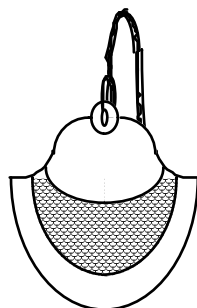
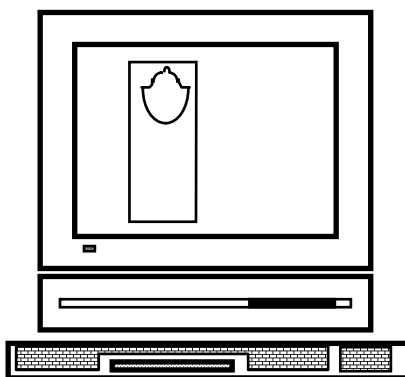




ÉCOLE DE JOAILLERIE
DE QUÉBEC

PROJET DE RECHERCHE

LES NOUVELLES TECHNOLOGIES
ADAPTÉES À LA JOAILLERIE
RAPPORT FINAL



PRÉSENTÉ
PAR
RENÉE MELANÇON
ET
JACQUES BLAIS

12 mai 1997

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier la direction et les membres du comité de recherche de l'École de Joaillerie de Québec pour nous avoir appuyés tout au long de cette recherche.

De plus, ce travail n'aurait jamais été aussi complet sans la générosité des différents professionnels qui nous ont conseillés : merci à Martin Deblois, Michel Desrosiers et Herman D'Anjou.

LES NOUVELLES TECHNOLOGIES ADAPTÉES À LA JOAILLERIE

Table des matières

Introduction.....
Objectifs.....
Problématique.....
Découpoir artisanal fabriqué à la main.....
Fabrication assistée par ordinateur et électroérosion	
- Découpoir artisanal
- Découpoir traditionnel.....
Coût de fabrication.....
Conclusion.....

INTRODUCTION

Mon objectif principal est de donner au joaillier le moyen de se fabriquer des outils efficaces et précis pour découper des formes dans une plaque de métal, et ce, de manière économique et rapide. Connaissant les possibilités qu'offre la découpeuse au fil assistée par ordinateur (utilisée par les machinistes), j'ai pensé tirer profit de ces nouvelles technologies pour améliorer la productivité en atelier.

OBJECTIFS

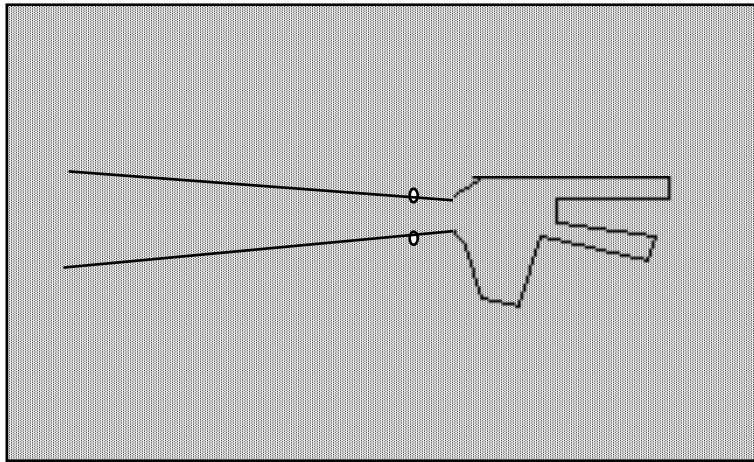
- 1- Améliorer le découpoir artisanal.
- 2- Fabriquer des découpoirs à la main.
- 3- Fabriquer des découpoirs taillés par électroérosion, dont les formes sont dessinées sur ordinateur.
- 4- Indiquer les logiciels de dessin compatibles avec ceux qu'utilisent par les machinistes.
- 5- Indiquer les coûts de fabrication des différents découpoirs.
- 6- Expérimenter les outils produits.

PROBLÉMATIQUE

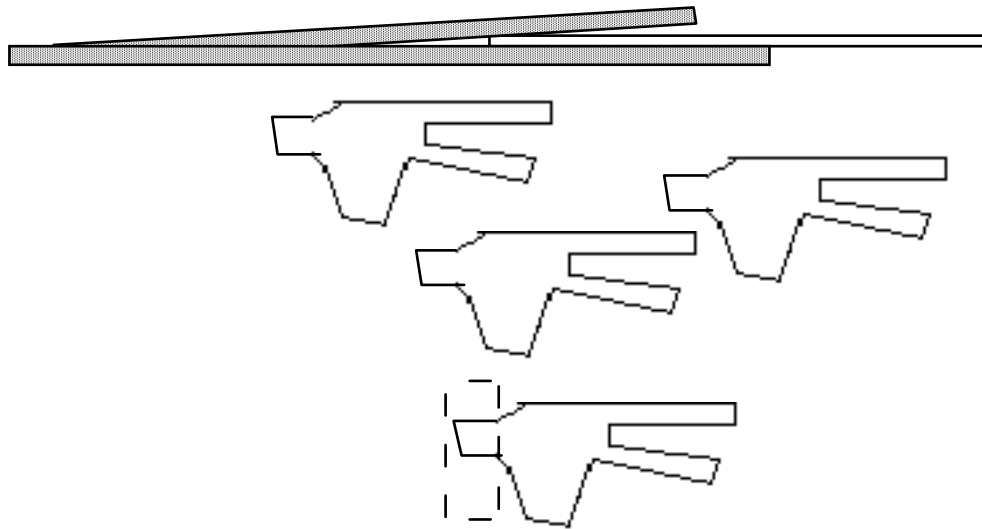
Le premier instrument que nous allons étudier est un découpoir fabriqué dans une plaque d'acier à outils. Cet outil artisanal et peu coûteux, utilisé dès 1930 dans l'industrie de l'aviation, peut se fabriquer à la main. Bien qu'il soit durable et efficace, il comporte quand même un inconvénient de taille : après la découpe, il laisse une petite patte de métal sur chacune des pièces (un peu comme les tiges de coulée sur les pièces qu'on retire du plâtre). Nous avons donc cherché à fabriquer un découpoir artisanal qui taille la pièce sur tout son périmètre. En plus de changer la conception de l'outil, nous allons, lors de la seconde étape, faire tailler le poinçon et la matrice par une machine à électroérosion assistée par ordinateur. Cette nouvelle façon de procéder nous amènera à dessiner nos formes sur ordinateur. Bien sûr, cette façon de faire fera augmenter le prix du découpoir, mais elle nous permettra aussi d'améliorer son efficacité et sa précision.

Découpoir artisanal à améliorer

Vue en plan



Vue de profil du découpoir avec, à l'intérieur, une plaque de métal et quatre pièces taillées (avec une patte : voir rectangle pointillé).



Méthode de fabrication du découpoir artisanal amélioré

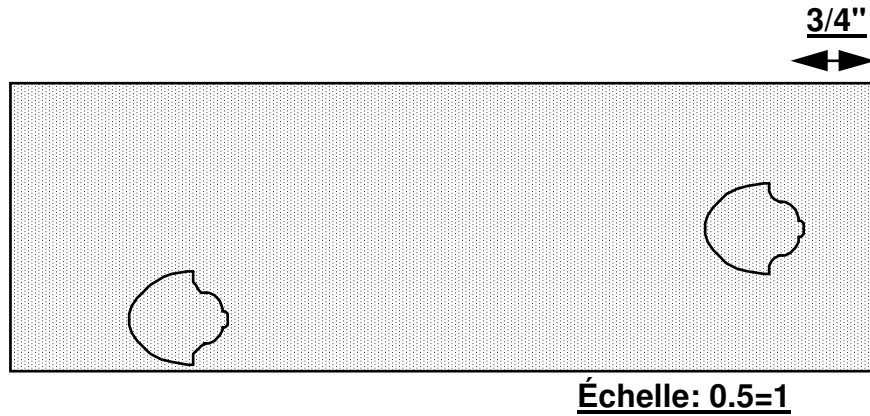
Notre nouveau découpoir découpe une pièce, très proprement, sur tout son périmètre . Il est taillé dans une plaque d'acier à outil "flat ground stock". Le taux élevé en carbone de ce métal (0.95 %) permet d'atteindre une dureté de 63 rockwell. A l'achat, il est livré à une épaisseur de 1/16 ". C'est un acier que l'on peut tremper et chauffer localement. Cette propriété du métal est essentielle pour la fabrication de ce découpoir.

La première méthode de fabrication, faite avec les outils du joaillier, n'occasionne aucun frais et peu donner de bons résultats si vous maîtrisez bien votre coup de scie. Naturellement la précision est moindre qu'avec la deuxième méthode, où les poinçons et matrices sont dessinés sur ordinateur et découpés au fil par électroérosion. Par contre, dans le deuxième cas, les frais de découpe occasionnés par le travail du machiniste viennent augmenter le prix de l'outil.

DÉCOUPOIR ARTISANAL FABRIQUÉ À LA MAIN

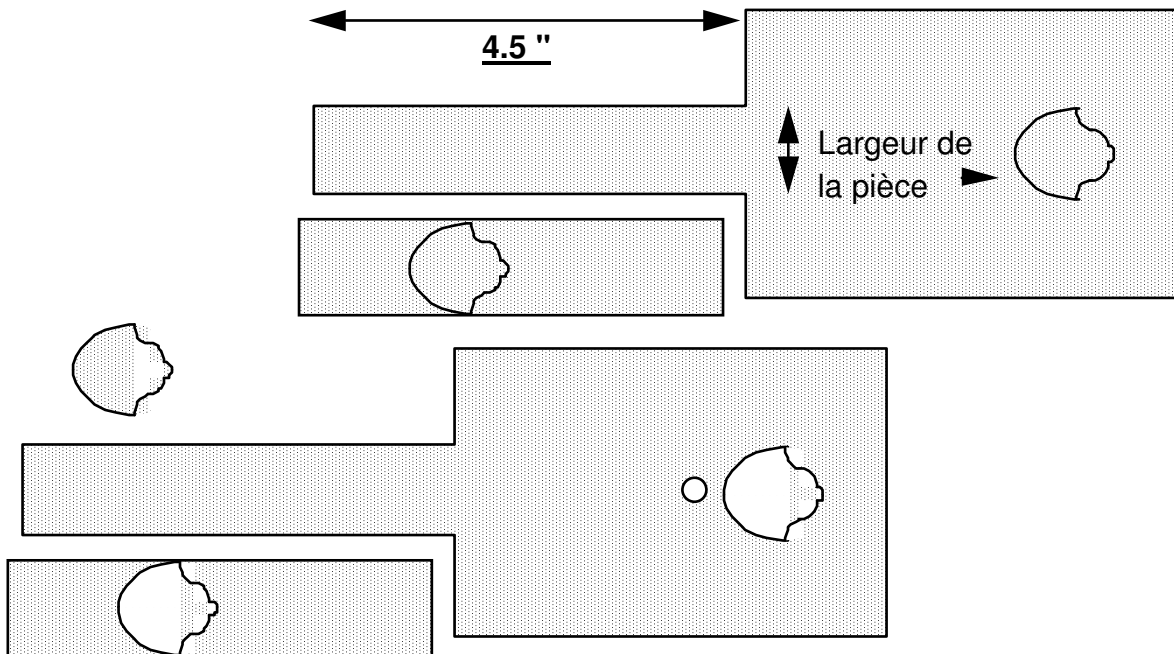
La plaque d'acier qui servira à fabriquer votre découpoir doit avoir une longueur de 9", une épaisseur de 1/16" et une largeur de 3" à 4".

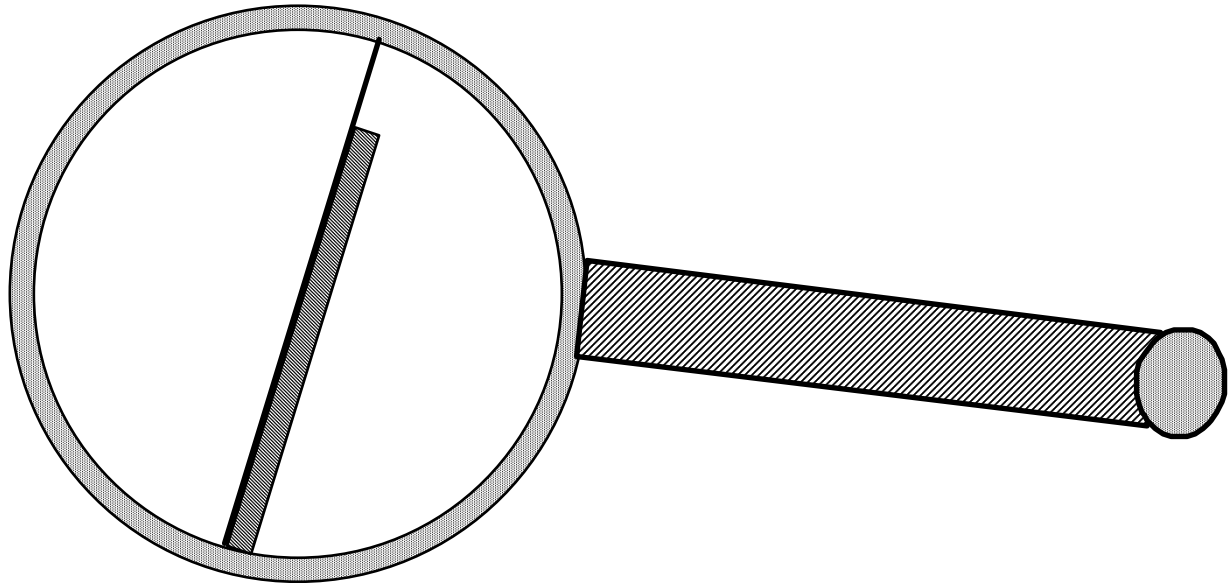
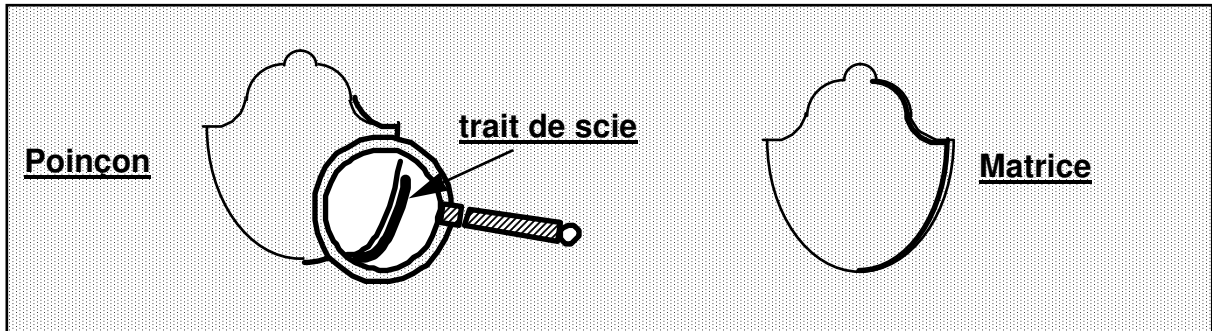
Les premières étapes consistent à concevoir la pièce à reproduire, la situer à deux endroits sur la plaque pour découper le poinçon et la matrice, et rapporter, le plus précisément possible, le dessin de la pièce sur la plaque d'acier.



La matrice est dessinée au centre de la plaque à au moins $\frac{3}{4}''$ du bord, pour garder une certaine solidité. La même forme est dessinée pour la taille du poinçon près du bord dans une partie qui sera retranchée plus tard. Il est très important que les dessins soient identiques.

La découpe au bocfil.





Le dégagement

Un angle faible est prévu lors de la découpe du poinçon et de la matrice pour faciliter le dégagement des pièces taillées. Cet angle est donné en inclinant légèrement le bocfil lors du découpage.

L'espace

L'espace entre la matrice (la partie large ou le dessous) et le poinçon (la partie étroite ou le dessus) se calcule d'après l'épaisseur du métal que l'on veut découper. L'ajustement peut être fait à la lime.

$$\text{Espace} = 10\% \text{ de l'épaisseur à découper}$$

La trempe

La trempe de cet outil est facultative : l'acier recommandé peut donner un outil durable sans être trempé. Mais si on tient malgré tout à augmenter la durabilité du découpoir, c'est le moment de procéder au traitement thermique.

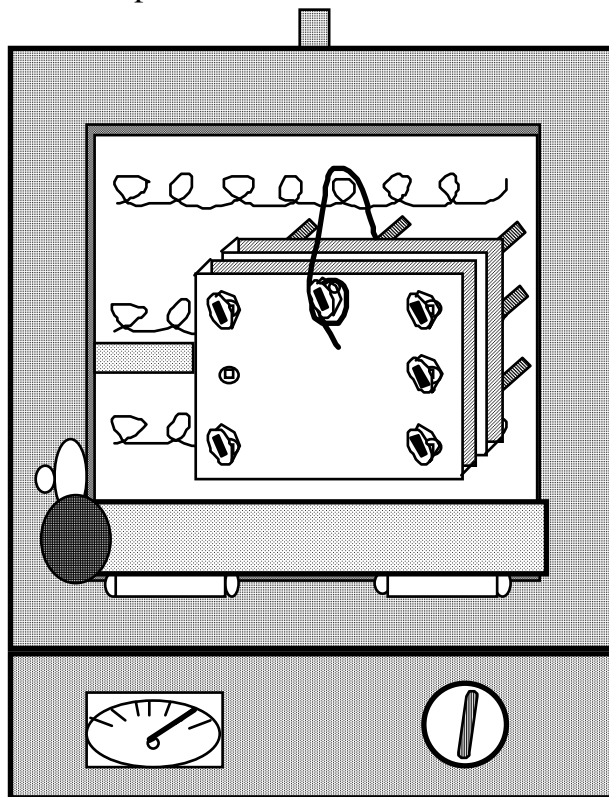
C'est une étape que nous pensions sans difficultés mais nous avons dû faire plusieurs tentatives de trempe avant d'arriver à un résultat acceptable. Le premier problème provient de l'épaisseur de la plaque de métal (1/16") par rapport à sa superficie. Au départ, nous croyions qu'il était possible de tremper localement à l'aide du chalumeau, mais une chaleur élevée sur une petite section crée des tensions importantes dans la plaque d'acier et la déforme.

Après plusieurs tentatives infructueuses, nous avons tenté de chauffer les plaques au four. Encore une fois, la plaque d'acier se déforme trop pour faire un outil de précision. Finalement, nous avons réussi à résoudre le problème en plaçant la pièce à chauffer entre deux plaques d'acier doux de 1/2" d'épaisseur.

Le second écueil que nous avons rencontré est que la plupart des équipements normalement utilisés par les joailliers ne sont pas vraiment adéquats pour ces opérations : nos fours et nos bassins de trempe ne sont pas assez grands et nos systèmes de ventilation pas assez forts. Avec notre bassin d'huile de 8 litres nous avons réussi à tremper, de justesse, une petite plaque de 4" x 3" placée entre deux plaques de 6" x 5" x 1/2". Le refroidissement d'une masse aussi importante de métal chauffé au rouge est une opération délicate qui aurait sans doute été facilitée si notre bassin d'huile avait été plus grand.

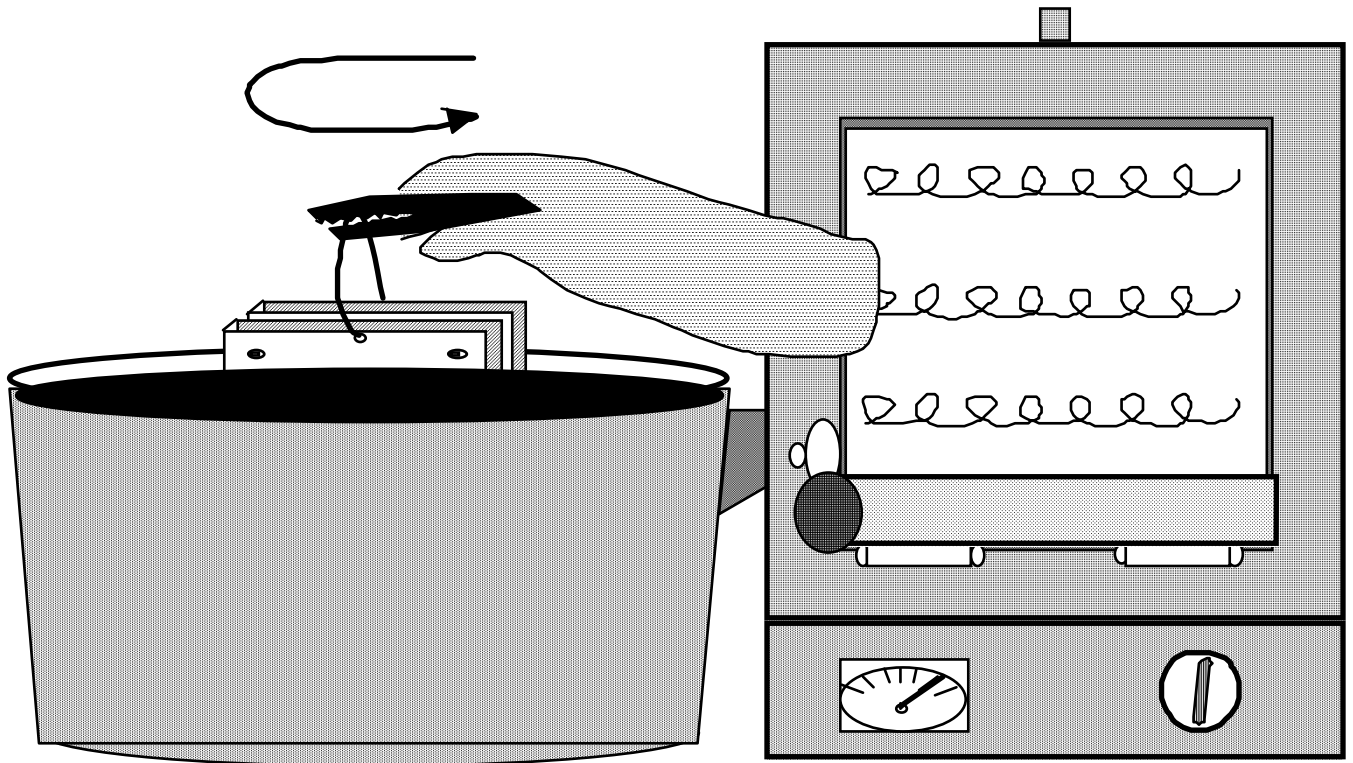
Façon de procéder

Les deux plaques d'acier doux (épaisseur 1/2") sont perforées pour permettre l'assemblage. Un trou supplémentaire est prévu pour installer une broche qui servira à manipuler plus facilement l'assemblage lors de sa sortie du four, afin d'éviter un refroidissement prématuré de la plaque . L'ensemble est placé au four froid et la température est augmentée jusqu'au degré de trempe recommandé par le fabricant d'acier. Cette température se situe généralement autour de 1450°F. La pièce doit être maintenue à cette température pendant une heure pour permettre à la chaleur de pénétrer jusqu'au centre de la pièce.



Vêtu d'un tablier, d'une visière, et de mitaines d'amiante pour se protéger de la chaleur et des éclaboussures, il faut ensuite sortir la plaque du four et la refroidir dans l'huile de trempe. Le bloc est manipulé avec une grosse paire de pinces qui retiennent l'assemblage par le fil de suspension . Immerger le tout en prenant soin de garder les

plaques dans une position verticale et en faisant un mouvement de rotation pour accélérer le refroidissement.

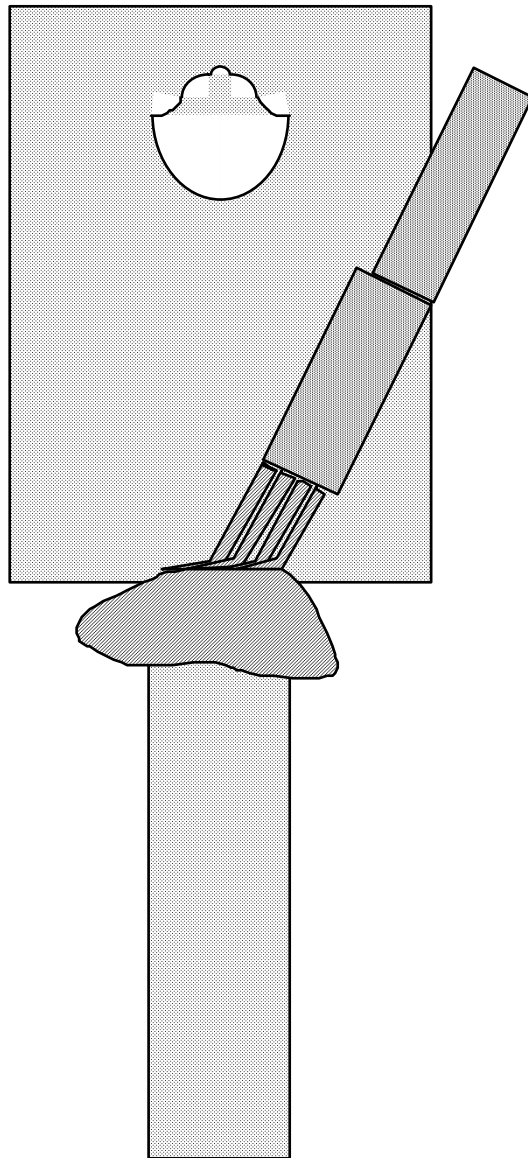


Le revenu

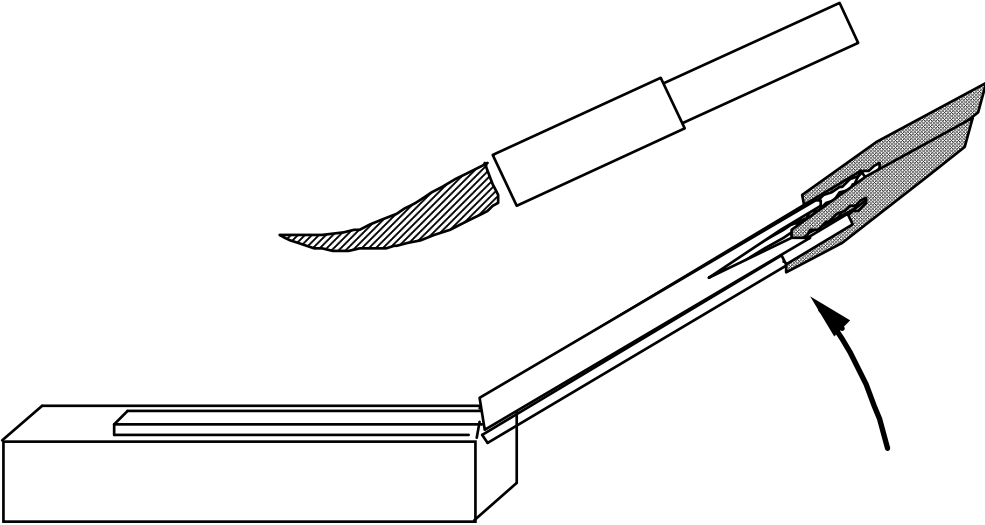
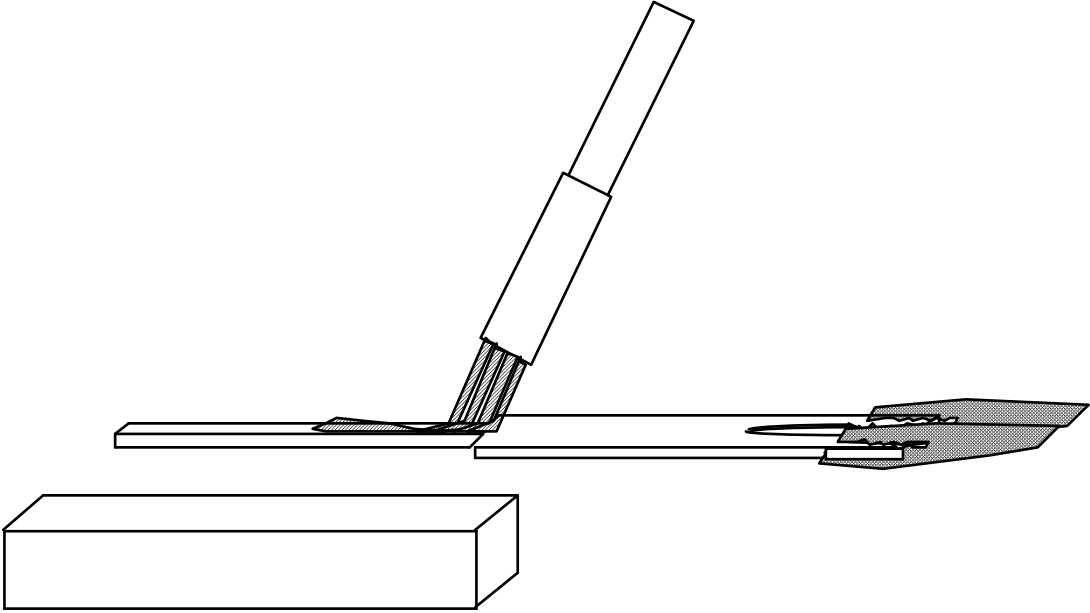
Après la trempe, bien nettoyer les deux pièces et les déposer au four à 500°F durant une heure. Cette étape ajuste la résistance du métal.

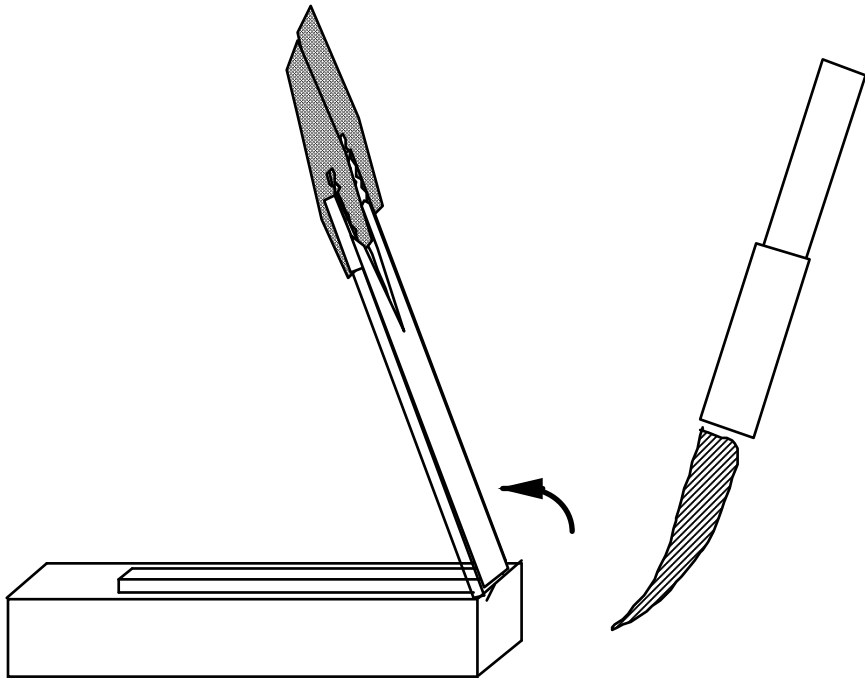
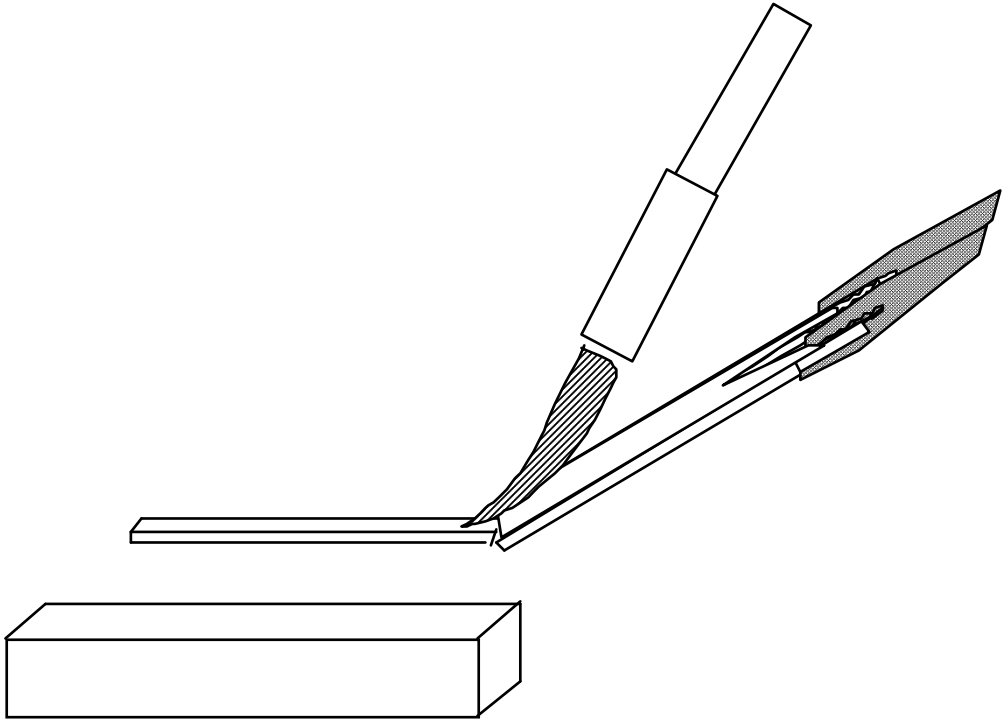
Le formage et l'assemblage

Il faut maintenant plier la partie sur laquelle on soudera ultérieurement le poinçon au-dessus de la matrice. Pour être plié, l'acier sera chauffé au rouge à l'aide d'un chalumeau. L'utilisation du chalumeau permet de diriger la flamme sur la partie à replier tout en protégeant la matrice d'un second revenu non désiré.

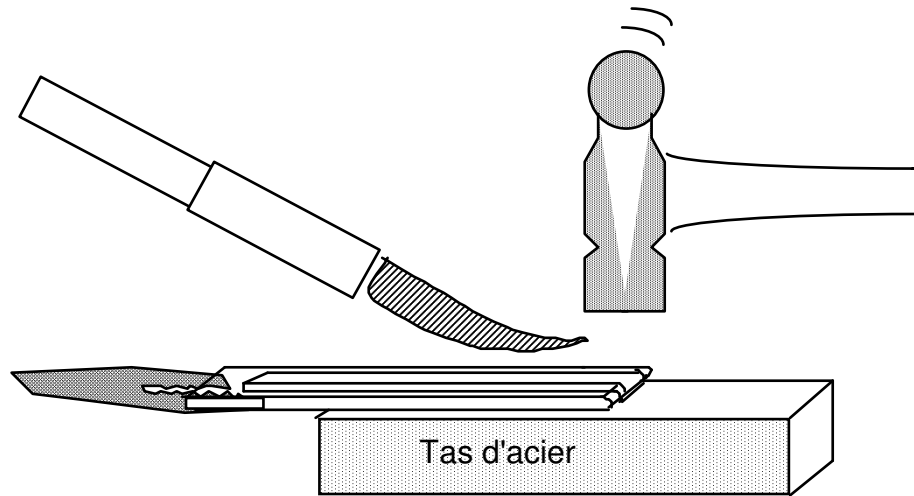


La partie la plus étroite (languette) est chauffée au rouge et pliée graduellement à l'aide de deux pinces.

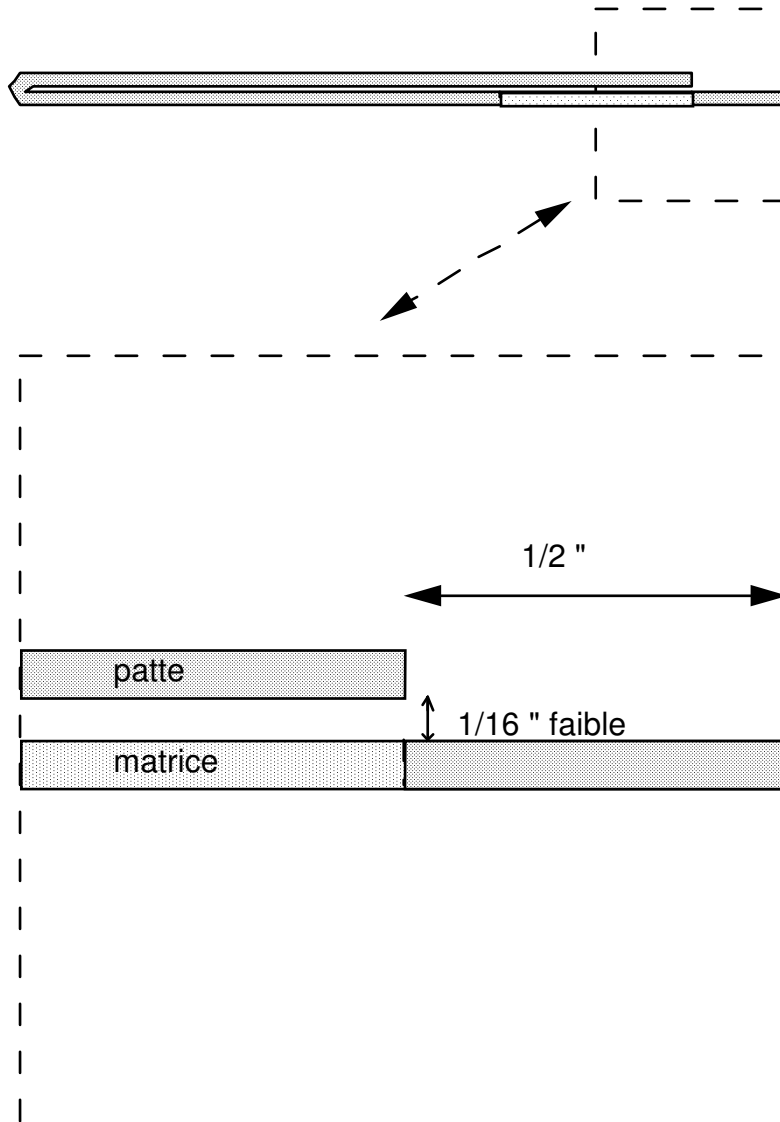




Le pliage est achevé au marteau.

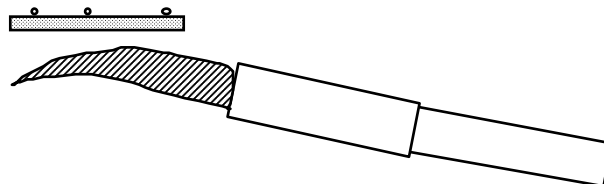


Un espace de 1/16" entre la partie étroite et la matrice facilite l'ajustement lors de la soudure.

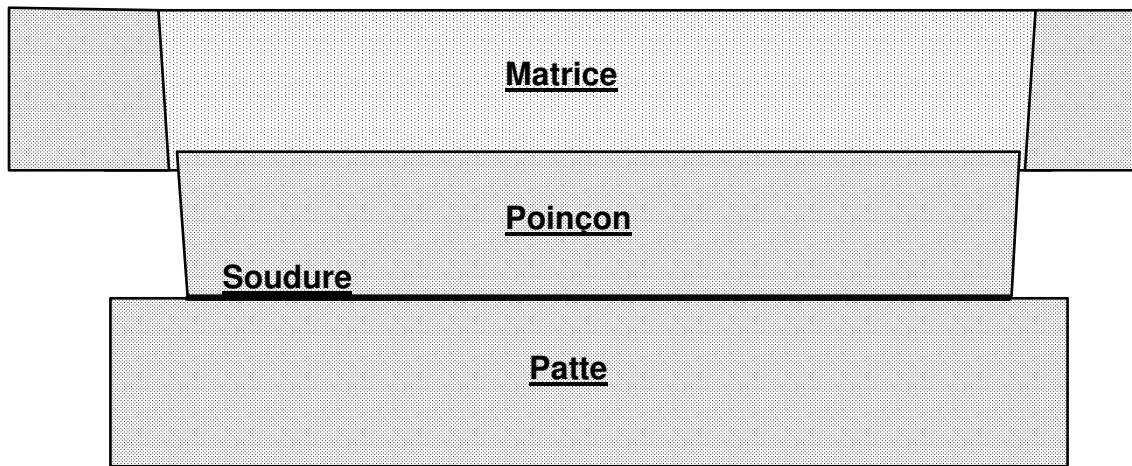
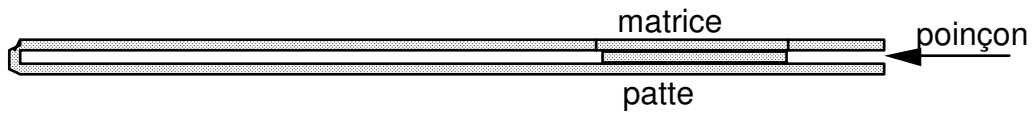


La soudure

Pour faire la soudure, bien nettoyer les deux pièces au papier sablé ou à la laine d'acier, les enduire de fondant à étain et faire adhérer la soudure à l'aide du chalumeau.



Renverser l'outil et mettre le poinçon en place.



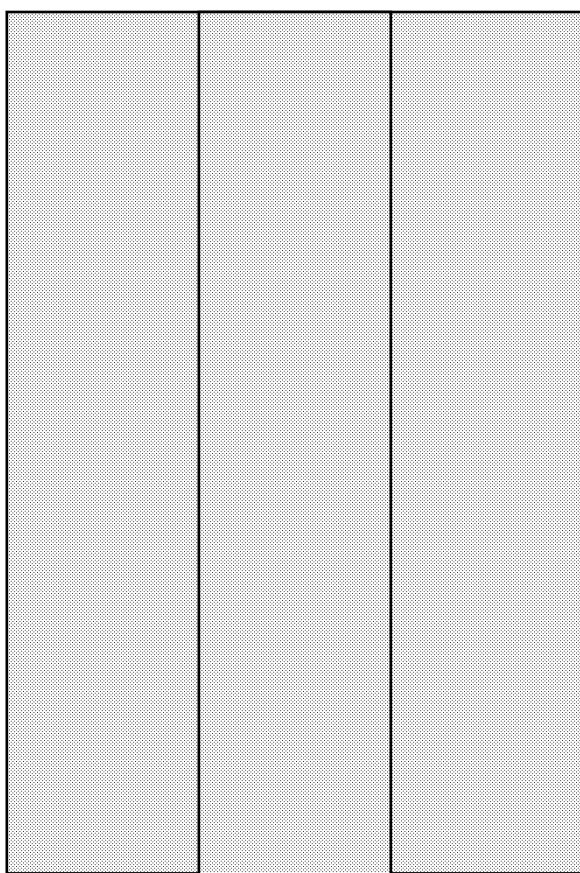
Placer le tout au four à une température de 400°F. La soudure se fera ainsi.

Plan de l'outil terminé

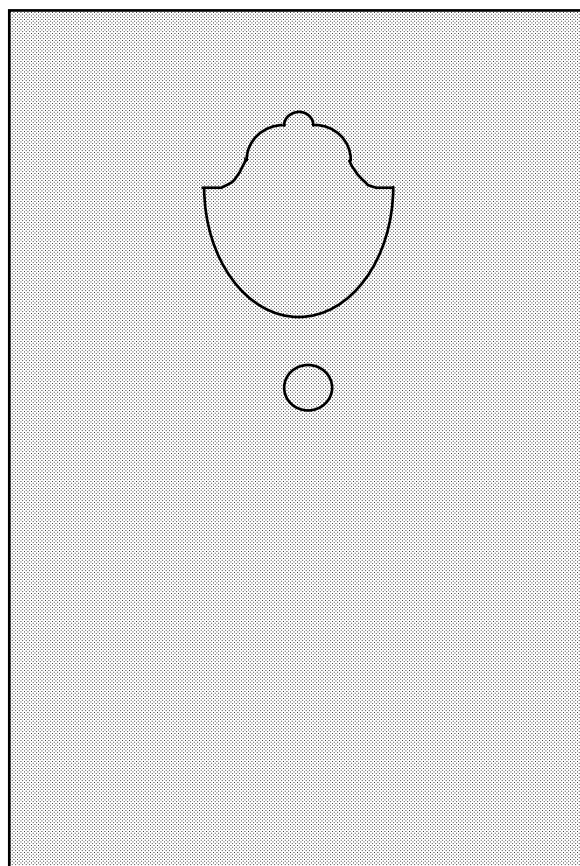
Profil



Dessus

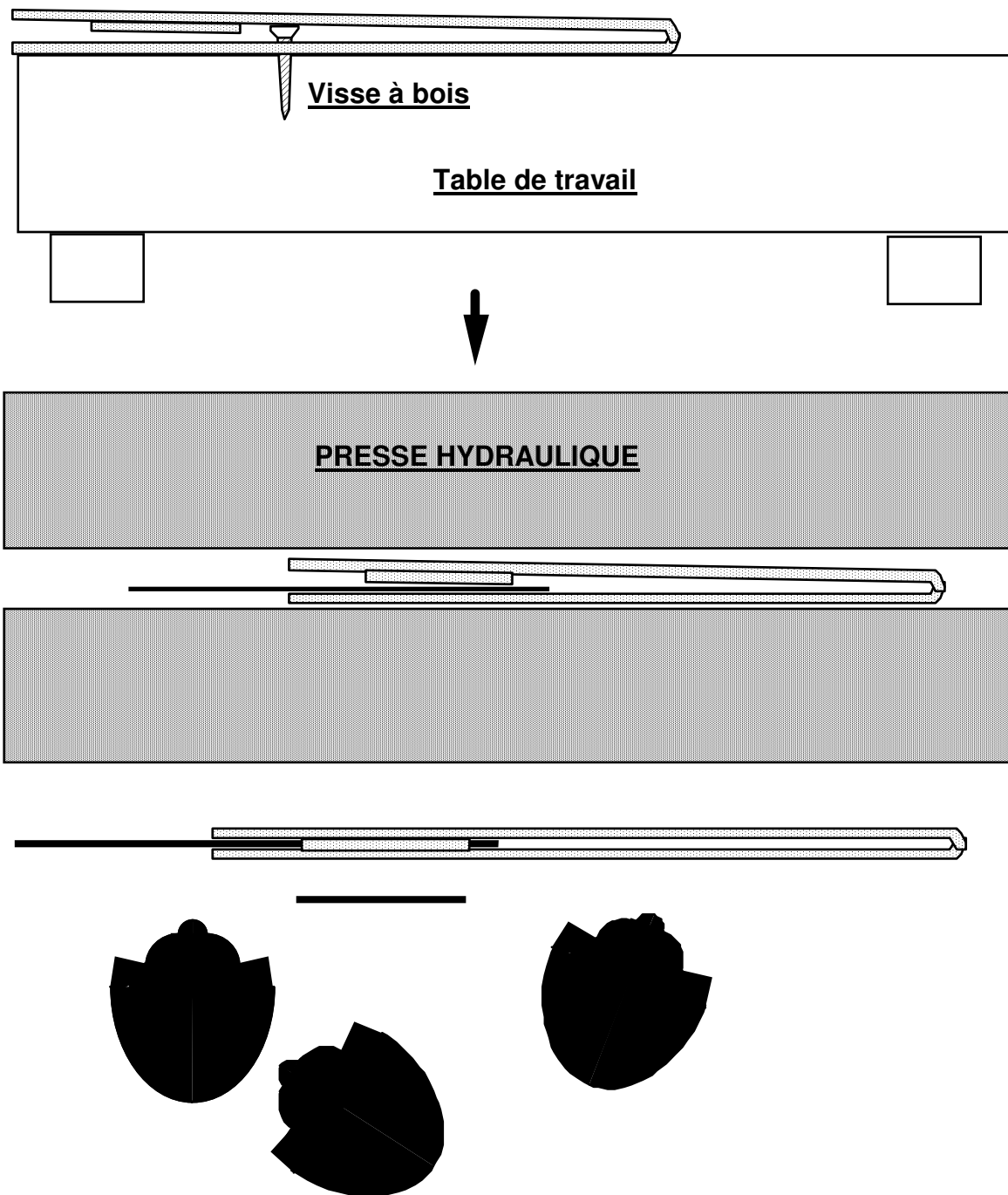


Dessous



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 étau.



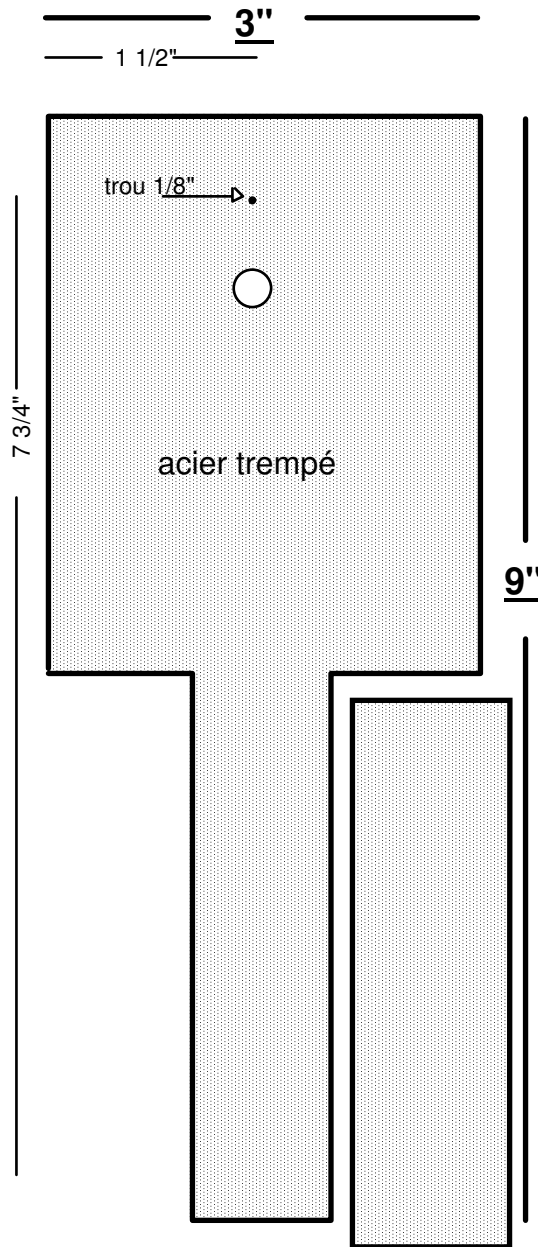
.fin

FABRICATION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR ET ÉLECTROÉROSION

Le découpoir artisanal

La trempe

Le découpage au fil se fait aussi bien dans un acier trempé que dans un acier mou. De plus, comme le découpage par électroérosion ne transmet pas de chaleur à la plaque, on peut faire la trempe avant la découpe sans craindre un revenu indésirable. Avant la trempe, les plaques doivent être préparées ainsi : la partie la plus étroite (languette) taillée, le trou de 1/4" perforé (pour placer la vis qui servira à ouvrir le découpoir), ainsi qu'un deuxième de 1/8" pour passer le fil de la découpeuse.

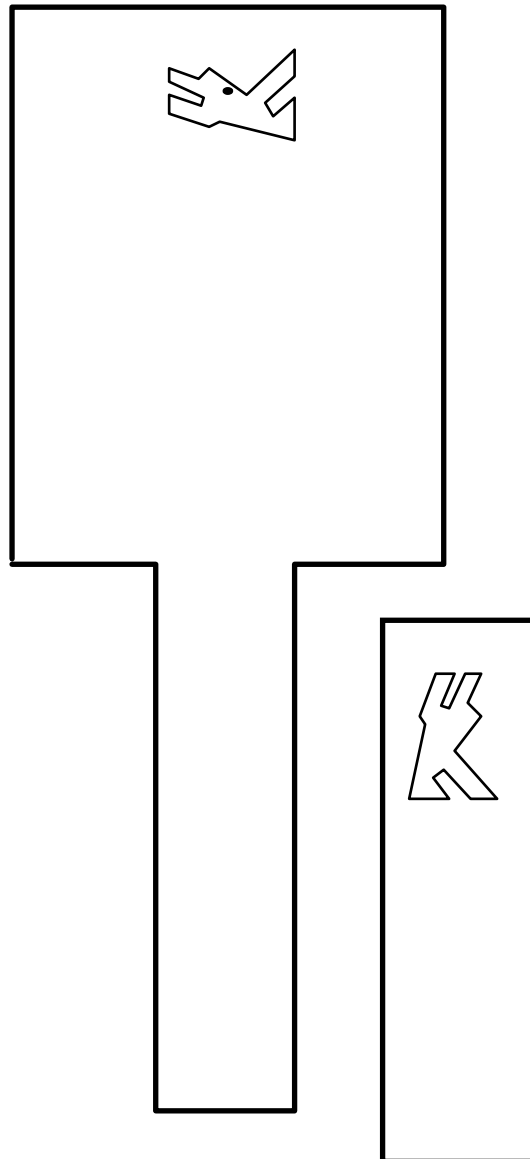


Le dessin

Les découpeuses assistées par ordinateur peuvent généralement découper tout dessin enregistré avec un logiciel dont la terminaison du nom est en "cad" : Autocad, Powercad, etc. Tout autre logiciel est compatible s'il possède un traducteur pouvant sauvegarder le document en fichier DXF ou IGES. Ces langages informatiques ont été conçus spécifiquement pour faire le lien entre les différents logiciels de dessin et

Autocad qui, rappelons-le, est le logiciel le plus utilisé dans l'industrie mécanique.
Pour notre part, nous avons utilisé le logiciel AMAPIE de Macintosh.

Le dessin doit être livré ainsi au machiniste et n'oubliez pas d'indiquer l'espacement
et le dégagement voulu.



Le découpoir traditionnel

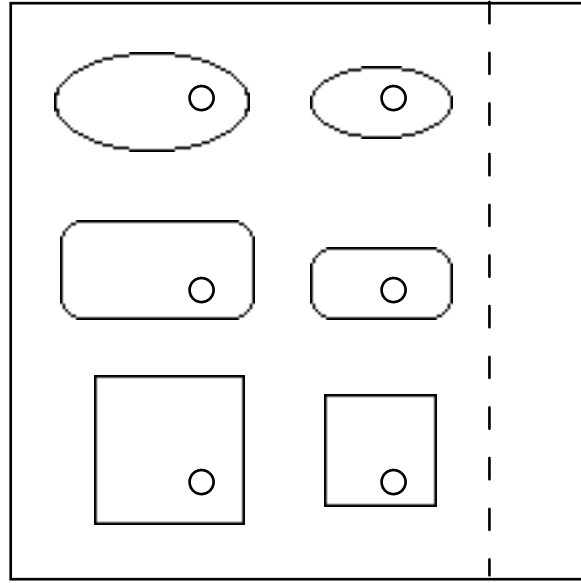
Le deuxième outil que nous avons fabriqué est un découpoir plus conventionnel. Habituellement, il est vendu en magasin et sert seulement à découper des formes rondes. Nous avons fait faire un outil semblable mais qui découpe d'autres formes. Ce découpoir est fabriqué à partir de plaques d'acier à outil "flat ground stock" d'une épaisseur de 1/2 " à 1 1/2 ".

Le machiniste prépare la base d'acier - perce les trous d'assemblage, fait le trempage, rectifie¹ la plaque - et, évidemment, fait la découpe par électroérosion. Avant de faire notre plan , nous avons pris soin de rencontrer le machiniste afin de connaître ses exigences.

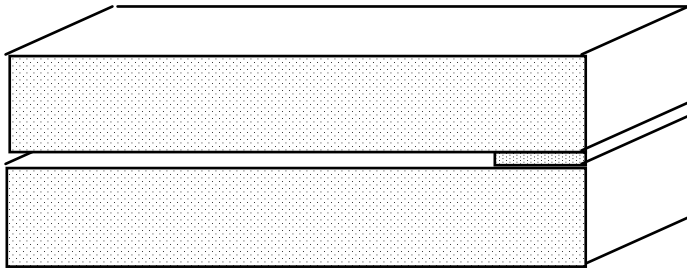
Le dessin doit être effectué sur ordinateur. La position X/Y doit être située dans un des coins du bloc de 3" X 3". Les trous pour le fil de la découpeuse doivent aussi être positionnés. Le même dessin sert à découper les trois blocs d'acier : la partie supérieure de la matrice (espacement .001"), la partie inférieure trempée (espacement déterminé par l'épaisseur du métal à découper) et le bloc pour les poinçons. C'est le machiniste qui tasse son fil pour faire la différence entre les poinçons taillés exactement sur la ligne, le guidage (partie supérieure) taillé sur la ligne + .001" et la matrice (partie inférieure) taillée sur la ligne + l'espacement, soit 10% de l'épaisseur du métal que l'on prévoit découper. Attention, le fil de la découpeuse doit longer la ligne à l'extérieur pour les poinçons et à l'intérieur pour le guidage et matrice.

Dessin à fournir en fichier DXF ou IGES.

¹ La plaque chauffée au rouge pour la trempe se déforme; il faut donc que le machiniste lui fasse reprendre sa forme en la rectifiant, c'est-à-dire en la meulant et en alésant les trous d'assemblage perforés avant le trempage.



Base de matrice et poinçons



1/2" X 3" X 3" Acier

1/16" X 1/2" X 3" Acier

1/2" X 3" X 3" Acier trempé

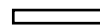


Vis et tige (dowel pin)

A



1/2" X 3"



1/16" X 1/2"

B



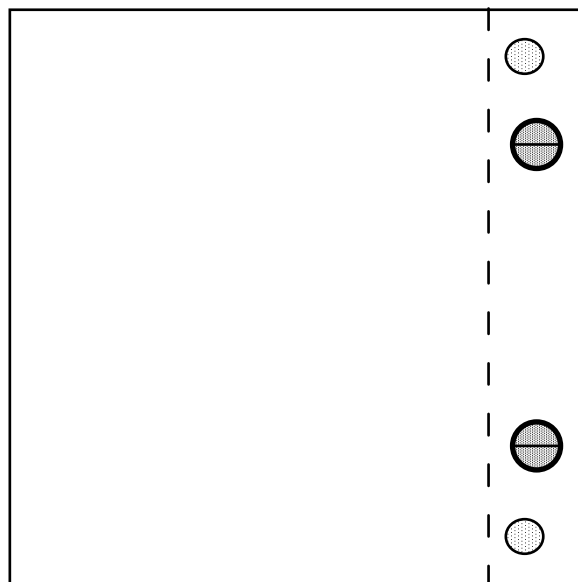
1/2" X 3"

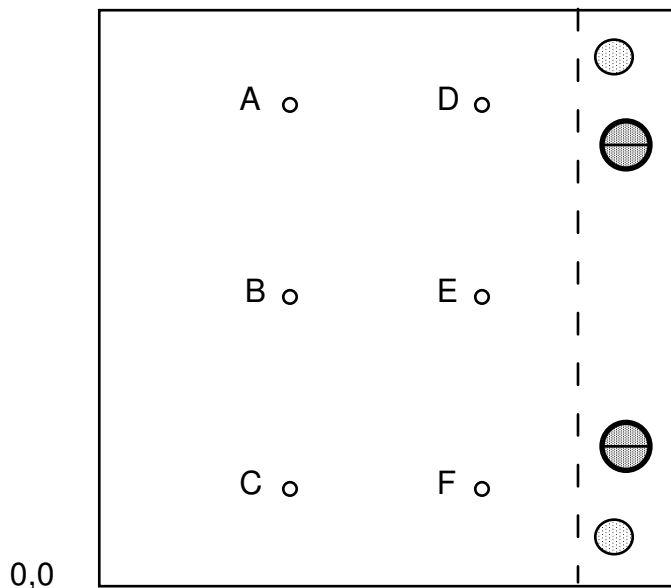
Les trous d'assemblage et les trous pour passer le fil (1/8 ") doivent être percés avant la trempe.

La plaque 'B' doit être trempée et rectifiée sur le dessus et le dessous.

La plaque 'A' doit être rectifiée comme la plaque 'B'.

Une fois l'outil assemblé, rectifier le périmètre.



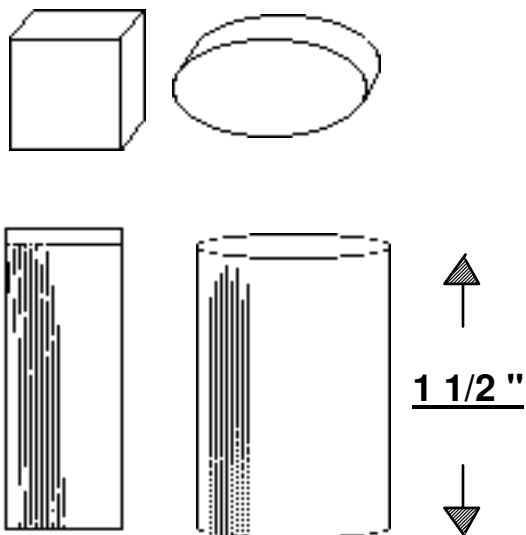


cotes des trous:

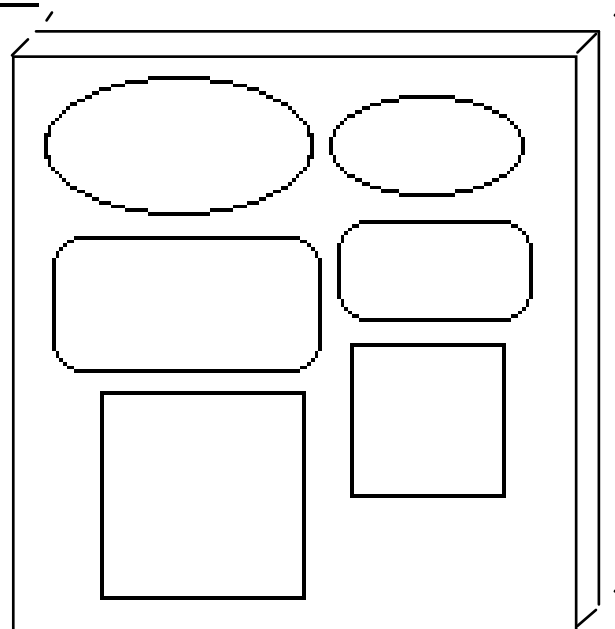
- A: 1 - 2.5
- B: 1 - 1.5
- C: 1 - 0.5
- D: 2 - 2.5
- E: 2 - 1.5
- F: 2 - 0.5

Prévoir un bloc d'acier 3" x 3" x 1 1/2" trempé et rectifié sur le dessus et le dessous pour la découpe des poinçons.

Dans une plaque d'acier à outils de 1 1/2" d'épaisseur découper les poinçons



1 1/2"



COÛT DE FABRICATION

Matériaux

Les deux découpoirs sont fabriqués à partir de plaques d'acier rectifiées qui sont trempées dans l'huile. Cet acier se vend en plaques d'épaisseur et de largeur différentes.

1/16" X 3" X 18" = 30.00\$

1/2" X 3" X 18" = 85.00\$

1 1/2 X 3" X 18" =220.00\$

L'acier pour fabriquer le découpoir artisanal coûte approximativement 15.00\$ pièce.

Pour le découpoir traditionnel le prix des matériaux sera d'environ 80.00\$.

Le découpoir artisanal fait à la main.

Comme il est fabriqué essentiellement avec les outils du joaillier, il n'y a pas d'autres frais. **15.00\$**

Le découpoir artisanal taillé au fil.

Si votre dessin est bien fait et qu'il est compatible avec l'ordinateur du machiniste, seuls les frais de découpage vous seront facturés. Pour cet outil, le prix de la taille devrait se situer en dessous de 100.00\$. Donc la taille + la plaque = 115.00\$

Le découpoir traditionnel taillé au fil.

Comme cet outil est en fait un assemblage de trois pièces différentes, le machiniste a beaucoup d'ajustements à faire. De plus, pour tailler un découpoir à six formes, il

devra passer son fil à dix-huit reprises. Toutes ces manipulations demandent beaucoup de temps et une extrême précision.

Les montants suivants, tirés d'une cotation faite par un machiniste dans une entreprise privée, sont approximatifs.

Fabrication de la base	160.00\$
Deux montages sur la machine (set up)	60.00\$
Taille des plaques 1/2" (\$10.00/pouce)	240.00\$
Taille des plaques 1 1/2" (\$ 15.00/pouce)	180.00\$
Coût total	755 00\$

Ce montant est évidemment très élevé, mais il pourrait toujours être plus bas si vous avez de bons contacts. Pour notre part, nous avons fabriqué deux découpoirs en collaboration avec des étudiants en mécanique-ajustage pour la modique somme de 315.00\$ par outil.

CONCLUSION

Le but principal de la présente recherche était de fabriquer des découpoirs peu dispendieux qui permettraient au joaillier de découper, sur tout leur périmètre, différentes formes dans une plaque de métal. Une fois cet objectif atteint, nous avons cherché à intégrer à notre travail de nouvelles technologies -dessin sur ordinateur, découpeuse au fil- pour voir en quoi elles pourraient faciliter la tâche du joaillier lors de la fabrication de découpoirs.

Bien que nous croyions que l'utilisation de ces technologies soit de plus en plus incontournable, puisqu'elles sont de plus en plus faciles à utiliser et d'un coût très abordable, nous vous conseillons

tout de même de fabriquer vos premiers découpoirs à la main. Cela vous permettra de mieux comprendre les techniques de fabrication de l'outil tout en vous donnant une bonne idée des limites de ce dernier ainsi que des vôtres.

Vous pourrez toujours, par la suite, dessiner vos modèles sur ordinateur et acheminer vos dessins chez le machiniste ; vous apprécierez d'autant plus la grande précision et, par le fait même, la plus grande efficacité des découpoirs ainsi conçus.