

# DÉCOUPEUSE LASER APPLICATIONS EN JOAILLERIE

# RAPPORT DE RECHERCHE

Par Sonia Beauchesne

9/06/2022



École  
de joaillerie  
de Québec



# SOMMAIRE

---

**P3.** Introduction

---

**P4.** Présentation de la joaillière

---

**P5.** Matériaux et interdits

---

**P11.** Exemples de découpage

---

**P12.** Exemples de gravure

---

**P13.** Autres techniques connexes

---

**P14.** Prochaine étape et conclusion

---

**P15.** Ressources / références

---

**P17.** Remerciements

# INTRODUCTION

## Recherche avec la découpeuse laser au CO2 (BOSS LASER HP 2440)

De février à juin 2022, j'ai exploré les possibilités que peut offrir cette nouvelle machine acquise par le CFCMA. C'est un équipement très intéressant, mais aussi très contraignant pour les joailliers, car nous ne pouvons pas l'utiliser sur les métaux précieux : argent, or, cuivre, laiton. La découpeuse agit sur le papier, le carton, les plastiques et l'acier : acier mou, acier inoxydable d'une épaisseur de 1,5 mm.



La surface de la machine est très grande, amplement pour les projets en joaillerie. La table fait 40" x 24" (100 cm x 60 cm) et elle est extensible pour les matières organiques seulement : papier/carton/bois. On doit s'assurer que tout est bien fermé (couvercle) pour les utilisations avec les plastiques et les métaux afin que les vapeurs toxiques ne nous affectent pas, surtout celles de l'acrylique.

Comme les tests sur le métal n'avaient pas encore été faits sur le nouvel équipement, j'ai passé beaucoup de temps à trouver les paramètres idéaux à chacun de mes projets ainsi qu'à découvrir quels types d'aciers peuvent être utilisés et à quelles épaisseurs. Je n'ai pas tout résolu évidemment. D'ailleurs, au début du projet il n'y avait pas de frais établis pour mon utilisation de la découpeuse, mais à la vitesse à laquelle se vidait la bonbonne d'oxygène lors des coupes fines dans le métal, j'ai proposé au CFCMA de payer 30\$/semaine pour la durée de mon projet. La bonbonne doit être changée aux deux semaines et son remplissage est au coût de 125-135 \$.

Les techniciens Stéphane Leclerc et Claude-Olivier Guay (stagiaire de Génie mécanique) m'ont beaucoup aidée à résoudre des problèmes rencontrés avec la machine (fuite d'oxygène, quantité d'oxygène à utiliser, quelle pression d'air utiliser, etc.) et à comprendre le logiciel LightBurn qui vient avec la découpeuse laser. Je dessine mes projets complexes sur Rhino et les exporte en 2D (vue de face) sur LightBurn. Nous pouvons transférer les fichiers sous les extensions de fichier .ai (Illustrator) ou .pdf.

Sur l'ordinateur de la découpeuse, nous avons créé un fichier avec les canevas des principales réalisations de joaillerie, les étudiants ou enseignants pourront les reprendre et les travailler à leur tour.

Pour conclure, François Bergeron, un professeur du DEC en Génie mécanique au Cégep Limoilou, donne un cours sur la fabrication d'outils. Il souhaite venir voir nos besoins en joaillerie en outillage pour pouvoir faire des ponts entre les disciplines.

# PRÉSENTATION DE LA JOAILLIÈRE

Sonia Beauchesne travaille en joaillerie depuis plus de 20 ans, elle est issue de l'École de joaillerie de Québec. La joaillière a présenté ses collections et ses pièces uniques dans des expositions, des boutiques, des galeries et des événements à travers le Canada, aux États-Unis, en Belgique, en Espagne et en Corée du Sud. L'artiste a reçu de nombreux prix, bourses et mentions, notamment de la Sodec, du Conseil des arts du Québec et du Conseil des arts du Canada.

D'autre part, la joaillière est la conceptrice de la médaille honorifique de la Ville de Québec qui est remise à des personnalités prestigieuses depuis 2008 (Céline Dion, Guy Laliberté, Gilles Vigneault, etc.). Une commande qui a consolidé sa réputation.

Sonia Beauchesne est chargée de cours en Techniques de métiers d'art au Cégep Limoilou, et prend part au dynamisme du milieu du bijou contemporain à Québec, au Canada, et internationalement, entre autres avec le Collectif Hinterland. Elle vit à Deschambault et travaille à Québec.

**Les explorations sont au coeur de sa démarche artistique. La joaillière n'hésite pas à prendre des avenues inexplorées.**



## Démarche de recherche

C'est dans un esprit d'ouverture que la joaillière a abordé cette recherche, l'exploration fait partie de sa démarche artistique. Donc, les applications qui ont été trouvées sont larges, passant de la découpe de formes pour faire des bijoux, à la fabrication de matrices en métal, à l'embossage de papier, à la gravure sur la peinture en poudre ou l'émail, etc. Ce sont toutes des amorces, des grains semés qui pourront être concrétisés par d'autres.

# MATÉRIAUX



## 01. Métaux

La découpeuse Boss Laser découpe seulement les métaux ferreux et jusqu'à une épaisseur de 1,5 mm. L'autre équipement existant qui découpe les métaux précieux se détaille à environ 140 000\$ (2022). L'aluminium ne se découpe pas, l'acier galvanisé n'est pas recommandé. Une charte des matériaux interdits apparaît à la page 9.

### Acier

Les aciers mous et inoxydables ne sont pas des métaux que l'on utilise en joaillerie, j'ai voulu tester les applications qu'on pourrait en faire dans le milieu. D'autre part, la contrainte de n'utiliser que des plaques de métal mince oblige à réfléchir différemment les projets.

Une buse de laser différente s'utilise selon que l'on découpe des matières organiques ou du métal. L'oxygène est requis pour la découpe sur les métaux contrairement aux matières organiques.

La découpeuse fonctionne bien sur ce métal. L'École de lutherie nous fournit des chutes d'acier inoxydable de 0,35 mm qui se découpent aisément aussi. J'ai testé différents motifs dans celles-ci. Les résultats sont concluants, mais longs à atteindre. Par contre, une fois les paramètres trouvés, nous pouvons travailler plus facilement. Avec Carl Pilon, nous avons réussi à découper de l'acier trempé (acier mou) à 1,5 mm. Des apprêts comme des systèmes de broches peuvent être aussi réalisés ou des emmailllements.



Photos et concepts: Sonia Beauchesne

# Métaux précieux

Donc, malheureusement comme mentionné plus haut, l'or, l'argent, le laiton et le cuivre sont des métaux non-ferreux et le laser CO2 ne réagit pas à leur contact. Par contre, il sera possible de graver sur une peinture ou un émail appliqués sur eux. Cela pourrait permettre de faire du traçage avant de découper au bocfil, par exemple.

## 02. Plastiques

### Plexiglass® (acrylique)

L'acrylique, plus connu sous le nom de Plexiglass®, s'utilise bien avec la découpeuse tant à la coupe qu'à la gravure. Ces plastiques ne sont pas tous identiques. En choisissant le bon matériau, on obtiendra de meilleurs résultats.

Il y a deux types d'acryliques, voici les explications trouvées sur le site d'Eurolaser [1] :

L'**acrylique coulé ou cast** est fabriqué en coulant les matières premières liquides dans un moule. Généralement, on utilise des verres de miroir pour le formage. L'acrylique coulé séduit par son excellent aspect de surface.

**Les avantages de l'acrylique coulé lors du traitement au laser CO2 :**

- Arêtes de coupe optimales sans bavures.
- Réalisation de gravures par le changement de couleur dans les zones gravées.
- Gravures plus contrastées; résultats plus nets et meilleur effet

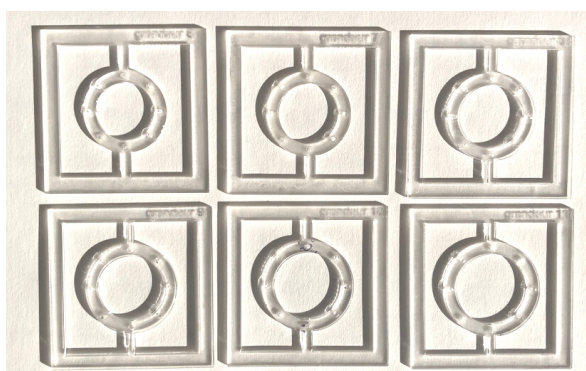
Pour la fabrication d'**acrylique extrudé**, des granules sont amenés à fusion dans une extrudeuse dotée de vis de rotation.

**Les avantages de l'acrylique extrudé lors du traitement au laser CO2 :**

L'acrylique extrudé, comparé à l'acrylique coulé, présente nettement moins de tolérances d'épaisseur. Cette propriété peut avoir un effet positif sur la stabilité dimensionnelle de votre production. L'acrylique extrudé est moins cher à l'achat, si bien que son utilisation est plus économique pour la fabrication en série.

L'acrylique extrudé (XT) est désormais également disponible dans une version recyclée plus durable. Pour cela, jetez un œil à PLEXIGLAS® proTerra.

[1] <https://www.eurolaser.com/fr/service-apres-vente/faq/differences-entre-lacrylique-gs-et-lacrylique-xt>



Matrices à tracer pour bagues sandwich  
Photos: Sonia B. et Mélanie Denis



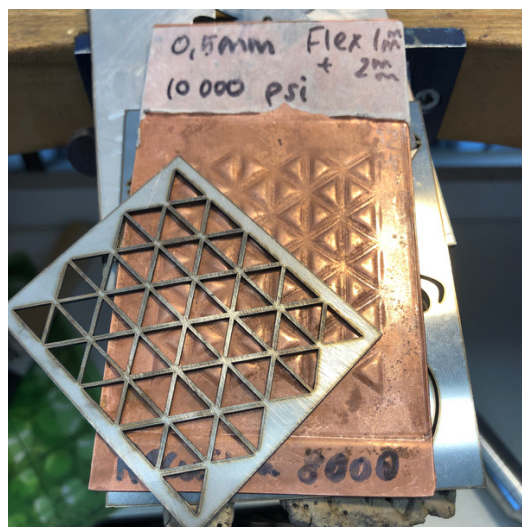
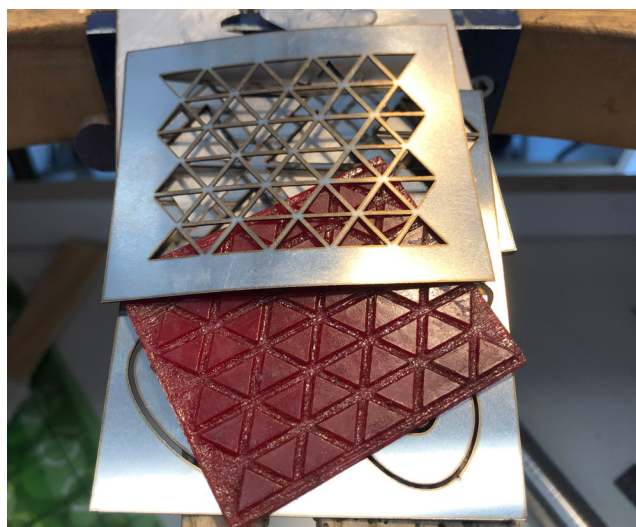
Pour le cours Métaux précieux de Carl Pilon, nous avons produit une charte en acrylique pour les pastilles des différents métaux. Les étudiants ont pu imprimer celle-ci eux-mêmes sur la découpeuse en utilisant un fichier laissé dans le dossier Joaillerie. Quelques petits ajustements sont à faire pour la prochaine année, mais le résultat est concluant. D'autre part, il est possible de découper des formes pour les utiliser avec la presse hydraulique en utilisant de l'acrylique coulé. Afin d'éviter qu'une trace soit laissée par le laser, on indique au laser de commencer à découper à l'intérieur du cercle.



Photos: Sonia Beauchesne

## Flexane© (polyuréthane)

Afin d'optimiser les bombages à la presse hydraulique, j'ai taillé un flexane à la découpeuse laser et je l'ai gravé. Il se taille et se grave bien, mais laisse une couche résiduelle collante à la matière une fois découpée. Celle-ci est nettoyable avec de l'essence à briquet ou de l'eau savonneuse.



Photos: Sonia Beauchesne

### 03. Carton / Papier

J'ai découpé du papier et ça fonctionne très bien. Le papier pourrait servir à faire des éléments à imprimer avec le laminoir si le motif n'est utilisé qu'une fois, sinon on peut tailler de l'acier mince 0,35 mm ou du plastique à pochoir. On peut également utiliser le papier/carton pour faire des maquettes de traçage ou des boîtes, des éléments ajourés sur une carte professionnelle. Ça permet de personnaliser le matériel de présentation et de baisser les coûts si les besoins sont que de quelques exemplaires.

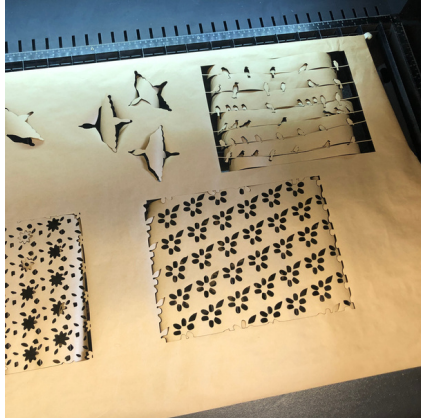


Photo et concept: Élise Bourgault, étudiante en textile



Concept: Hélène Cadinot, étudiante en joaillerie

### 04. Bois

Le bois est très intéressant pour la découpe laser. Mathieu Roy a d'ailleurs fabriqué une affiche pour son kiosque d'exposition. J'ai réalisé un baguier qui pourrait être envoyé aux clients par la poste. En modifiant légèrement le design, l'étudiant pourrait s'en servir comme premier baguier. Des éléments de présentation peuvent être faits (support à bijoux, affiche, étiquette de prix...). J'ai aussi découpé une pièce de bois qui viendra s'intégrer à un bijou en argent.



Photo et concept (en haut): Mathieu Roy

Photos: Sonia Beauchesne  
Concept: inspiré de chartes sur internet (à droite): [https://www.printablee.com/post\\_men-s-printable-ring-size-chart\\_351543/](https://www.printablee.com/post_men-s-printable-ring-size-chart_351543/)



# LES INTERDITS

## AVERTISSEMENT:

Les matériaux ci-dessous, si utilisés avec la découpeuse laser, présentent d'importants risques de blessures graves ou d'incendie et/ou peuvent générer des gaz ou des particules fines extrêmement dommageables pour votre santé s'ils sont respirés.

### MATERIAUX INTERDITS

1. EPOXY & RESINE PHÉNOLIQUE
2. FIBRE DE VERRE / HIGH DENSITY POLYETHYLENE
3. FIBRE DE CARBON
4. HDPE / HIGH DENSITY POLYETHYLENE
5. OXYDE DE BÉRYLLIUM
6. POLYCARBONATE / LEXAN
7. POLYPROPYLENE FOAM
8. POLYSTYRENE FOAM
9. TEFLON / PTFE / / POLYTETRAFLUOROETHYLENE
10. PVB / POLYVINYL BUTYRAL
11. PVC / POLYVINYL CHLORIDE
12. VINYLE (PVC) / POLYVINYL CHLORIDE
13. PEINTURE AU PLOMB
14. MIROIR DE VERRE
15. MAGNESIUM
16. MATERIAUX NON-IDENTIFIÉS

Tiré du document "Guide de calibration" de Claude-Olivier Guay

# EXEMPLE DE DÉCOUPAGE

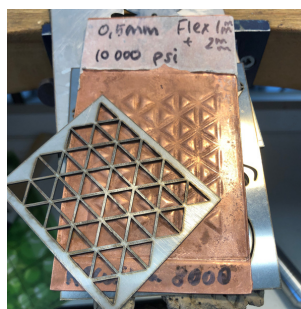
La précision de découpage du laser est impressionnante. Les tests d'engrenages faits par Émilie Ouimet sont dans les plus petites coupes exécutées à ce jour et ils fonctionnent très bien. Avec Carl Pilon, nous avons réussi à découper dans de l'acier mou (à tremper) 1,5 mm d'épais. Mathieu Roy a découpé une affiche pour son kiosque. De la fabrication d'apprêts ou de matrices, à la production de bijoux, au conditionnement de produits, les possibilités sont infinies et c'est très stimulant!





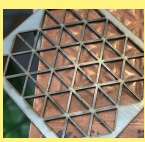
©Mathieu Roy



Concept: Hélène Cadinot



Photos et concepts: Sonia Beauchesne

Conception	Activité / Projet	Paramètres
 Carl Pilon	<ul style="list-style-type: none"> <li>Découpe d'une petite lame dans de l'acier mou 1,5 mm</li> </ul>	100 lbs de pression Vitesse (5 mm/sec) Puissance (40/ 30 %) Cut through (500 ms)
 Émilie Ouimet	<ul style="list-style-type: none"> <li>Découpe d'engrenages dans de l'acier inoxydable 1 mm</li> </ul>	80 lbs de pression Vitesse (10 mm/sec) Puissance (45/ 35 %) Cut through (500 ms)
 Sonia Beauchesne	<ul style="list-style-type: none"> <li>Découpe dans de l'acier inoxydable 0,35 mm (chute de lutherie)</li> </ul>	80 lbs de pression Vitesse (15 mm/sec) Puissance (25/ 32 %) Cut through (250 ms)

# MATRICES DE DÉCOUPE

## (PANGAKE DIE - BLANKING DIE - ONE PIECE DIE)

J'ai exploré la fabrication d'une matrice de découpe avec la découpeuse laser. Après quelques tests, j'ai réalisé que l'angle traditionnellement fait au bocfil est très important. Il sert à dégager la pièce une fois la découpe faite. J'ai visité différentes approches et voici mes conclusions: la réalisation d'un découpoir est possible avec la découpeuse laser. Par contre, les angles doivent être faits à la lime après. Le modèle que j'ai privilégié est celui évoqué dans la recherche de Jacques Blais et de Renée Melançon *Les nouvelles technologies adaptées à la joaillerie* (1997). Il s'agit d'un découpoir qui permet d'obtenir des pièces sans avoir à faire de retouches dessus versus le modèle qu'on voit régulièrement (voir image no.1). Donc, je suggère de doubler minimalement les feuilles d'acier 1 mm afin que votre matrice ait davantage de corps, de faire des points de soudure au laser autour des plaques, de découper une bande large qui couvre le motif (la bande simple marque la pièce découpée), de souder cette bande au motif par le trou (no.2), de souder la bande à la plaque principale par le trou (no.3). Le trou no.4 va servir à déloger la pièce découpée en ayant un accès pour pousser.



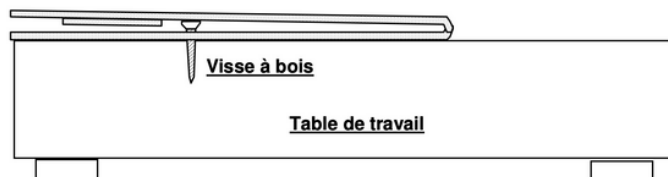
### Utilisation

Pour ouvrir plus facilement l'outil, placer une vis sur une table de travail. Glisser la plaque et effectuer une pression verticale à l'aide d'une presse ou d'un étiau.

Photos: Sonia Beauchesne

### RÉFÉRENCES:

Jacques Blais et Renée Melançon, (1997), *Les nouvelles technologies adaptées à la joaillerie*, EJQ, Québec.

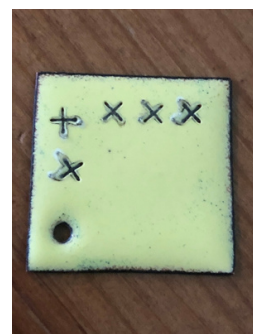
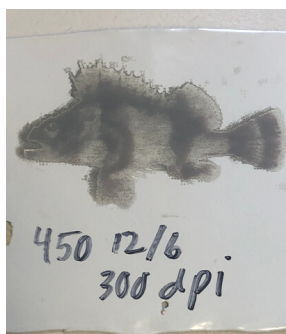
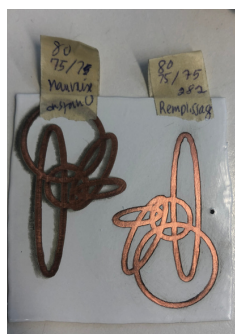
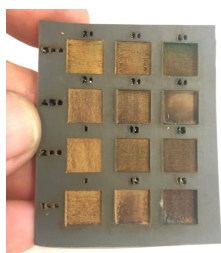


Matrices de découpe (pancake die/blanking die/one piece die)  
<https://www.ganoksin.com/article/one-piece-die-cutting/>

Susan Kingsley (1993), *Hydraulic die forming for jewelers & metalsmiths*, 20-ton Press, California, 95 pages.

# GRAVURE

La gravure peut s'effectuer directement sur différents matériaux, même sur l'acier. Elle peut aussi se faire sur des traitements de surface comme sur la peinture en poudre électroplastique ou sur l'émail. Les plaques dont les surfaces sont peintes ou émaillées peuvent être de toutes natures. Le laser n'intervient qu'en surface. Lorsqu'on explore un nouveau matériau, il est intéressant de faire une charte afin de voir rapidement quels paramètres fonctionnent le mieux.



Photos:  
Sonia Beauchesne

Conception	Activité / Projet	Paramètres
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sonia Beauchesne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bloc de caoutchouc pour graver</li> </ul>	Vitesse (450 mm/sec) Puissance (40/30%) Lignes par pouce (300dpi)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Emily Lewis et Sonia Beauchesne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gravure sur du cuivre</li> <li>Peinture en poudre électroplastique simple couche</li> </ul>	Vitesse (80 mm/sec) Puissance (75/70%) Lignes par pouce (282 dpi)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Emily Lewis et Sonia Beauchesne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gravure sur acier inox</li> <li>Peinture en poudre électroplastique double couche</li> </ul>	Vitesse (450 mm/sec) Puissance (12 /6%) Lignes par pouce (300dpi)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Commande de l'EJQ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gravure sur acier</li> <li>Lettrage EJQ</li> </ul>	Vitesse (100 mm/sec) Puissance (65/55%) Lignes par pouce (250dpi)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Concept de gravure sur émail</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gravure émail sur cuivre</li> </ul>	Attention : Se mettre en mode ligne (découpage) Vitesse (100 mm/sec) Puissance (12/12%)

# TECHNIQUES CONNEXES

En utilisant des techniques et des équipements appartenant à l'EJQ, j'ai pu pousser plus loin les recherches. J'ai bombé des formes à l'aide de gabarits découpés dans l'acier, fait des impressions laminoir à partir de formes découpées dans du papier ou du métal. D'autre part, avec la soudeuse au laser, j'ai lié des pièces afin de leur donner du volume, pallié à la contrainte d'épaisseur du métal et fait du placage d'or sur de l'acier inoxydable: des exemples variés qui s'étendent de la fabrication de bijoux jusqu'au conditionnement de produit.

## Techniques

## Projets

## Paramètres

Embossage de papier  
Presse hydraulique



Gravure à l'envers dans une  
planche de bois



Concept: Sonia Beuchesne

Découpeuse laser:

Vitesse (300 mm/sec)

Puissance (30/30%)

Lignes par pouce (300dpi)

Presse:

Avec Flexane jaune 1,7mm

7000 psi (500 bar)

Impression laminoir



Découpe dans du papier ou  
de l'acétate pour imprimer



Concept: Hélène Cadinot

Découpeuse laser:

Vitesse (10 mm/sec)

Puissance (45/35%)

Cut through(300 ms)

(ajuster selon épaisseur du papier)

Laminoir:

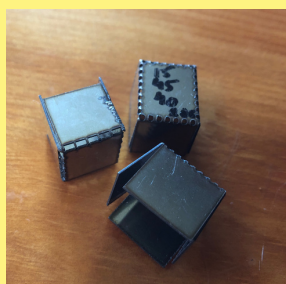
Ajuster selon la technique habituelle

Élaboration de volumes



Soudure au laser  
(Modèle Evo 125J)

Découpe dans de l'acier inox



Découpeuse laser:

Vitesse (15 mm/sec)

Puissance (45 /40%)

Cut through(200 ms)

Soudeuse au laser:

2,1 watts

0,9 ms

2 hertz

0,6 mm

Placage d'or



Image: Rio Grande

Placage sur acier inoxydable



Découpeuse laser:

Vitesse (10 mm/sec)

Puissance (45 /35%)

Cut through(300 ms)

Placage or :

Paramètres non déterminés

Finition et ajustements à faire

# PROCHAINE ÉTAPE

Il y a une phase II prévue au projet. Celle-ci consiste en un laboratoire de création invitant 3 autres joaillier.e.s à participer à la conception et à la fabrication d'une pièce unique intégrant l'utilisation d'outils et de techniques développées en phase I. Emily Lewis est pressentie pour être l'autre participante québécoise. Il serait intéressant de faire participer deux créateurs d'ailleurs (nationaux ou internationaux). Aussi, un consultant sera invité virtuellement à trois reprises à donner une critique sur l'avancement des travaux des joaillier.e.s. Bref, cette dernière phase consiste essentiellement en de la création de bijoux, avec *coaching* et avec des outils technologiques comme la découpeuse au laser. Elle se conclut par une exposition et une publication papier et PDF. Un budget photo sera alloué au photographe québécois Anthony McLean afin d'avoir des photos de qualité dans la publication et de pouvoir s'en servir pour d'autres usages si nécessaire. Les artistes étrangers auraient un budget photo également.

La phase II sera de 10-15h/semaine par artiste et se fera à l'hiver 2023 si les possibilités techniques et financières sont là.

## CONCLUSION

### Impact

Les pistes explorées dans ce projet pourront inspirer les étudiant.e.s, le corps enseignant, la communauté en joaillerie et même d'autres disciplines. L'idée de présenter un éventail d'explorations sur différents matériaux est de semer des possibilités. Déjà quelques professeurs et étudiant.e.s ont dessiné et découpé des projets intéressants. D'autre part, le fait que l'EJQ possède une soudeuse au laser ouvre de nombreuses avenues pour la réalisation de bijoux. D'autres outils pourront servir parallèlement comme la machine à plaquer, la presse hydraulique, le laminoir, etc. Le Studio Method(e) offre également de la sous-traitance pour la peinture en poudre électroplastique.

Je recommande à l'EJQ la poursuite constante d'un volet recherche orienté sur les nouvelles technologies en incluant ces nouveaux équipements et ceux à venir au FabLab.

Je suis convaincue que la mise en valeur de l'utilisation des nouvelles technologies à l'EJQ sera attrayante pour les futurs élèves. C'est une plus-value à notre programme, je suis heureuse de pouvoir y contribuer. Nous sommes extrêmement privilégiés d'avoir accès à cette machine et de voir naître un Fablab au CFCMA.

# RESSOURCES/RÉFÉRENCES

## 01

### Fournisseurs d'acier

---

- Métaux pressés (Québec) - Prix à la coupe, 30\$ d'achat min.
- Acier Picard (Lévis) - 200\$ d'achat min.
- McMaster-Carr (USA, en ligne) <https://www.mcmaster.com/metals/>  
D'ailleurs, c'est là qu'il est aussi possible d'acheter du fil d'acier pour faire des aiguilles pour les systèmes de broche.

## 02

### Fablabs

---

Au Québec : <https://fablabs.quebec/>

Répertoire : <https://wiki.fablabs.quebec/>

À l'international: <https://fabfoundation.org/global-community/>

## 03

### Exemples / bijoux contemporains

---

POUR LES ASSEMBLAGES ET LES MATÉRIAUX :

- <https://www.malloryweston.com>
- <https://www.rebeccahannon.com>

EXEMPLES DE BIJOUX EN ACIER AVEC DE L'ÉMAIL (TECHNIQUE LIBRE)

- <https://kat-cole.com/>

BIJOUX EN ACIER, MAIS PAS DÉCOUPÉS AU LASER, C'EST DE L'ACIER MOU QU'ELLE DÉCOUPE AU BOCFIL

- <https://sondra-sherman.com/section/417334RORSCHACH-CORSAGES.html>

ARTISTE QUI DÉCOUPE AU LASER ET ÉMAILLE SES PIÈCES:

- <http://www.ornamentumgallery.com/artists/hanna-hedman?view=slider>  
<http://www.hannahedman.com/>

ARTISTE QUI EXPLORE LES NOUVELLES TECHNOLOGIES DONT LA GRAVURE SUR ÉMAUX

- <https://arthurhash.com/>

## 04

PUBLICATION:

Susan Kingsley (1993), Hydraulic die forming for jewelers & metalsmiths, 20-ton Press, California, 95 pages.

# 05

## Diverses références

### APPLICATIONS TECHNIQUES:

Matrices de découpe (pancake die/blanking die/one piece die)  
<https://www.ganoksin.com/article/one-piece-die-cutting/>

Acrylique coulé VS acrylique extrudé:  
<https://www.eurolaser.com/fr/service-apres-vente/faq/differences-entre-lacrylique-gs-et-lacrylique-xt>

### TUTORIELS:

Lightburn en français - Chaîne de Patrick Algrain (YouTube)  
<https://www.youtube.com/channel/UCgr96AkcyKEDfw8LF1fHuw>  
Tutoriels sur différents sujets et matériaux avec la découpeuse laser

Third Thursday with Laser Dave (anglais) - Chaîne de Trotec  
<https://www.youtube.com/channel/UCTSBw5v2FWyWdWrFTentyGg>

### MODÈLE À EXPORTER - OPEN SOURCE:

Boîtes en bois:  
<https://www.festi.info/boxes.py/>

Boîtes en papier:  
<https://www.templatemaker.nl/fr/>

Engrenages:  
<http://hessmer.org/gears/InvoluteSpurGearBuilder.html?circularPitch=8&pressureAngle=20&clearance=0.05&backlash=0.05&profileShift=0&gear1ToothCount=30&gear1CenterHoleDiameter=4&gear2ToothCount=8&gear2CenterHoleDiameter=4&showOption=3>

# REMERCIEMENTS

Ce projet a été rendu possible grâce à une bourse de recherche de l'École de joaillerie de Québec et la collaboration du CFCMA. Les techniciens Stéphane Leclerc et Claude-Olivier Guay m'ont accompagnée tout au long du processus de recherche avec patience et ingéniosité. Merci aux professeurs et aux étudiant.e.s de m'avoir partagé leurs projets faits sur la découpeuse. Vivement les explorations avec les nouvelles technologies. Je crois que cela peut devenir un atout pour l'EJQ.

**Je vous remercie pour  
votre soutien continu dans  
la réalisation de ce projet!**



École  
de joaillerie  
de Québec



**Cégep Limoilou**



CENTRE DE FORMATION  
ET DE CONSULTATION  
EN MÉTIERS D'ART

Cégep Limoilou

**Coordonnées :**

Sonia Beauchesne

info.sbeauchesne@gmail.com