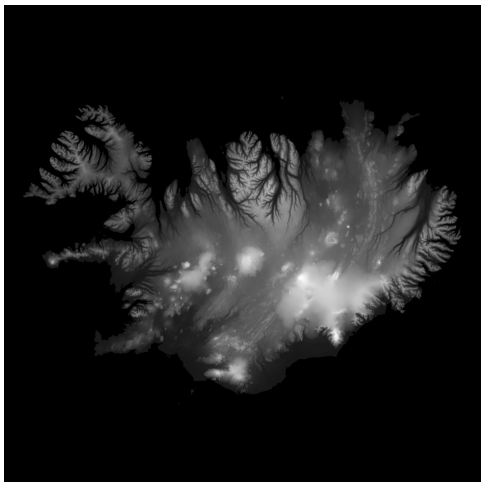
L'utilisation de la découpeuse laser pour la conception d'objets 3D s'applique particulièrement bien à la création de maquette de terrain 3D. Swisstopo, l'office fédéral de la topographie, met à disposition plusieurs types de données en ligne. En plus de pouvoir accéder aux cartes topographiques en ligne [1], il est possible de télécharger en différents formats des modèles numériques du terrain et des habitations suisses. Il est par exemple possible de télécharger ici [2] gratuitement (sous "plus d'informations", et "échantillons") des échantillons du modèle de terrain pour la région du Cervin et pour la région de Berne. Les fichiers DXF peuvent être ouverts avec différents programmes de CAD (Computer-aided design) comme AutoCAD, FreeCAD et certains fichiers s'ouvrent avec Illustrator et Inkscape. Cependant ces fichiers sont très détaillés, et un peu de travail est nécessaire (réunion de tracés séparés, nettoyage des tracés trop petits pour être découpés, etc.) pour pouvoir les utiliser avec la découpeuse laser.

### À partir d'une "heightmap" en noir et blanc

Il est courant de représenter les terrains grâce à des "heightmaps", des images en noir et blanc où le blanc est utilisé pour représenter les altitudes les plus hautes, et le noir pour les plus basses, avec tout le spectre de gris pour les altitudes intermédiaires.

Dans Photoshop, il est possible de créer des courbes de niveau en tracés vectoriels à partir de ces images. Nous travaillerons ici avec une heightmap de l'Islande trouvée sur ce forum [3].

Avant de créer les tracés, il est bien de s'assurer que nous aurons des pixels complètement blancs, et des pixels complètement noirs pour s'assurer d'avoir des tracés à toutes les altitudes. Pour cela, on peut utiliser "niveaux" et resserrer les curseurs des basses et des hautes lumières contre l'histogramme.



Heightmap de l'Islande

Ensuite, ces images sont souvent assez précises, et créer les courbes de niveau maintenant pourrait générer beaucoup de petites courbes de niveau, aux allures carrées. Pour atténuer cela, il peut être utile de flouter un peu l'image, pour "lisser" les transitions et supprimer des détails trop petits. J'ai utilisé ici le filtre Gaussien, en jouant sur le rayon pour lisser le relief, sans perdre trop d'informations.

Pour créer les courbes de niveau, on peut utiliser la sélection par plage de couleurs. Nous allons sélectionner les tons clairs, et jouer sur les options "tolérance" et "gamme". Augmenter la tolérance sélectionne plus de pixels voisins aux pixels de la plage de couleur. Cela fusionne donc les petites zones entre elles. Ici, elle est laissée à 0 car nous avons ajouté du flou pour remédier au problème des petites zones isolées. En revanche, nous allons jouer sur la "gamme" en sélectionnant les tons clairs. À 0, la gamme ira du blanc jusqu'au noir, et tout sera sélectionné; à 255, la gamme ira du blanc au blanc, et seuls les pixels blancs seront sélectionnés.

En jouant sur la gamme on peut donc créer des sélections dont les contours sont nos courbes de niveau à différentes altitudes. Une fois la sélection faite, on peut créer un tracé vectoriel dans le panneau "tracé" en cliquant sur le bouton "convertir une sélection en tracé".

Il suffit alors de répéter l'opération autant de fois que de niveaux voulus. Pour faciliter l'opération, j'ai créé un script Photoshop qui permet d'automatiser la tâche. Pour lancer le script, téléchargez le [4], puis allez dans Photoshop dans Ficher > Scripts > Parcourir... et choisissez le script CourbeDeNiveau.jsx. Spécifiez alors le nombre de couches désirées et cliquez sur ok. Les tracés seront alors automatiquement générés dans le panneau "tracés".

Une fois tous les tracés créés, il suffit de les exporter pour Illustrator en allant dans Fichier > Exportation > Tracés vers Illustrator... et préciser que nous voulons exporter tous les tracés. Nous obtiendrons alors un fichier Illustrator contenant toutes les courbes de niveau en format vectoriel.

## Agencer les pièces pour la découpe

Si nous avons travaillé avec Autodesk 123d make, il n'y aura pas grand chose à faire car le logiciel agence les pièces pour nous, avec même l'option de numéroter les pièces.

Avec des fichiers créés à la main, deux options sont possibles pour agencer nos pièces. Le plus simple, pour créer un modèle "plein" consiste à répartir chaque coupe les unes à côté des autres en essayant de minimiser les espaces vides. Cependant, cette méthode est coûteuse en temps de travail, et en matériel utilisé lors de la découpe (voir document pdf de l'EPFL sur la découpe de reliefs "pleins" [5]).

Il est donc préférable lorsque c'est possible de créer des modèles "vides". En effet, pour économiser du bois, il est possible d'imbriquer les pièces; certaines pièces seront alors trouées, mais ce n'est pas grave car ces trous seront recouverts par les couches supérieures (voir document pdf de l'EPFL sur la découpe de reliefs "vides" [6]).

Voici un bref protocole pour agencer nos pièces dans Illustrator:

En ouvrant le fichier créé par Photoshop, on va commencer par attribuer une couleur à nos tracés pour les voir.

Le script Photoshop peut avoir créé beaucoup de petits tracés, que nous ne voulons pas forcément découper. Pour enlever ces petits tracés, il est possible de le faire à la main, ou d'utiliser un script pour le faire pour nous. Ici, nous avons enlevé tous les tracés ayant une longueur inférieure à 50pt en utilisant un script trouvé sur ce forum [7] et téléchargeable ici [8].

Il est ensuite pratique de grouper les tracés de même altitude. Le plus simple est de commencer par l'extérieur, en sélectionnant tous les tracés qui sont en contact avec le blanc extérieur. Une fois groupés, on peut masquer ces tracés et répéter l'opération avec le niveau suivant.

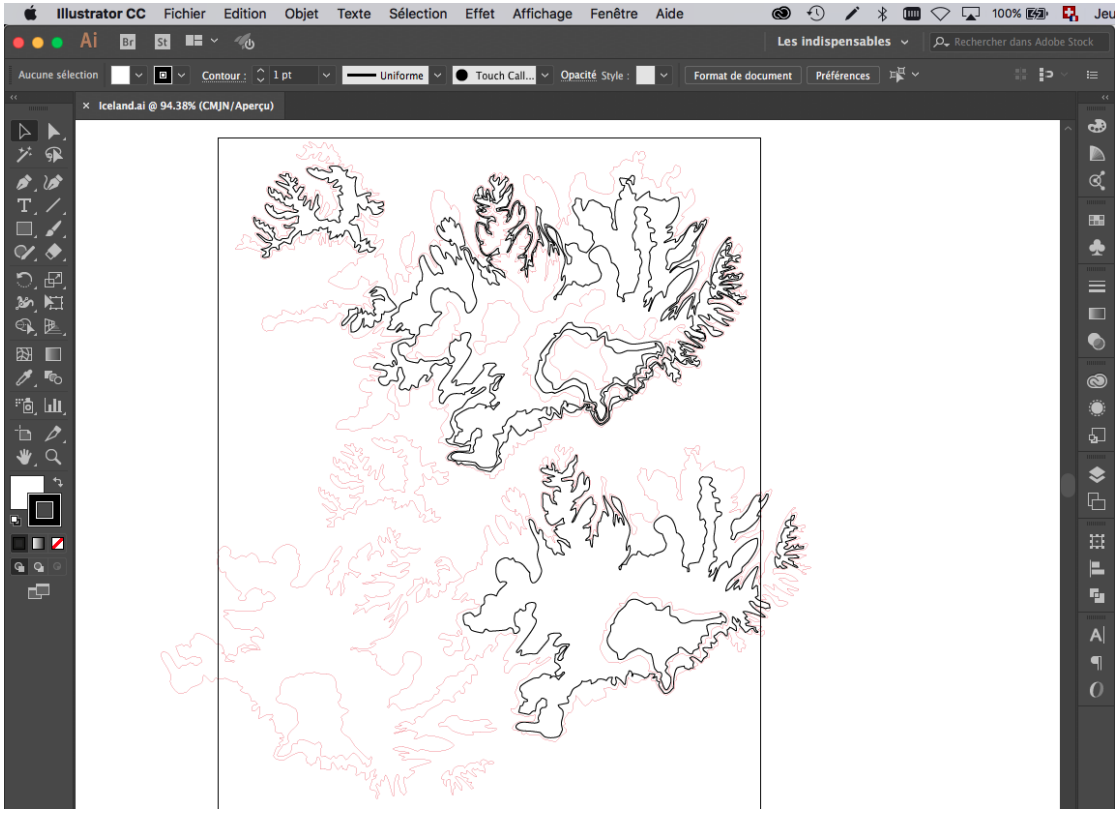
Il est nécessaire que les pièces reposent les unes sur les autres pour pouvoir construire la maquette. Nous ne pouvons donc pas simplement découper ce fichier tel quel car toutes les pièces s'emboitent les unes dans les autres et il n'y a aucun "overhang" entre les pièces. Par contre, si nous dupliquons les tracés et imbriquons les pièces une sur deux, on va pouvoir empiler les pièces. Après avoir fait l'expérience avec la découpe du relief de la Suisse, imbriquer les tracés de 2 en 2 n'est parfois pas suffisant lorsque le relief est pentu et que les courbes de niveau sont proches. Je

conseille donc de grouper les courbes de niveau de 3 en 3, afin d'être sûr d'obtenir des "overhangs" suffisants.

On peut ensuite dupliquer 3 fois nos tracés.

On donne ensuite la couleur pour la découpe aux groupes de tracés tous les 3 niveaux, en décalant d'un niveau sur chaque copie. J'ai choisi ici de garder les autres tracés en noir, et ainsi graver la forme de la pièce du dessus sur chaque niveau, ce qui facilitera l'assemblage par la suite.

Il ne reste plus qu'à supprimer les tracés noirs extérieurs qui ne servent à rien, et agencer les 3 groupes de tracés pour perdre le moins de place possible. Le fichier est alors prêt à être imprimé par la découpeuse laser, avec le profil de couleur adéquat.



## Exemple de réalisation

En suivant les protocoles pour Photoshop et Illustrator ci-dessus, un relief de la Suisse a été créé à partir d'une heightmap trouvée sur ce site [9].

## Références

[1] https://map.geo.admin.ch/
[2] https://shop.swisstopo.admin.ch/fr/products/height_models/dhm25
[3] https://forums.unrealengine.com/showthread.php?93098-Problem-use-import-Heightmap
[4] http://tecfaetu.unige.ch/etu-maltt/utopia/dewaele0/stic-3/scripts/CourbeDeNiveau.jsx
[5] http://enac-oc.epfl.ch/files/content/sites/enacco/files/Terrain_Plein_New.pdf
[6] http://enac-oc.epfl.ch/files/content/sites/enacco/files/Terrain_Vide_New.pdf
[7] https://forums.adobe.com/thread/1156540
[8] http://tecfaetu.unige.ch/etu-maltt/utopia/dewaele0/stic-3/scripts/smallPaths.jsx
[9] http://www.sarmap.ch/page.php?page=topography

# Sources et contributeurs de l'article

**Création d'outils pédagogiques avec une découpeuse laser** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?oldid=93501 *Contributeurs*: Daniel K. Schneider, Matbgn

**Guide découpe et gravure laser** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?oldid=93483 *Contributeurs*: Daniel K. Schneider

**Découpe et gravure laser** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?oldid=93367 *Contributeurs*: Daniel K. Schneider, Lydie BOUFFLERS, Matbgn, MonikaMA

**Matériaux pour la découpe et la gravure laser** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?oldid=93370 *Contributeurs*: Daniel K. Schneider, Matbgn

**Trotec Speedy 100R** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?oldid=94022 *Contributeurs*: ArthurM, Brigitte Steiner, Daniel K. Schneider, Matbgn, Maurin0, Quentin Gyger, Régis Le Coultre

**Illustrator pour la découpe et la gravure laser** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?oldid=93391 *Contributeurs*: Daniel K. Schneider, Geneviève Donnet, Matbgn, Robin.petermann

**Inkscape pour la découpe et la gravure laser** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?oldid=93388 *Contributeurs*: Daniel K. Schneider, Ludmila Banaru, Lydie BOUFFLERS, Matbgn, Mattia A. Fritz, Maurin0, Régis Le Coultre

**LibreOffice Draw pour la découpe et la gravure laser** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?oldid=93385 *Contributeurs*: Aya benmosbah, Daniel K. Schneider, Matbgn, Régis Le Coultre

**Powerpoint pour la découpe et la gravure laser** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?oldid=93394 *Contributeurs*: Alessandro MINNECI, Daniel K. Schneider, Leyla, Régis Le Coultre

**Introduction au tranchage de pièces 3D pour la découpe laser** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?oldid=93397 *Contributeurs*: Daniel K. Schneider, Matbgn, Philippe Berset

**Tranchage avec Autodesk 123D Make pour la découpe laser** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?oldid=93400 *Contributeurs*: Brice Maret, Daniel K. Schneider, Matbgn, Philippe Berset

**Tranchage avec Photoshop pour la découpe laser** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?oldid=93420 *Contributeurs*: Daniel K. Schneider, Matbgn, Romain Dewaele

# Source des images, licences et contributeurs

**Fichier:PhenomeneLaser.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:PhenomeneLaser.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:SourceLaser.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:SourceLaser.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:CheminLaser.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:CheminLaser.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Schéma_explicatif_LASER.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Schéma_explicatif_LASER.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**File:Speedy100-atmos-compact.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Speedy100-atmos-compact.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Trotecplacementcorrect.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Trotecplacementcorrect.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Trotecplacementincorrectbrucelle1.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Trotecplacementincorrectbrucelle1.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Trotec_focus.ogv** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Trotec_focus.ogv *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:RGBTrotec.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:RGBTrotec.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:LetterFillingForLaserCutter.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:LetterFillingForLaserCutter.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:PreparationFichier découpe.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:PreparationFichier_découpe.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:JobControl DecoupeLaser.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:JobControl_DecoupeLaser.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:LancementDecoupe DécoupeLaser.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:LancementDecoupe_DécoupeLaser.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Attention.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Attention.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Illustrator stroke.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Illustrator_stroke.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Illustrator decalage 3.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Illustrator_decalage_3.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Style Couleurs_decoupe.JPG** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Style_Couleurs_decoupe.JPG *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Contour cercle.JPG** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Contour_cercle.JPG *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Style cercle.JPG** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Style_cercle.JPG *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Creation bitmap.JPG** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Creation_bitmap.JPG *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Img1.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Img1.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Iimg2.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Iimg2.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:forme visage.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Forme_visage.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:oeil ellipse1.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Oeil_ellipse1.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:oeil ellipse2.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Oeil_ellipse2.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:oeil.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Oeil.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:grouper oeil.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Grouper_oeil.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:copie oeil1.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Copie_oeil1.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:nez.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Nez.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:modifier couleur de bouche.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Modifier_couleur_de_bouche.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:sourcils.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Sourcils.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:visage.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Visage.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Img4.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Img4.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Powerpointbadge.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Powerpointbadge.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Powerpointgravure1.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Powerpointgravure1.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Powerpointgravure12.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Powerpointgravure12.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Powerpointgravure13.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Powerpointgravure13.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Powerpointgravure2.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Powerpointgravure2.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Powerpointgravure3.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Powerpointgravure3.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Powerpointgravure4.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Powerpointgravure4.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Powerpointgravure5.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Powerpointgravure5.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Powerpointgravure6.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Powerpointgravure6.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Powerpointgravure7.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Powerpointgravure7.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Powerpointgravure8.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Powerpointgravure8.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Powerpointgravure9.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Powerpointgravure9.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Powerpointgravure10.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Powerpointgravure10.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Powerpointgravure11.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Powerpointgravure11.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Powerpointgravure14.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Powerpointgravure14.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Powerpointgravure15.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Powerpointgravure15.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Powerpointgravure16.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Powerpointgravure16.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Bee-laser-cut.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Bee-laser-cut.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:123d-make-trex-types-005.jpg** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:123d-make-trex-types-005.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Autodesk123make Modele3D.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Autodesk123make_Modele3D.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Autodesk123make StackedSlices.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Autodesk123make_StackedSlices.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:Autodesk123make InterlockedSlices.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:Autodesk123make_InterlockedSlices.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:SwissTopoCervin.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:SwissTopoCervin.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:IcelandHeightmap.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:IcelandHeightmap.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:IcelandFinal.png** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:IcelandFinal.png *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

**Fichier:SuisseTranche.JPG** *Source*: http://edutechwiki.unige.ch/fmediawiki/index.php?title=Fichier:SuisseTranche.JPG *Licence*: inconnu *Contributeurs*: -

# Licence

CC BY-NC-SA Licence
EduTech_Wiki:Copyrights
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/