

Académie de Versailles
Lycée parc de Vilgenis
80 rue de Versailles
91305 Massy



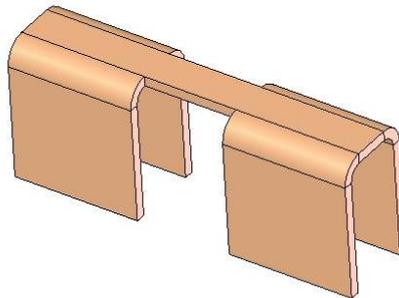
B.T.S. Conception Industrialisation en Microtechniques

Dossier de conception détaillée

Projet : Assistant au dévissage

Découpage Cambrage

Contact gâchette



Sommaire

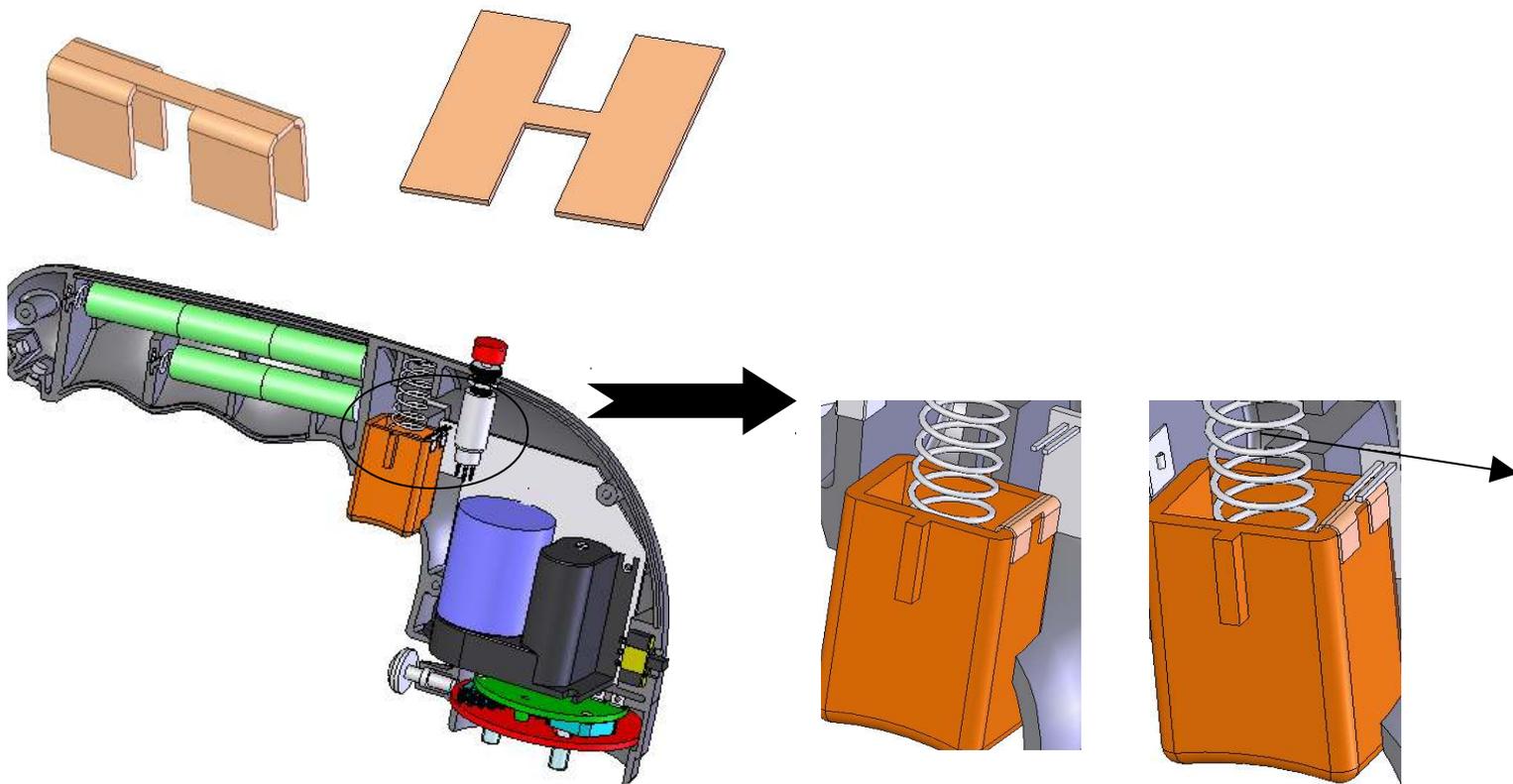
1. Introduction	3
1.1. Critères à respecter	4
1.2. Choix de la matière	5
2. Choix de l'Outillage	7
2.1. Étude des différents outils	7
2.2. Choix de la plaque dévêtisseur :	8
2.3. Choix de la mise en bande :	9
2.4. Calculs utilisation matière	11
2.5. Centre de poussée	12
2.6. Jeu de découpage	13
3. Calculs	15
3.1. Calcul de résistance au cisaillement	15
3.2. Effort de découpage	16
3.3. Effort de dévêtissage (extraction) :	17
3.4. Effort d'éjection :	17
3.5. Effort de cambrage :	17
3.6. Effort total :	18
3.7. Choix de la presse	18
3.8. Choix des éléments élastiques	18
4. Outillages	19
4.1. Presse	20
4.2. Caractéristiques	21
4.3. Assemblage numérique	22
4.4. Différents outillages	23
5. Étude des coûts	31
5.1. Coûts de conception	32
5.2. Coûts de fabrication	32
5.3. Coûts de l'outillage	32
5.4. Coût d'utilisation machine	33
5.5. Coûts de revient d'une pièce	33
6. Critiques de conception d'outillages	34
6.1. Critiques de conception de la pièce	35

1. Introduction

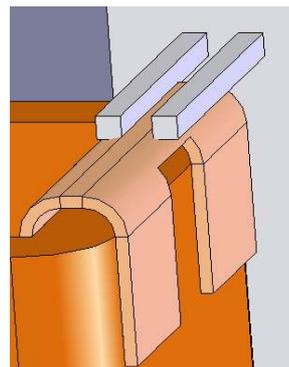
La série d'appareils prévue étant de 100 000 appareils, il faut choisir un mode d'obtention autorisant une cadence de production élevée et un prix de revient faible pour des grandes séries. Par conséquent, le moyen d'obtention retenu est le découpage cambrage, car elle convient parfaitement pour la réalisation de la pièce.

La pièce étudiée est le contact de la gâchette, cette pièce aura un rôle important dans le fonctionnement du système car c'est grâce au contact entre cette pièce et deux plots que le moteur fonctionnera pour la marche avant.

Mise en situation :



La pièce pincée sur la gâchette assure le passage du courant entre les deux plots



Le choix de la matière se fera avec l'aide d'un logiciel appelé CES 2005.

Nous y introduirons les critères importants comme le prix, le module de Young, la limite d'élasticité.

1.1. Critères à respecter

Propriétés influentes sur le choix de la matière :

a) Caractéristiques mécaniques :

- **Résistance à la flexion**

La lamelle doit posséder des caractéristiques de déformation élastique adaptée afin de revenir dans son état initial.

- **Déformation plastique**

La pièce sera découpée dans une plaque laminée, celle-ci doit posséder des caractéristiques de déformation plastiques afin de pouvoir effectuer un cambrage.

b) Caractéristiques chimiques :

- **Résistance à la corrosion**

Le produit pouvant être sujet à un usage en milieu ambiant humide, il ne doit pas s'oxyder afin de pouvoir exercer ces fonctions.

c) Caractéristiques électriques :

- **Limite à l'étincelage**

Il faudra éviter la présence d'étincelle au moment du contact pour que cela ne chauffe pas.

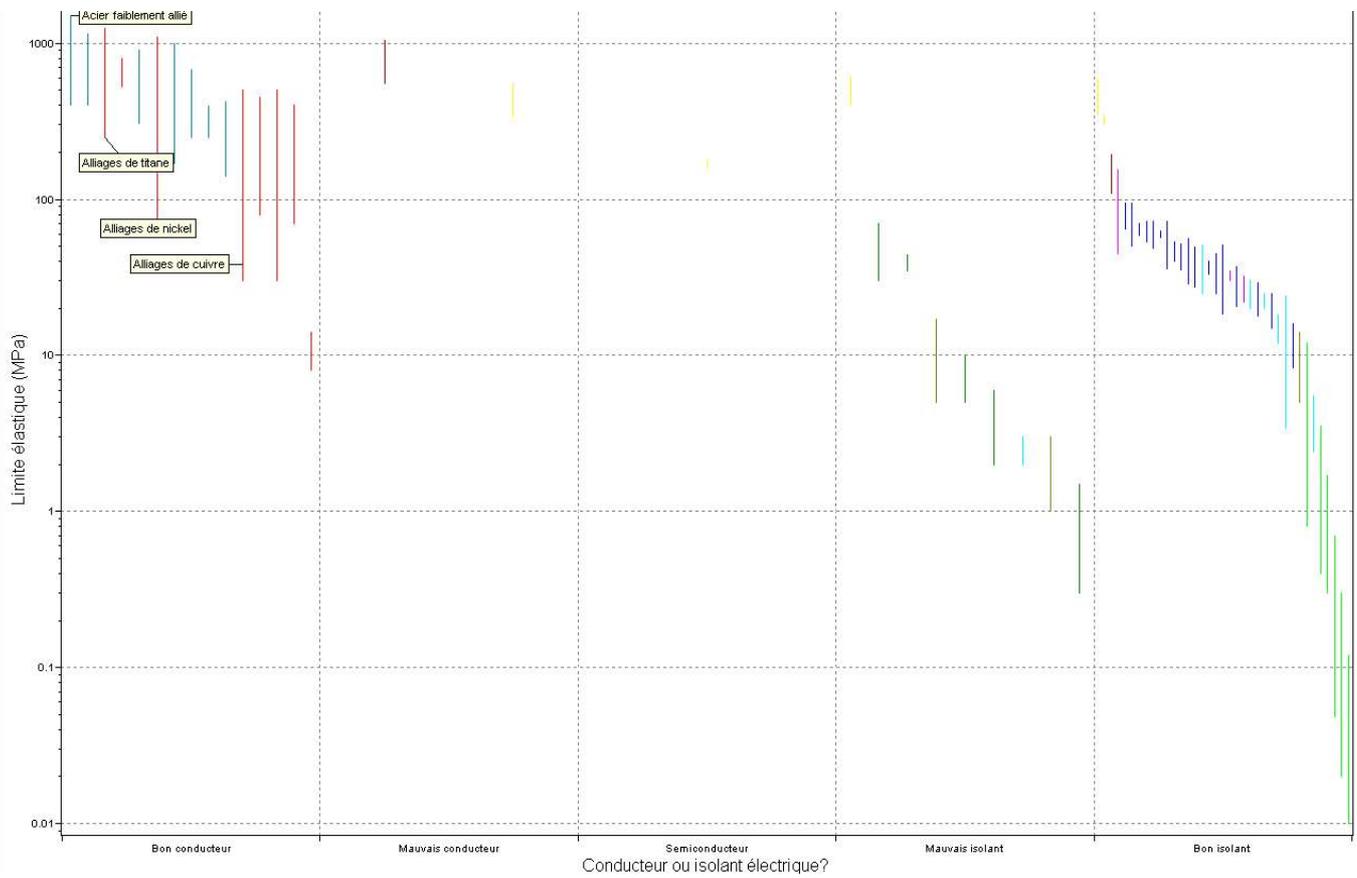
1.2. Choix de la matière

Caractéristiques de la matière

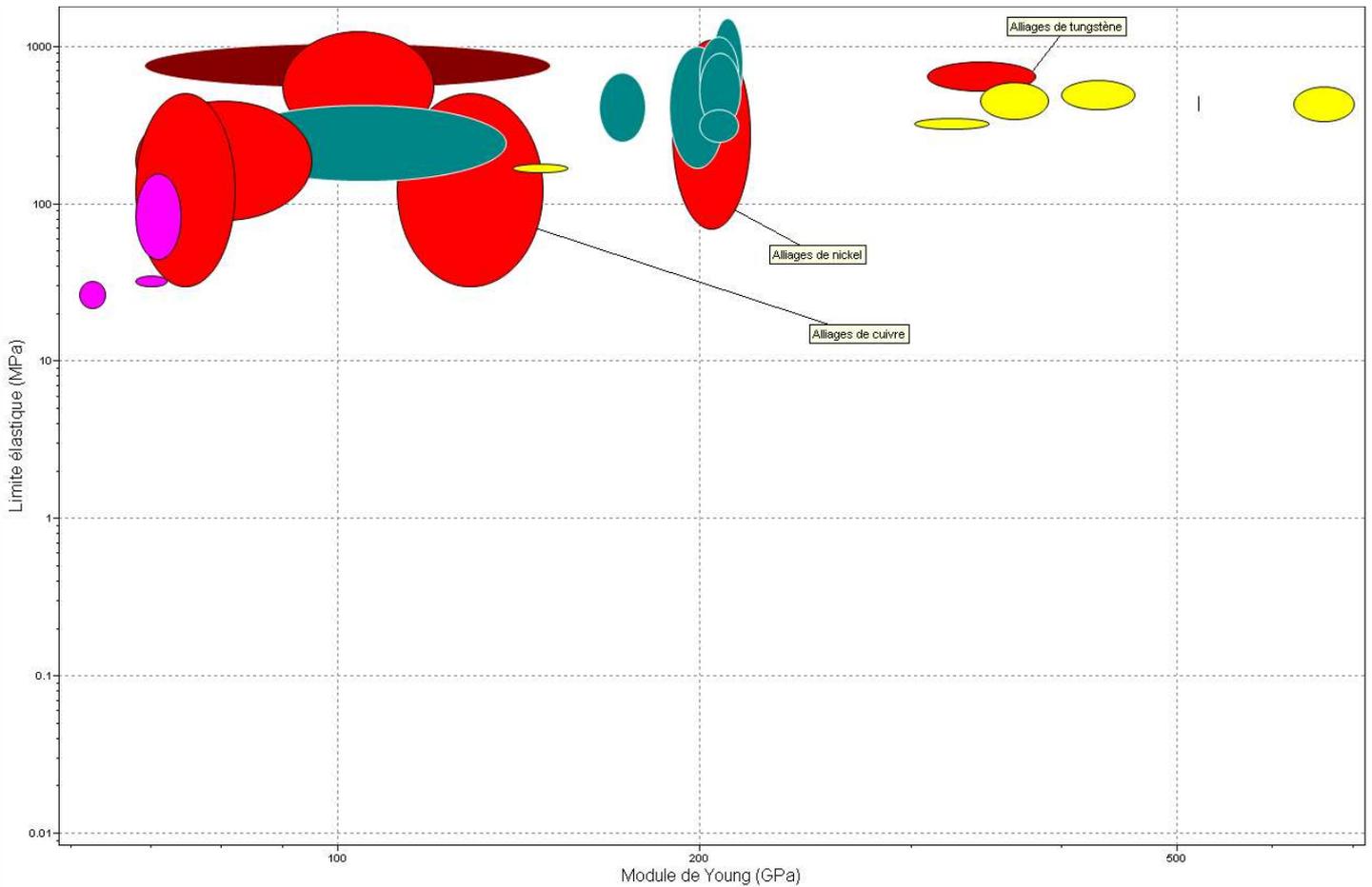
La pièce devra pouvoir être flexible sans se déformer plastiquement, elle ne devra pas s'oxyder.

Critères	Justification	Valeur
Résistance à la flexion	Remise en position initiale	100-300Mpa
Déformation plastique	Pour la réalisation du cambrage	
Résistance à la corrosion	Milieu type cuisine (risque d'éclaboussures)	

Voici les différents matériaux plus ou moins conducteur avec une limite élastique :



Et ici les différents matériaux comparés avec dans l'abscisse le module de young et dans l'ordonnée la limite élastique :



Conclusion :

Après comparaison des différentes matières, la matière choisie sera un alliage de cuivre, car c'est un très bon conducteur et il peut subir une flexion et revenir à son état initial sans se déformer plastiquement de plus il n'est pas excessivement cher (2 à 4€/kg), plus précisément nous choisirons le CW101C (soit CuBe2).

2. Choix de l'Outillage

L'outil doit permettre d'effectuer des découpages et un cambrage, la pièce sera produite en grande série (environ 50 000).

2.1. Étude des différents outils

Outil Composés :

Cet outil effectue, en une seule descente de coulisseau, plusieurs opérations, telles que découpage, formage, poinçonnage. La cadence de production n'est pas très élevée car il faut évacuer la pièce entre poinçons et matrice.

Outil progressif :

Souvent appelé outil à suivre. La bande subit au fur et à mesure de son avance dans l'outil, des poinçonnages, crevages...

Outil transfert :

C'est une succession d'outillages placés sur une même presse, le flan passe de poste en poste par l'intermédiaire de pinces.

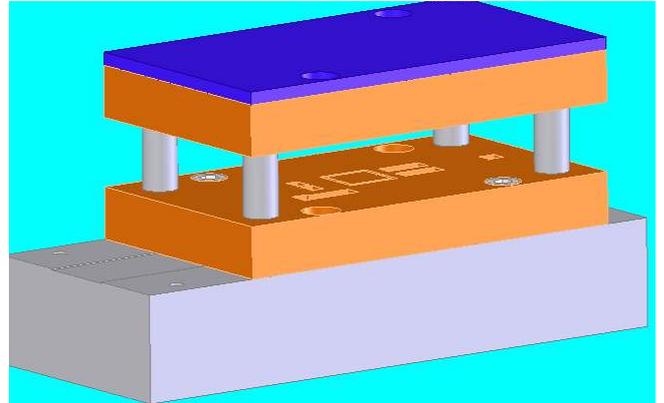
Conclusion :

Selon ces critères : petite ou grande série, forme de bande, pertes de matières...
L'outil choisi sera un outil à suivre.

2.2. Choix de la plaque dévêtitseur :

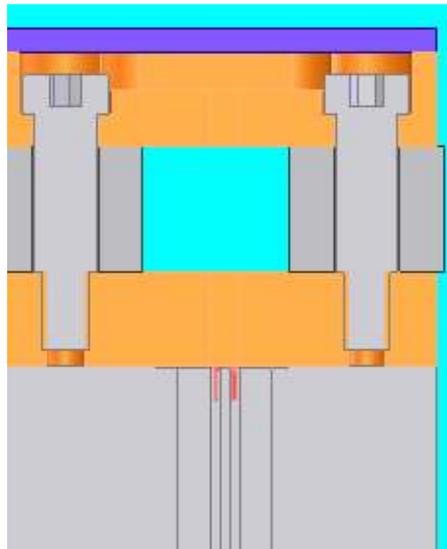
Plaque dévêtitseur fixe (outil parisien) :

Une plaque fixée à la matrice sert de guide à la partie travaillante des poinçons. Elle diminue les risques de flambage pour les poinçons de petit diamètre et sert de dévêtitseur de bande. C'est un outil faisant partie des moins coûteux.



Plaque dévêtitseur élastique :

Le dévêtitseur vient plaquer le matériau avec une force imposée par un système élastique (rondelles, ressorts, caoutchouc). Ce système évite la remontée de la tôle.



Conclusion :

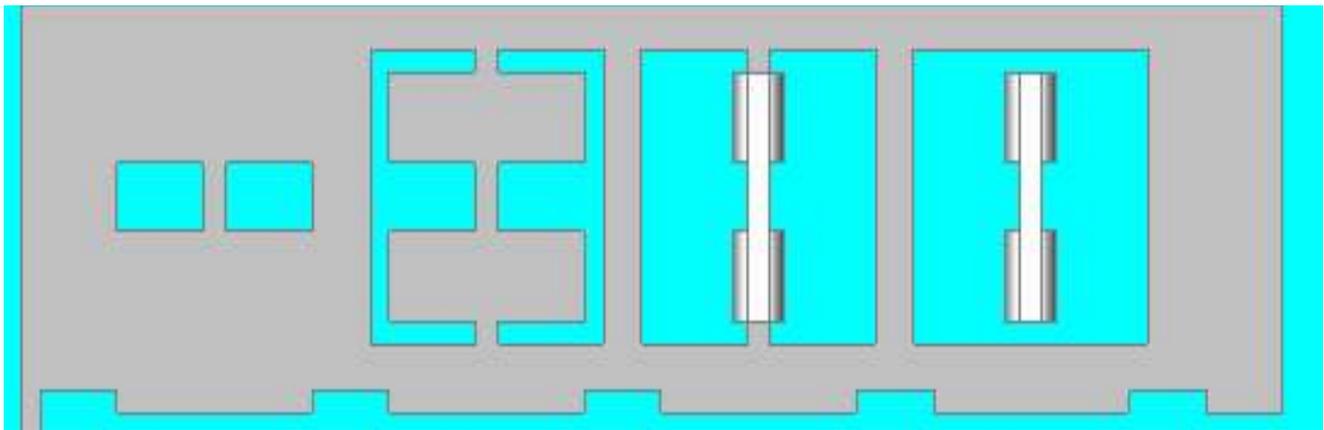
Étant donné que la pièce a une épaisseur inférieure à 1mm, nous choisirons l'outil à dévêtitseur élastique, en l'occurrence l'outil à suivre.

2.3. Choix de la mise en bande :

Il est important de bien concevoir la mise en bande car cela va avoir des conséquences sur le coût de production (pertes de matières), coût d'outillage (nombre de poinçons etc.).

1^{er} cas :

La pièce sera positionnée horizontalement par rapport à la bande :



Analyse :

Pas : longueur pièce développée + 2 x pertes = $10,13 + 2 \times 2$
14,13mm

Largeur de bande : longueur pièce développée + (2 x ép. poinçon) + (2 x pertes) + couteau
 $11 + (2 \times 1) + (2 \times 2) + 2 = 19\text{mm}$

Nombre de poste : 4

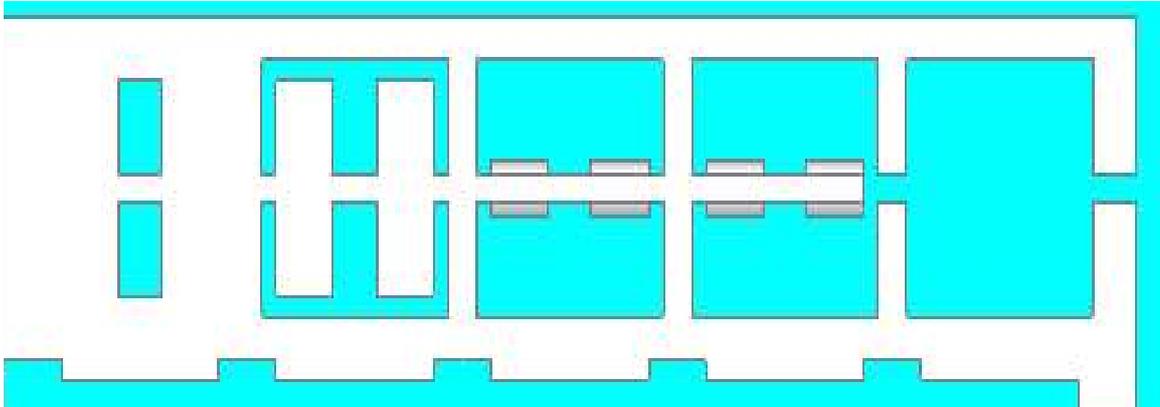
Outillage : couteau : 1
Poinçon de découpage : 6
Poinçon de cambrage : 2

Avantages : le pas est légèrement plus petit, la bande est plus courte, il n'y a que 4 postes : 2 postes de découpage, un poste de cambrage, un poste de découpage final.

Inconvénients : il y a un poinçon de plus, le dernier découpage ne sera pas précis car la pièce ne peut pas être maintenue.

2ème cas :

La pièce sera positionnée verticalement par rapport à la bande.



Analyse :

Pas : longueur pièce développée + 2 x pertes = $11 + (2 \times 2)$
15mm

Largeur de bande : longueur pièce développée + (2 x ép. poinçon) + (2 x pertes) + couteau
 $10,13 + (2 \times 1) + (2 \times 2) + 2,87 = 19\text{mm}$

Nombre de poste : 5

Outillage : couteau : 1
Poinçon de découpage : 5
Poinçon de cambrage : 2

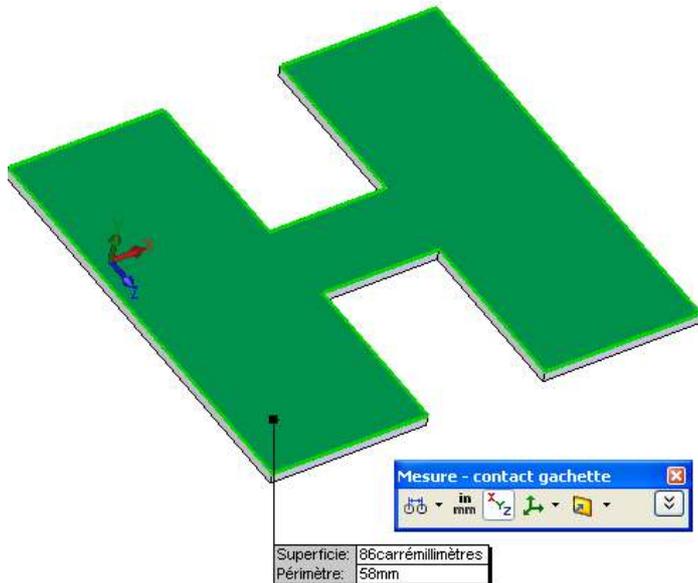
Avantage : il y a un poinçon de découpage en moins par rapport au 1^{er} cas

Inconvénient : il y a un poste en plus.

Conclusion : Il y a un poinçon de plus dans le 1^{er} cas, cette solution est donc plus chère, sans ce problème les deux cas sont équivalents, nous choisirons donc le second cas.

2.4. Calculs utilisation matière

Nous utiliserons l'outil de mesure de solidworks pour connaître la surface de la pièce à l'état dépliée.



Surface de la pièce : **86mm²**

Surface de la bande pour une pièce : **Pas x largeur de bande :**

$$15 \times 19 = 285\text{mm}^2$$

Pourcentage d'utilisation matière : **(Surface pièce x 100) / Surface de bande pour un pièce**

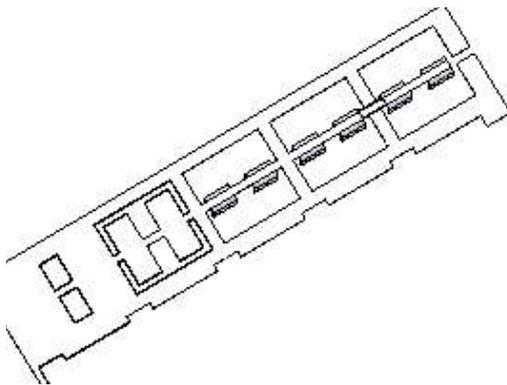
$$(86 / 285) \times 100 = 30,1\%$$

La pièce développée a une longueur de **10.13mm**

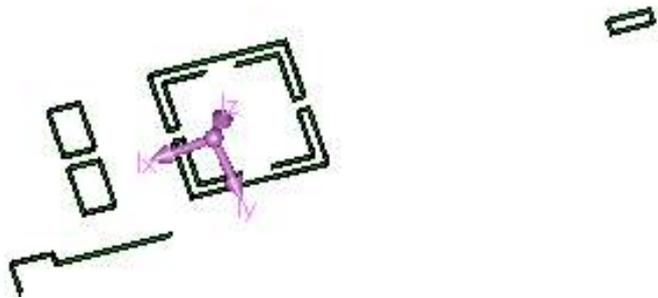
2.5. Centre de poussée

Il est nécessaire de déterminer le centre de poussée de la bande afin que les différents efforts de chaque poste soient bien répartis. Nous déterminerons ce point avec l'aide des outils de solidworks.

Il faut tout d'abord extruder une petite épaisseur de chaque poste. On utilise ensuite l'outil de mesure des masses du logiciel sur ces extrusions pour déterminer le centre de gravité.



Ce centre de poussée devra se situer en dessous du nez de presse.



2.6. Jeu de découpage

Il est nécessaire de mettre du jeu soit sur la matrice soit sur les poinçons afin d'obtenir les cotes voulues.

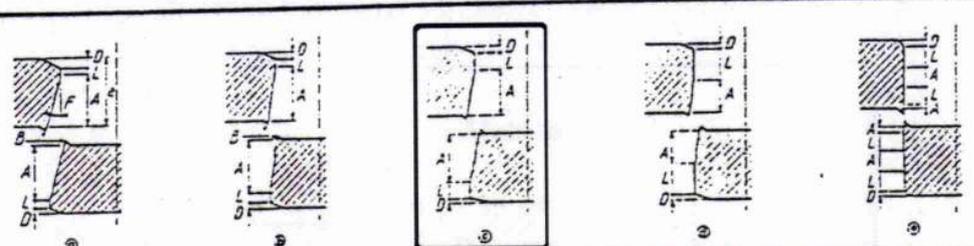
Pour obtenir un trou de diamètre 3mm dans une pièce, il faut que le poinçon ait un diamètre de 3mm et qu'il y ait du jeu dans la matrice.

Pour obtenir une rondelle de diamètre 3mm, c'est la matrice qui déterminera la cotes et le poinçon sera légèrement plus petit, 2,9... mm

Le jeu dépend de la bavure que l'on veut admettre sur la pièce, de l'épaisseur de la pièce, et de la matière choisies.

- Matière : CuBe2
- Epaisseur : 0.3mm
- Bavure admissible : normale

— Effet du jeu de coupe sur les caractéristiques du bord d'un trou [l. b. 9].



Caractéristiques	Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ	Ⓓ	Ⓔ
Angle de fracture F (degré)	14 à 16	8 à 11	7 à 11	6 à 11	
Rayon de découpe D (*) (% de e)	10 à 20	8 à 10	6 à 8	4 à 7	2 à 5
Partie lisse L (†) (% de e)	10 à 20 (‡)	15 à 25	25 à 40	35 à 55 (‡)	50 à 70 (‡)
Partie arrachée A (% de e)	70 à 80	60 à 75	50 à 60	35 à 50 (‡)	25 à 45 (‡)
Bavure B	haute	normale	normale	moyenne	haute

(1) $D = L$ = approximativement, pénétration poinçon avant fracture.
 (2) L peut être petit et irrégulier ou même absent.
 (3) avec traces secondaires de cisaillement.
 (4) 2 parties séparées par une zone de fracture.
 (5) avec surface rugueuse.
 (6) 2 parties séparées par une partie lisse.

Jeu entre poinçon et matrice dans le cas de différents matériaux.

Métal travaillé	Jeu radial (en % de e)				
	Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ	Ⓓ	Ⓔ
Acier bas carbone	21 max	11,5 à 12,5	8 à 10	5 à 7	1 à 2
Acier carburé	25 max	17 à 19	14 à 16	11 à 13	2,5 à 5
Acier inoxydable	23 max	12,5 à 13,5	9 à 11	3 à 5	1 à 2
Alliage aluminium ($R < 23$ hbar)	17 max	8 à 10	6 à 8	2 à 4	0,5 à 1
Alliage aluminium ($R > 23$ hbar)	20 max	12,5 à 14	9 à 10	5 à 6	0,5 à 1
Laiton recuit	21 max	8 à 10	6 à 8	2 à 3	0,5 à 1
Laiton demi-dur	24 max	9 à 11	6 à 8	3 à 5	0,5 à 1,5
Bronze phosphoreux	25 max	12,5 à 13,5	10 à 12	3,5 à 5	1,5 à 2,5
Cuivre recuit	25 max	8 à 10	5 à 7	2 à 4	0,5 à 1
Cuivre demi-dur	25 max	9 à 11	6 à 8	3 à 5	1 à 2
Plomb	22 max	8 à 10	6,5 à 7,5	4 à 6	1,5 à 2,5
Alliage magnésium	16 max	5 à 7	3,5 à 4,5	1,5 à 2,5	0,5 à 1

Le jeu de découpage entre les poinçons et la matrice sera donc de 6 à 8% de l'épaisseur de la pièce.

Nous mettrons donc un jeu moyen de **7%**.

3. Calculs

3.1. Calcul de résistance au cisaillement

Nuances usuelles*	R min	Re min	Emplois
CR004A [Cu - ETP] (cuivre raffiné)	200	70	Matériau à très bonne conductibilité électrique, convient particulièrement pour câbles, bobinages et contacts.
CW004A [Cu - ETP]	350	300	
CW113C [Cu Pb 1 P]	350	300	Utilisé en décolletage. Très haute conductibilité électrique et thermique.
CW453K [Cu Sn 8] (bronze)	490	390	Matériau de frottement pour bagues, douilles, chemises, segments.
CC480K [Cu Sn 10]	-	-	Pièces moulées sans caractéristiques particulières.
CC493K [Cu Sn 7 Zn 4 Pb 7]	210	-	Robinetterie.
CC483K [Cu Sn 12]	200	-	Construction mécanique.
CW460K [Cu Sn 8 Pb P]	290	160	Pièces d'usure : pignons et roues d'engrenages, écrous.
CW101C [Cu Be 2] (cuivre au béryllium)	1 400	1 350	Ressorts (matériels électriques, matériels résistant à la corrosion). Connecteurs.
CW502L [Cu Zn 15] (laiton)	400	-	Alliage de forgeage à froid, se polit bien et convient aux revêtements électrolytiques.
CC750S [Cu Zn 33 Pb 2]	490	240	Pièces moulées.
CW506L [Cu Zn 33]	590	210	Construction mécanique générale et pièces découpées dans la tôle. Il se polit bien.
CC7655 [Cu Zn 35 Mn 2 Al 1 Fe 1]	410	160	Bonnes caractéristiques mécaniques. Bonnes qualités frottantes. Mise en œuvre aisée. Prix modéré.
CW710R [Cu Zn 35 Ni 3 Mn 2 Al Pb]	540	240	
CW612N [Cu Zn 39 Pb 2]	400	200	Alliage le plus utilisé pour la plupart des pièces décolletées. Très bonne usinabilité.
CW401J [Cu Ni 10 Zn 27] (maillechort)	280	120	Matériels de microtechniques. Résistance à la corrosion. Soudabilité.
CC333G [Cu Al 10 Fe 5 Ni 5] (cupro-aluminium)	600	250	Pièces devant résister à la corrosion (agents atmosphériques, eau de mer). Inoxydables à chaud. Pièces mécaniques diverses (compresseurs, pompes, etc.)
CW307G [Cu Al 10 Ni 5 Fe 4]	690	320	
CW111C [Cu Ni 2 Si] (cupro-silicium)	400	140	Pièces de frottement sous fortes charges, avec chocs éventuels.

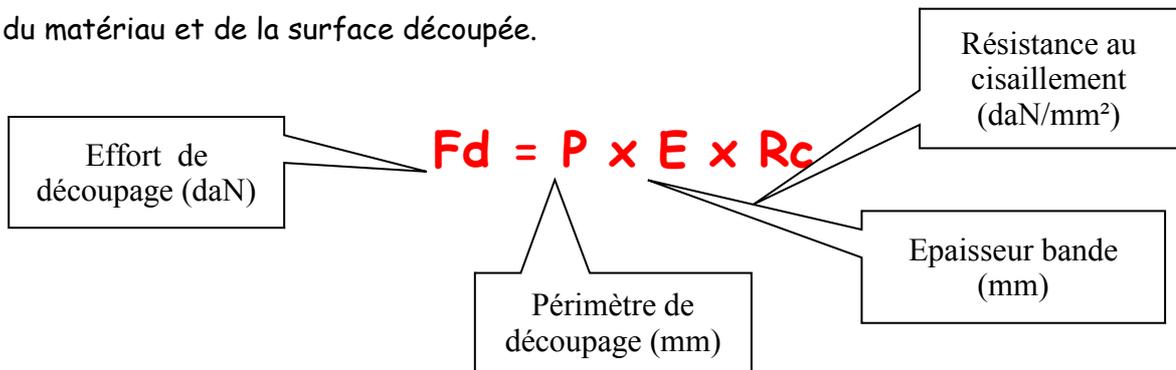
** R min = résistance minimale à la rupture par extension (MPa) - 1 MPa = 1 N/mm².
Re min = limite apparente d'élasticité (MPa). *** Voir chapitre 71.

- $R_c = R_{min} / 2$
- $R_c = 1400 / 2$
- $R_c = 700 \text{ Mpa}$ soit 700 N/mm^2 ou 70 daN/mm^2

La résistance au cisaillement (R_c) du cuivre au béryllium (CuBe2) est donc de 70 daN/mm^2

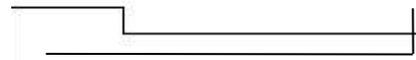
3.2. Effort de découpage

Il dépend du matériau et de la surface découpée.

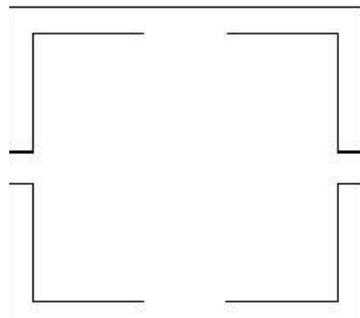


Périmètre de découpage :

1^{er} poste : couteau + 2 poinçons = 35,74 + (2 x 14,92)
= 65,58 mm



2^{ème} poste : 2 poinçons = 2 x 45,84
= 91,68 mm



3^{ème} poste : (cambrage)

4^{ème} poste : 1 poinçon = 15,32 mm

$$P=65,58 + 91,68 + 15.35= 172,61 \text{ mm}$$

Epaisseur bande :

$$E=0.3 \text{ mm}$$

Résistance au cisaillement :

$$R=70\text{daN (CuBe2)}$$

$$\begin{aligned} F_d &= 172,61.61 \times 0,3 \times 70 \\ &= 3624,81\text{daN} \end{aligned}$$

3.3. Effort de dévêtissage (extraction) :

C'est l'effort pour retirer la bande du poinçon après ajourage. Cet effort dépend de l'importance des déchets autour du poinçon.

Ici l'importance des déchets est moyenne donc on choisira un effort de dévêtissage 2 à 7% de l'épaisseur de bande soit 5%.

$$\begin{aligned} F_{ext} &= 0,05 \times 0,3 \\ &= 0,015\text{daN} \end{aligned}$$

3.4. Effort d'éjection :

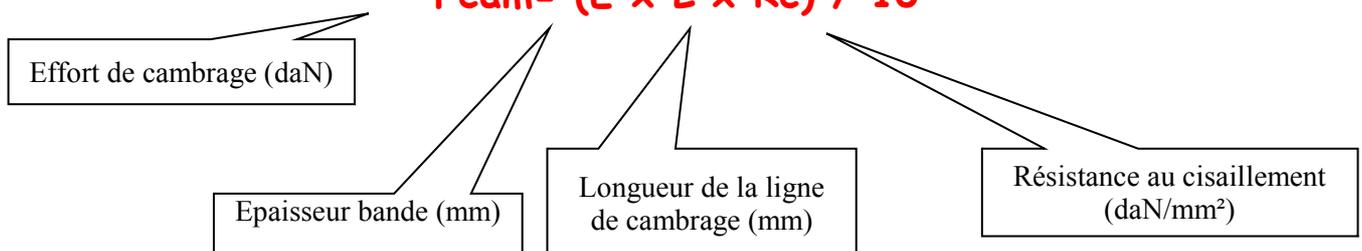
C'est l'effort pour dégager la pièce de la matrice. Cet effort est de 1,33% de l'effort de découpe.

$$\begin{aligned} F_{ej} &= 0,0133 \times 1553,49 \\ &= 20,66\text{daN} \end{aligned}$$

3.5. Effort de cambrage :

En pratique on admet que l'effort nécessaire pour former un pli est égal au dixième de l'effort pour cisailer la section de la tôle à cet endroit.

$$F_{cam} = (E \times L \times R_c) / 10$$



Données :

$$\begin{aligned} E &= 0.3 \text{ mm} \\ L &= 11 \text{ mm} \\ R_c &= 30 \text{ daN/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{cam} &= (0.3 \times 11 \times 30) / 10 \\ &= 9.9 \text{ daN} \end{aligned}$$

Etant donné qu'il y a un double cambrage au même poste cet effort sera multiplié par deux.

$$\begin{aligned} F_{cam} &= 9.9 \times 2 \\ &= 19.8 \text{ daN} \end{aligned}$$

3.6. Effort total :

L'effort total est la somme de tous les efforts.

$$\begin{aligned} F_{totale} &= F_d + F_{ext} + F_{ej} + F_{cam} \\ &= 3624,81 + 0,015 + 20,66 + 19,8 \\ &= 3665,285 \text{ daN} \end{aligned}$$

3.7. Choix de la presse

Pour le choix de la presse, on appliqué un coefficient de 1.5 pour l'effort de presse.

$$\begin{aligned} F_{totale} &= 3665,285 \times 1,5 = 5498 \text{ daN} \\ &= 54\,980 \text{ N} \\ &\text{Soit } 5.5 \text{ tonnes} \end{aligned}$$

3.8. Choix des éléments élastiques

Il existe plusieurs types d'éléments élastiques :

- Ressort hélicoïdaux
- Ressort élastomère

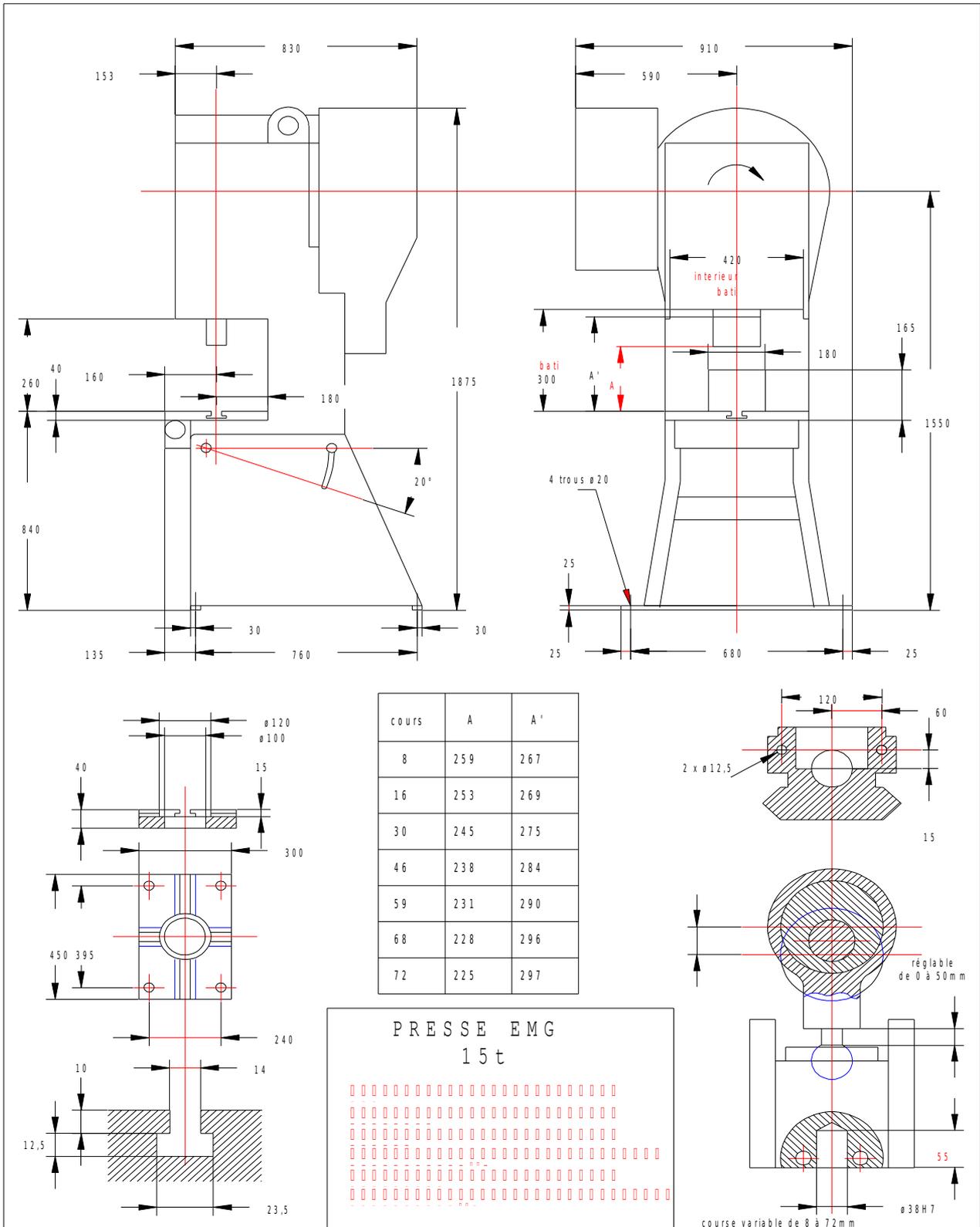
4. Outillages

4.1. Presse

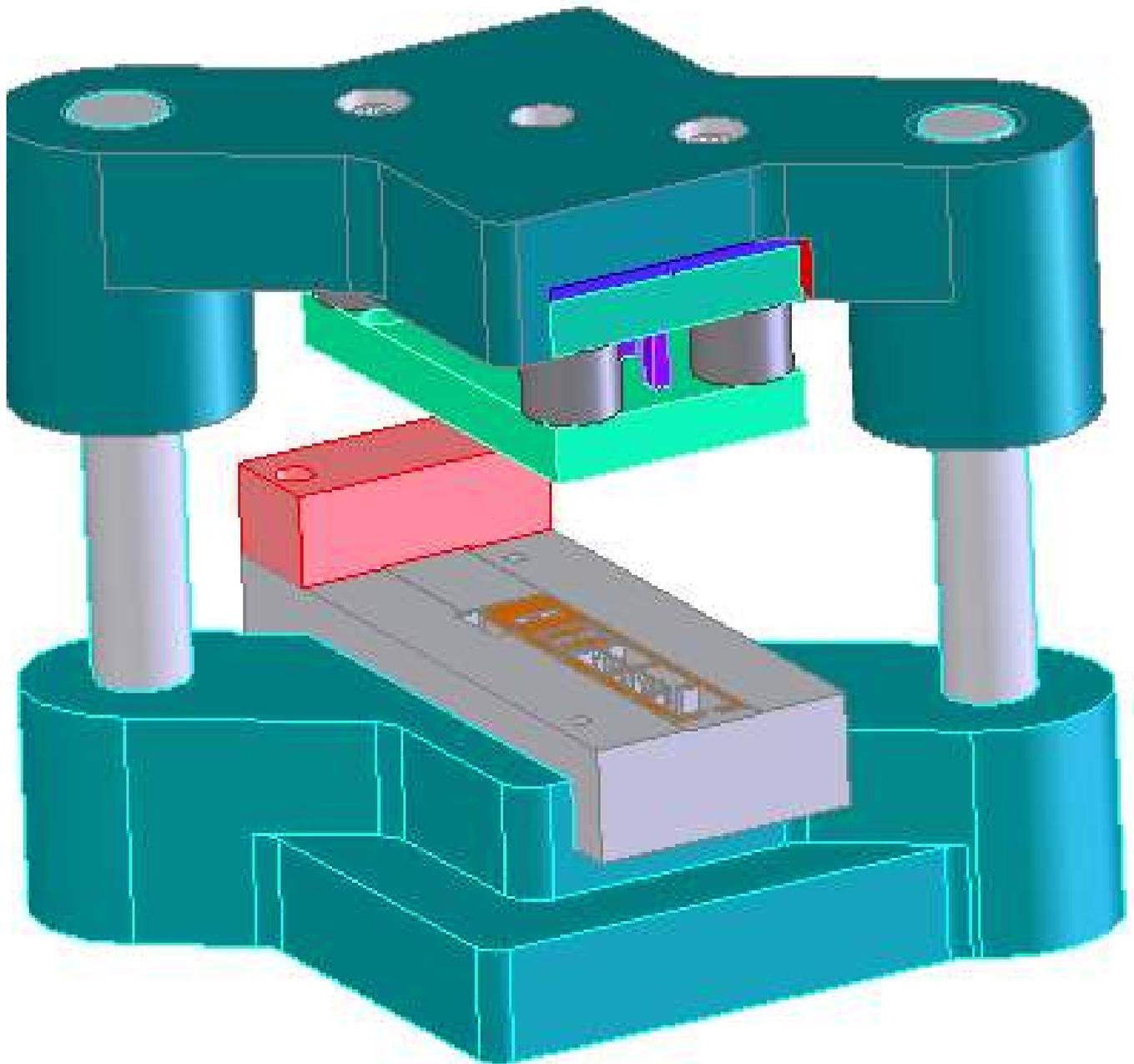
A circular inset image showing a blue and red industrial press machine. The machine has a control panel on the left with several buttons and a red emergency stop button. The main body is white with a red vertical stripe and the EMG logo. The text 'Presse à découper' and 'EMG 15 T' is overlaid in large, bold, yellow letters with a 3D effect.

**Presse
à
découper
EMG 15 T**

4.2. Caractéristiques



4.3. Assemblage numérique



4.4. Différents outillages

Ces outils ont tous été usiné dans des blocs d'acier C60 car ils doivent pouvoir résister à de grosses compressions et aux flambages dus aux efforts de découpage et de dévêtissage.

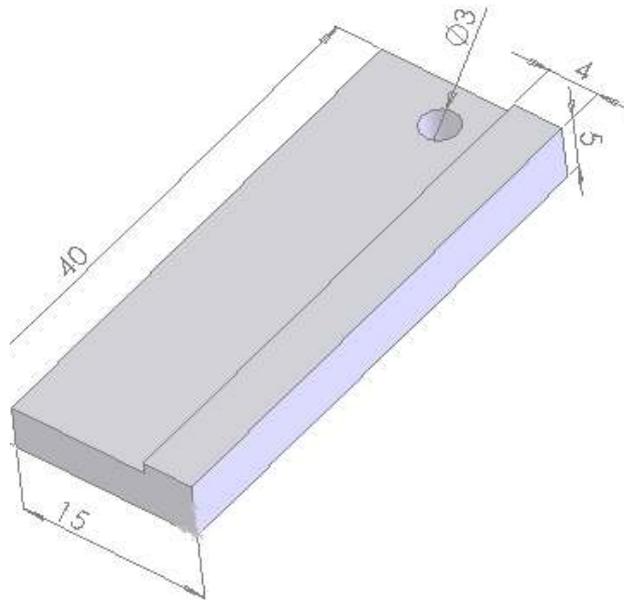
La machine utilisée est l'électroérosion à fil (Charmilles).

Les dessins ont été créés manuellement sur l'ordinateur de la machine, celle-ci a ensuite générer les programmes automatiquement.

Exemple de programme (poinçon n°2)

```
% (MEM:P3.ISO)
G92X-1000Y2000H40000      → G92 : données d'origine
G38D0                     → G38 : Prise en compte d'un décalage
G42                        → G42 : Décalage sur la droite
G01X0Y2000                → G01 : déplacement interpolaire
                           linéaire
G28                        → G28 : Angles constants
G01X0Y0D0
G01X1000Y0
G01X1000Y4460
G01X12000Y4460           → exemple : Déplacement 12mm axe X
                           Déplacement 4.46 axe Y
G01X12000Y0
G01X13000Y0
G01X13000Y5460
G01X0Y5460
G29                        → G29 : Angles vifs
G01X0Y2000
G40                        → G40 : Annulation du décalage
G01X-1000Y2000
M02                       → M02 : Fin du programme
```

Couteau



Cette pièce appelée couteau découpe la bande et permet à la bande d'avancer à chaque fois d'un pas, c'est d'ailleurs celle-ci qui détermine le pas.

Le couteau doit découper à cheval sur la bande pour être sûr qu'il y ait bien une différence de largeur de bande.

Procédé de fabrication :

Machine électroérosion à fil pour le détournage (charmilles)

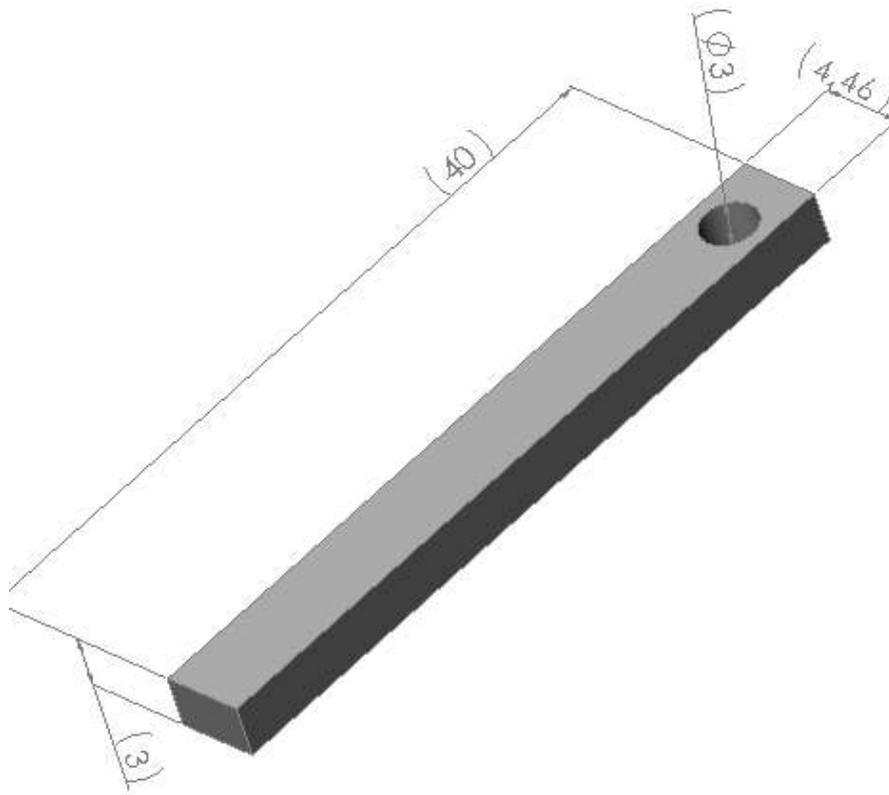
Fraiseuse Commande Numérique pour le perçage

Découpé dans un bloc d'acier (C60) de 40mm de hauteur

Temps de programmation : 10 min

Temps d'usinage : 1h15

Poinçons 1



Celui-ci a été fabriqué deux fois car ce poinçon est présent deux fois dans le premier poste

Procédé de fabrication :

Machine électroérosion à fil pour le détourage (charmillles)

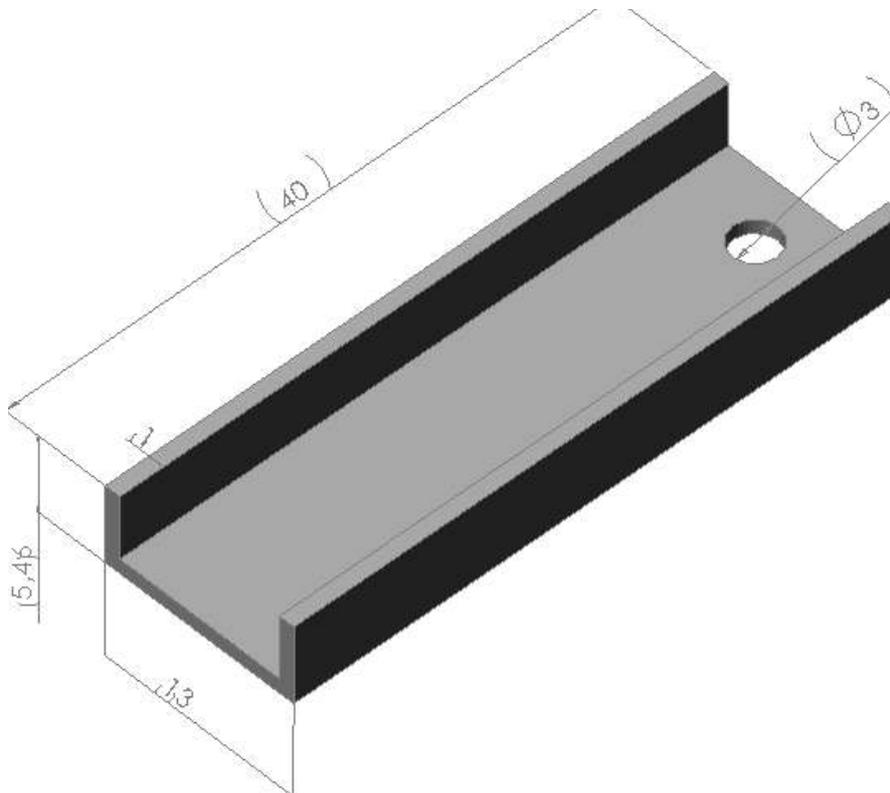
Fraiseuse Commande Numérique pour le perçage

Découpé dans un bloc d'acier (C60) de 40mm de hauteur

Temps de programmation : 10 min

Temps d'usinage : 45min

Poinçons 2



Ce poinçon de découpage a également été réalisé deux fois pour le second poste permettant un détournage quasi-totale de la pièce à fabriquer

Procédé de fabrication :

Machine électroérosion à fil pour le détournage (charmilles)

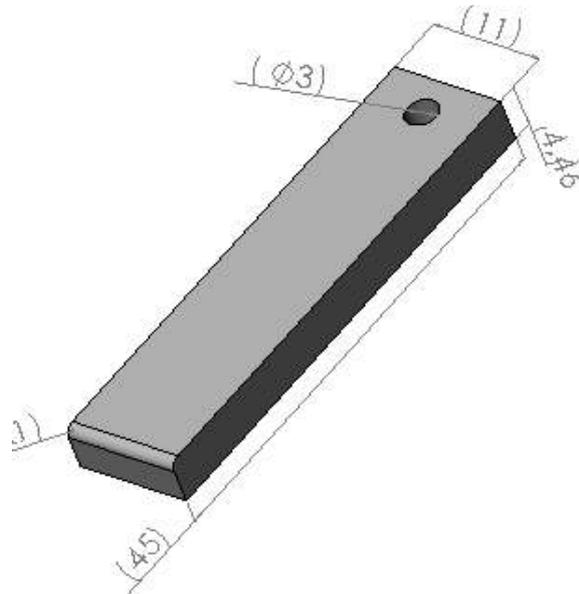
Fraiseuse Commande Numérique pour le perçage

Découpé dans un bloc d'acier (C60) de 40mm de hauteur

Temps de programmation : 15 min

Temps d'usinage : 1h30

Poinçon de cambrage



Ce poinçon, contrairement aux autres, est un poinçon de cambrage. Celui-ci est lui aussi fabriquer deux fois pour effectuer un double cambrage au même poste. Cet outil a deux particularités : il a été réalisé dans un bloc de 45mm de hauteur et il possède un congé de 1mm de rayon afin d'éviter d'abîmer la pièce à fabriquer

Procédé de fabrication :

Machine électroérosion à fil pour le détournage (charmilles)

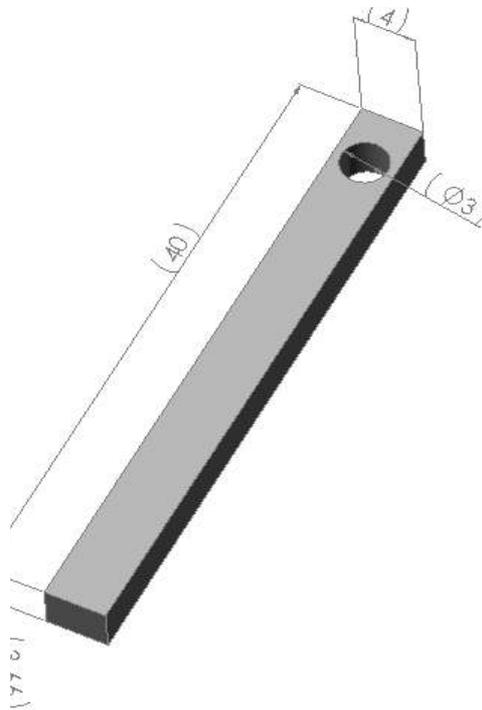
Fraiseuse Commande Numérique pour le perçage et congé

Découpé dans un bloc d'acier (C60) de 45mm de hauteur

Temps de programmation : 15 min

Temps d'usinage : 1h30

Poinçons 3



Ce poinçon va permettre de détacher la pièce de la bande au dernier poste.

Procédé de fabrication :

Machine électroérosion à fil pour le détourage (charmilles)

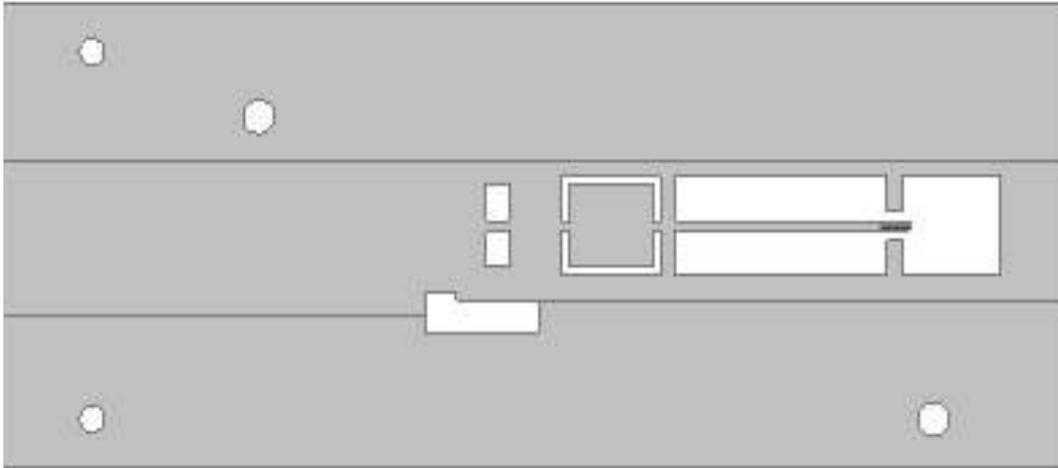
Fraiseuse Commande Numérique pour le perçage

Découpé dans un bloc d'acier (C60) de 40mm de hauteur

Temps de programmation : 15 min

Temps d'usinage : 45min

Matrice



La matrice est une des pièces des plus importantes de l'outillage, elle permet de guider la bande, de la soutenir pendant les différentes opérations de découpage et cambrage.

Procédé de fabrication :

Machine électroérosion à fil (charmillles)

Tronçonné dans une barre d'acier C60 tiré à la filière

Fraiseuse traditionnelle pour la rainure et mise aux cotes matrice

Fraiseuse à commande numérique pour les pointages et perçages

Perceuse sensitive pour les petits perçages

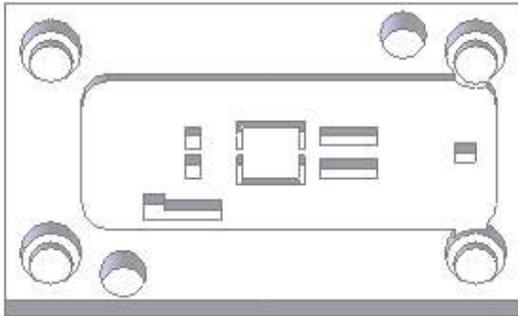
Temps de programmation : 1h30

Temps d'usinage : 4 heures

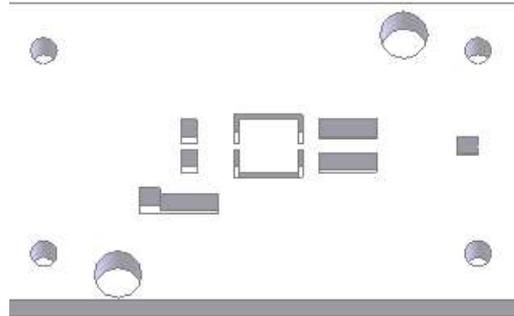
Plaque dévêtitseur et porte poinçon

Ces deux plaques ont été fixées entres elles à l'aide de goupille et vis afin d'effectuer les différents perçages et l'usinage à l'électro érosion à fil. L'avantage d'usiner ces plaques en même temps est la précision, en effet l'outil sera assuré de s'assembler. Ce sont les mêmes programmes pour l'usinage des poinçons.

Plaque porte poinçon



Plaque dévêtitseur



Procédé de fabrication :

Machine électroérosion à fil (charmillles)

Fraiseuse Commande Numérique pour les perçages et lamage (pour porte poinçon)

Tronçonné dans une barre d'acier C60 tiré à la filière

Fraiseuse traditionnelle mise aux cotes

Temps de programmation : 30min

Temps d'usinage : 3h

5. Étude des coûts

Largeur de bande : 19mm

Pas : 15mm

Épaisseur pièce : 0.3mm

Nombre de pièce a produire : 100 000

Pour produire 100 000 pièces, il nous faudra une longueur de bande de :

$$15 \times 100\ 000 = 1\ 500\ 000\ \text{mm}$$

Soit 1500m

Il nous faudra donc une bobine de 1500m de longueur, de 19mm de largeur et de 0.3mm d'épaisseur.

Masse de la bobine de matière

$$M = V \times D$$

M : Masse de la bobine de

V : Volume de la bobine

D : Densité de la matière (CuBe2 : 8.25 g/cm³)

$$\begin{aligned} V &= \text{Longueur} \times \text{Largeur} \times \text{épaisseurs} \\ &= 1\ 500\ 000 \times 19 \times 0.3 \\ &= 8\ 550\ 000\ \text{mm}^3 \text{ soit } 8\ 550\ \text{cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= 8\ 550 \times 8.25 \\ M &= 70\ 735,5\ \text{g} \text{ soit } M = 70,735\ \text{kg} \end{aligned}$$

La masse de la bobine est de **70,735kg**

Coûts de la bobine

- Cm : Coûts de la bobine de matière
- M : Masse de la bobine
- P : Prix de la matière (4€/kg)

$$\begin{aligned} C_m &= M \times P \\ C_m &= 70,735 \times 4 \end{aligned}$$

$$C_m = 282,94\text{€}$$

5.1. Coûts de conception

J'ai passé environ 20 heures à concevoir cet outillage

$$T=40$$

Coûts conception : 15€/h

$$C=15$$

Prix de conception = $T \times C$

$$P= T \times C$$

$$P= 40 \times 15$$

$$P=600\text{€}$$

Le prix de la conception est d'environ **600€**

5.2. Coûts de fabrication

6 heures de perçage	: 23€/h : 23x6=720€
4heures de fraisage traditionnel	: 23€/h : 23x4=92€
6heures de fraisage a commande numérique	: 38€/h : 38x6=228€
12heures d'électroérosion à fil	: 45€/h : 45x12=1580€

Coûts totale : 720+92+228+540=1580€

Le coût de fabrication est donc de **1580€**

5.3. Coûts de l'outillage

Carcasse complète	: 250€
Nez de broche	: 3€
Elastomère x 4 (1.41€)	:5.64€
Matrice+dévêtisseur+porte poinçon+plaque de choc (75€x4)	:300€
Vis CHC épaulée (M6x30) 1.70€x4	:6.80€
Vis CHC (M5x22) 1.50€x2	:3€
Vis CHC (M4x30) 1.50€x2	:3€
Vis tête bombée (M5x45) 1.50€x2	:3€
Goupille montage (4H7x20) 1.50€x2	:3€
Bloc matière pour poinçons	: 15€

Coût total : 250 + 300 + 6.80 + 5.64 + (5x3) + 15= 592.44€

Le coût total de l'outillage est **592.44€**

5.4. Coût d'utilisation machine

La machine utilisée est une presse à découper EMG 15T

Coût horaire : 25€ H.T. / h

Temps découpage et cambrage : 1 seconde

- Cu : Coût d'utilisation machine
- Ch : Coût horaire machine
- T : Temps de découpage cambrage pour une pièce (en secondes)

$$\begin{aligned}Cu &= Ch \times T \\Cu &= 25 \times (100\,000/3600) \\Cu &= 694\text{€}\end{aligned}$$

Le coût machine pour la série est donc de **694€**

5.5. Coûts de revient d'une pièce

$$\begin{aligned}Crp &= (Co + Cf + Cc + Cm + Cu + N) / N \\Crp &= (592,44 + 1580 + 600 + 282,94 + 694) / 100\,000 \\Crp &= 0.04\text{€}\end{aligned}$$

Crp: Coût de revient de la pièce

Co : Coût de l'outillage

Cf : Coût de fabrication

Cc : Coût de conception

Cm : Coût de la matière

Cu : Coût utilisation de la presse

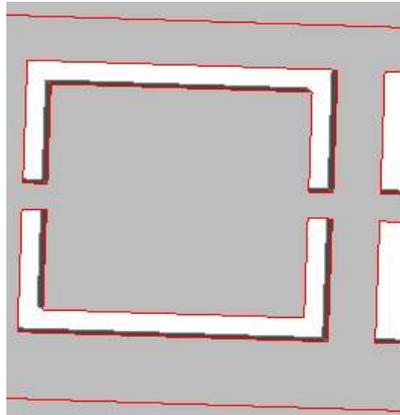
N : Nombre de pièce à produire

La série de 100 000 pièces coûtera donc **3749€**

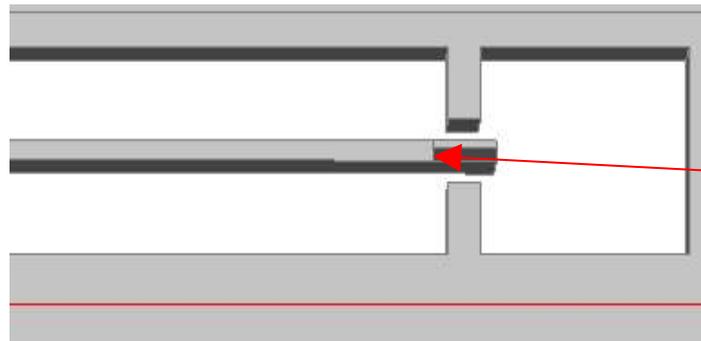
Une pièce coûtera 0.04€ soit **4 cents d'euros**.

6. Critiques de conception d'outillages

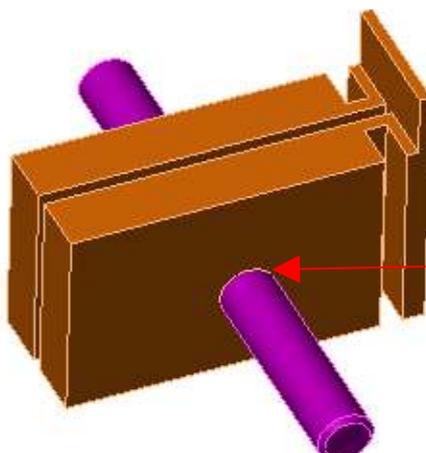
Quand on conçoit sur ordinateur, on se rend difficilement compte des dimensions des pièces. Le poste de détournage en forme de U est d'une largeur de 1mm ce qui implique de percer précisément à un diamètre inférieur à 1mm. Cette erreur de conception m'a ralenti dans la fabrication.

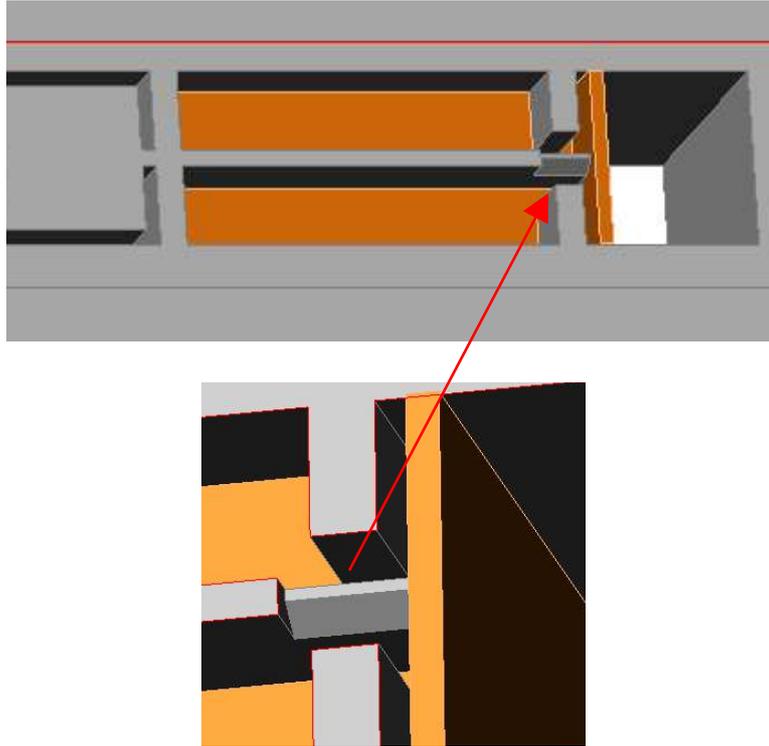


J'ai également commis une erreur dans la conception du dernier poste de la matrice, la lamelle de 1.22mm d'épaisseur aura tendance à se vriller lors du fonctionnement de l'outillage.



J'ai donc usiné un bloc de la même forme afin de boucher la matrice. Ce bloc de renfort sera réduit en hauteur afin de pouvoir découper au dernier poste.





J'ai aussi perdu du temps et de la précision car j'ai usiné la matrice, les plaques portes poinçon et dévêtitseur séparément, mais l'outil pourra tout de même se monter : une fois la matrice fixée et les poinçons guidés dans la matrice et les deux plaques, je pourrais contre percer la plaque porte poinçons afin de la fixer.

6.1. Critiques de conception de la pièce

L'erreur de conception de la matrice est du à une erreur de conception de bande, j'aurai dû éviter les formes plus petite de 1 mm car par la suite il faudra percer la matrice pour passer le fil.