

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Fabrication Mécanique et Productique

Par :

GAHRIR Walid

ARRACHE Riadh

Thème

Etude et conception d'un outil de crevage

Soutenu le 22/06/2023 devant le jury composé de :

Mr. BENSAID

Président

Mr. BOUTAANI Med Said

Rapporteur

Mr. ADJOUADI

Examineur

Année Universitaire 2022-2023

Remerciements

Nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à terme le présent travail.

Nous tenons à remercier notre encadreur Monsieur BOUTAANI Mouhand Said pour son soutien, ses conseils judicieux et leur grande bienveillance durant l'élaboration de ce travail.

A tous les enseignants du département de génie mécanique de l'université Abderrahmane Mira de Bejaia.

Un mémoire et le fruit de plusieurs années d'études et nous n'aurions oublier dans nos dédicaces l'ensemble de nos professeurs et maitres qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail.

Merci à nos familles et tous nos amis(es) étudiants de Targa Ouzemour.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mes chers parents et mes frères et mes sœurs.

A ma famille

A mon binôme et toute sa famille

A toute mes amis

A toute la promotion 2022/2023

RIADH

Dis-je déjà un jour que t'es le meilleur des pères ?

Oui j'ai vu des pères qui ont tous donné pour leurs enfants mais jamais un père qui a rien pris pour lui et qui a tout assuré pour ses enfants. J'étais forte jusqu'à ici. Gratitude mon père, aujourd'hui je te promets de me lever encore une fois....assurance.

Walid

Sommaire

Remerciements	i
Dédicaces	ii
Sommaire	iii
Liste des figures	vi
Liste des tableaux	viii
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Transformation de la tôle et Procédés de mise en forme des pièces mécaniques	
I.1 Introduction	2
I.2 Obtention de la tôle	2
I.2.1 Définition	2
I.2.2 Suivant leur épaisseur.....	2
I.2.3 Suivant leur finition.....	2
I.3 Laminage	3
I.3.1 Définition	3
I.3.2 Laminoir	3
I.3.3 Laminage à chaud.....	4
I.3.4 Laminage à froid	5
I.4 Procédés de mise en forme des pièces mécaniques.....	5
I.4.1 Découpage.....	5

a.	Définition	5
b.	Principe du découpage des tôles minces	6
c.	Quelquestypesdedécoupage.....	6
I.5	Poinçonnage	9
I.5.1	Définition	9
I.5.2	Principe.....	9
I.5.3	Avantages et inconvénients du poinçonnage	10
a.	Avantages	10
b.	Inconvénients	10
I.5.4	Effort de poinçonnage	11
I.5.5	Effort d'extraction	11
I.5.6	Contrainte sur les poinçons	11
I.5.7	Jeu de découpage.....	12
I.6	Emboutissage	12
I.6.1	Définition	12
I.6.2	Outillage de procédé d'emboutissage	12
I.6.3	Principe de l'emboutissage.....	13
I.6.4	Types d'emboutissage	14
a.	Emboutissage à chaud se pratique.....	14
b.	Emboutissage à froid.....	14
c.	Emboutissage sans serre flan (simple effet).....	14
d.	Emboutissage avec serre flan (double effets) :.....	15
e.	Emboutissage triple effets	15
I.6.5	Différentesutilisationsdel'emboutissage	15
I.6.6	Effortd'emboutissage	15
I.7	Pliage.....	16
I.7.1	Définition et principe	16
I.7.2	Modes de pliage sur presse.....	16
a.	Pliage en V	16
b.	Pliage en U	17
c.	Pliage en L.....	17
I.8	Conclusion.....	18

Chapitre II :Généralités sur les différents composants de l'outil de poinçonnage

II.1	Introduction	18
II.2	Définition d'une presse	18
II.3	Différent type de presse.....	18
II.3.1	Selon le mode de transmission d'énergie.....	19

a.	Presses mécaniques	19
b.	Presses hydrauliques	19
c.	Comparaison entre presse mécanique et hydraulique	20
II.3.2	Selon la forme de bâti.....	21
a.	Presses à col de cygne	21
b.	Presses à arcade	21
c.	Presse à montant droit	22
d.	Presses à colonnes	22
e.	Presses à table mobile et bigorne	23
II.3.3	Selon le nombre de coulisseaux	23
a.	Presse mécanique à coulisseau simple effet	24
b.	Presse mécanique à coulisseaux double effet.....	24
c.	Presse mécanique à coulisseaux triple effet	24
II.4	Critères de choix d'une presse mécanique	25
II.5	Alimentation des presses	25
II.6	Sécurité sur les presses	26
II.7	Types d'outil de presses	26
II.7.1	Outil à découper	26
a.	Outil découvert.....	26
b.	Outil de détourage	27
II.7.2	Outils d'emboutissage	27
a.	Outil à suivre	27
b.	Outil avec système transfert intégré	28
c.	Outil suisse et outil de découpage fin.....	28
d.	Outil de reprise	30
e.	Outil avec système transfert sur presse	30
f.	Outil avec poste à came.....	31
II.8	Conclusion.....	32

Chapitre III : Etude et conception d'un outil de découpage

III.1	Introduction	33
III.2	Caractéristique des matériaux choisis	33
III.3	Analyse et Calcul des efforts.....	34
III.3.1	Calcul de l'effort de découpage	34
III.3.2	Calcul de l'effort d'emboutissage	35
III.3.3	Calcul de l'effort total	36
III.3.4	Calcul de l'effort d'extraction	37
III.3.5	Calcul de l'effort total que doit fournir la presse	37
III.4	Choix de la presse à utiliser.....	37
III.5	Calcul des poinçons au flambement.....	38

III.6	Calcul des poinçons à la compression.....	39
III.7	Calcul de jeu entre poinçon et matrice	40
III.8	Détail de l’outil.....	40
III.9	Conclusion.....	45
Conclusion générale		46

Références bibliographiques

Liste des figures

Figure I.1:(a) bobine de tôle (b) bobinage de tôle.....	3
Figure I.2:Schéma de laminage.	3
Figure I.3: Principe de fonctionnement des cylindres de laminoir.	4
Figure I.4: Laminage de la tôle à chaud.	5
Figure I.5:Laminage de la tôle à froid.....	5
Figure I.6: Schématisation du principe du découpage mécanique des tôles.	6
Figure I.7: Représentation schématique du cisailage.....	7
Figure I.8: Détourage.	7
Figure I.9: Ajourage	8
Figure I.10: Crevage.....	8
Figure I.11: Encochage.	9
Figure I.12: Pièce poinçonnée.....	10
Figure I.13: Jeu entre le poinçon et la matrice.	12
Figure I.14: Outil d’emboutissage.....	13
Figure I.15: Outils d’emboutissage sans serre-flan.....	15
Figure I.16: Contre-vie et vé en pliage.....	17
Figure I.17: Pliage par cambrage en U.....	17
Figure II.1 : (a) presse excentriques (b) presse à vis.....	19
Figure II.2: Presse hydraulique industriel – global vacuum presse.....	20
Figure II.3: Presse à col de cygne.	22
Figure II.4: Presse à arcade.....	22

Figure II.5: Presse à montant droit.....	22
Figure II.6: Presse à colonne.....	23
Figure II.7: Presse à table mobile et bigorne.....	23
Figure II.8: Presse mécanique à simple effet.....	24
Figure II.9: Presse mécanique à double effet.....	24
Figure II.10: Presse mécanique à triple effet.....	25
Figure II.11: Outil découvert.....	27
Figure II.12: Outils de détournage normal.....	27
Figure II.13: Outils à suivre.....	28
Figure II.14: Outil avec système transfert intégré.....	28
Figure II.15: Schéma de principe d'un outil suisse.....	29
Figure II.16: Principe d'un outil de découpage fin.....	29
Figure II.17: Exemple de manutention des pièces sur outil de reprise.....	30
Figure II.18: Outil avec système transfert sur presse.....	31
Figure II.19: Outil avec post à came.....	32
Figure III.1: Semelle supérieure.....	41
Figure III.2: Poinçons.....	41
Figure III.3: Semelle inférieure.....	42
Figure III.4: Colonnes de guidage.....	42
Figure III.5: Port outil.....	43
Figure III.6: Matrice.....	43
Figure III.7: Guide de tole.....	44
Figure III.8: Serre-flan.....	44
Figure III.9: Nez de fixation.....	45

Liste des tableaux

Tableau I.1: Types des formules d'emboutissage.	16
Tableau II.3: Avantages et les inconvénients pour les deux types de presses.	21
Tableau III.1: Matière utilisée pour les pièces de l'outil.....	33
Tableau III.2: Résistance à la rupture et au cisaillement des aciers laminés.....	35
Tableau III.3: Valeurs de k en fonction de d/D.....	35
Tableau III.4: Résistance mécanique des matériaux.	36
Tableau III.5: Caractéristiques de la presse utilisée.	38
Tableau III.6: Valeurs de la longueur de flambage l en fonction de la longueur réelle L.....	39

Introduction générale

Dans les industries mécaniques, la mise en forme des tôles par déformation est largement utilisée pour réaliser divers composants (emboutissage de carter, de portières, de capots et autres éléments de carrosserie) ... etc. Ce procédé a une importance considérable dans de nombreuses industries telles que la construction mécanique, l'automobile ou l'aéronautique.

L'industrie

Sidérurgique développe actuellement de nouvelles tôles à partir de matériaux combinant à la fois résistance et large aptitude à la mise en forme (formabilité). Cette branche d'activité occupe une place importante dans cette industrie.

Des développements considérables ont été également réalisés ces dernières années pour l'amélioration des procédés de mise en forme de ces tôles.

Les procédés de mise en forme des tôles sont des opérations réalisées dans le but d'obtenir des formes finales désirées dans les applications industrielles et la mise en forme par découpage dans une tôle. Cette opération est particulière, parce qu'elle nécessite une analyse fine où le comportement du matériau voit une dégradation continue de ces propriétés élastiques et plastiques, pour déboucher à la fin du processus sur la rupture totale de la partie découpée.

Le déchirement prématuré de la tôle lors de la mise en forme (emboutissage, pliage et le découpage) est l'un des grands problèmes posés actuellement au niveau de l'industrie mécanique. Les scientifiques et les industriels cherchent donc toujours les meilleures conditions pour lesquelles l'aptitude à la déformation peut aller à son tour au maximum afin de minimiser les rebuts. C'est ainsi que l'opération d'emboutissage entre dans cette catégorie.

L'opération de découpage des métaux peut être considérée comme une opération de mise en forme particulière dans la mesure où le but final est l'obtention d'une pièce où la forme finale de la pièce est donnée par celles du poinçon et de la matrice.

L'emboutissage, et plus généralement, tous les procédés d'obtention de pièces manufacturées par déformation des matériaux métalliques sont des procédés largement utilisés en fabrication mécanique et qui progressent technologiquement sans cesse pour s'accaparer des nouveaux marchés.

**Chapitre I : Transformation
de la tôle et Procédés de mise
en forme des pièces
mécaniques**

Transformation de la tôle et Procédés de mise en forme des pièces mécaniques

I.1 Introduction

La transformation de la tôle est un processus clé dans la fabrication des pièces mécanique. Elle consiste à prendre une feuille de métal, généralement en acier, aluminium ou inox, et à la façonner selon les besoins spécifiques de la pièce finale. Ce procédé de mise en forme permet de créer une grande variété de pièces utilisées dans de nombreux secteurs industriels, tels que l'automobile, l'aéronautique, l'électroménager et bien d'autres.

I.2 Obtention de la tôle

I.2.1 Définition

La tôle est un produit plat extrait d'une brame par laminage à chaud, c'est-à-dire que la tôle d'acier issue de la coulée est chauffée à 800 à 1200°C et broyée à travers un canal continu entre deux rouleaux jusqu'à l'épaisseur souhaitée. Elles sont conditionnées en rouleaux, couper des bandes ou des feuilles. Les dimensions varient selon l'acier (nuance et type), l'épaisseur et le revêtement appliqué.

I.2.2 Suivant leur épaisseur

- Les tôles fines (<3mm).
- Les tôles fortes (>3mm).

I.2.3 Suivant leur finition

- La tôle noire dont les faces ont un fini brut, sans revêtement.
- La tôle galvanisée, pour sa part, elle est dotée d'un revêtement anticorrosion au niveau de ses deux faces.
- La tôle pré laquée qui présente une surface anticorrosion comme chez la galvanisée, en-dessus de



Figure I.1 : (a) bobine de tôle (b) bobinage de tôle.

I.3 Laminage

I.3.1 Définition

Le laminage est un processus de déformation plastique obtenu par des cylindres lisses ou rainurés, contrarotatifs (tournant dans des sens opposés l'un à l'autre) appelés «laminoir» - le mouvement de rotation produit engendre un effet de compression diminuant continuellement l'épaisseur initiale du matériau.

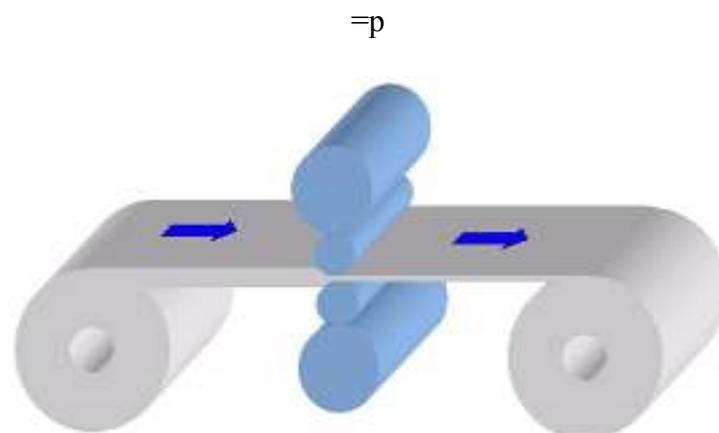


Figure I.2 : Schéma de laminage.

I.3.2 Laminoir

C'est un outil industriel, généralement utilisé pour les pièces métalliques minces. L'instrument étale, aplatit et coupe également les pâtes jusqu'à obtenir la forme et l'épaisseur souhaitées.

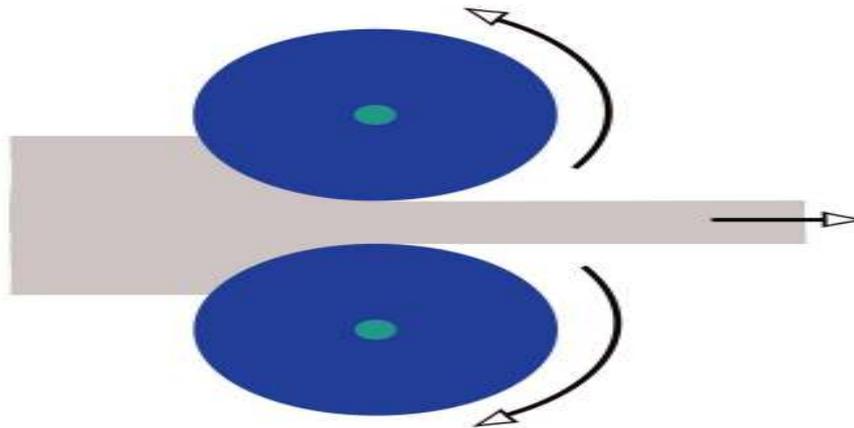


Figure I.3 :Principe de fonctionnement des cylindres de laminoir.

I.3.3 Laminage à chaud

Le laminage à chaud est un processus de fabrication de produits plats en métal tels que des plaques, des feuilles, des bandes ou des profilés, en utilisant la chaleur pour ramollir le matériau brut et le faire passer à travers des rouleaux qui le pressent et le façonnent en une forme désirée.

La tôle laminée à chaud est une tôle qui a subi le processus de formage à haute température (généralement entre 800 et 1200°C) avec les tôles fortes si l'épaisseur



es
t
su
pé
rie
ur
e
à
3
m
m
et
le
s

tôles minces si l'épaisseur est inférieure à 3mm.

Figure I.4 :Laminage de la tôle à chaud.

I.3.4 Laminage à froid

Le laminage à froid peut être utilisé pour améliorer les propriétés physique et mécanique du métal en le rendent plus dur, plus résistant à la corrosion et plus résistant à l'usure. Il peut également être utilisé pour produire des finitions de surface plus lisses et plus uniformes. Il transforme un produit laminé à chaud en bobine de métal de fin épaisseur (moins 3 mm).



Figure I.5 :Laminage de la tôle à froid.

I.4 Procédés de mise en forme des pièces mécaniques

I.4.1 Découpage

a. Définition

Le découpage mécanique fait partie des procédés de transformation à froid des métaux. Ce type de procédé est de loin le plus pratiqué dans le domaine industriel. Il est

effectué sur presse, et intervient notamment pour une large part dans la fabrication des composants dédiés à l'industrie électronique. Parmi tous les procédés industriels de mise en forme, le découpage de tôles est une opération particulière car contrairement à l'emboutissage et au pliage par exemple qui ont pour but de déformer plastiquement la matière des tôles, le découpage sollicite celle-ci jusqu'à la rupture finale.

b. Principe du découpage des tôles minces

Le découpage consiste à obtenir des pièces par cisailage de tôles. Plus particulièrement il consiste à séparer en deux parties une tôle ou une bande de matière généralement suivant un profil fermé. L'organe principal du procédé est un outil constitué de deux éléments (**Figure I.6**):

- **Matrice** : correspondant à la forme de la découpe souhaitée ;
- **Poinçon** : c'est une forme complémentaire, généralement animé d'un mouvement de translation.

Deux autres éléments principaux entrent en jeu lors du découpage (*figure I.1*):

- **Tôle** ou **bande** de matière à découper ;
- **Revêtisseur** ou **serre flan** : pour fonctions le maintien de la bande au cours du découpage ;

Le guidage précis des poinçons par rapport aux matrices et le dévêtissage des poinçons de la matière découpée.

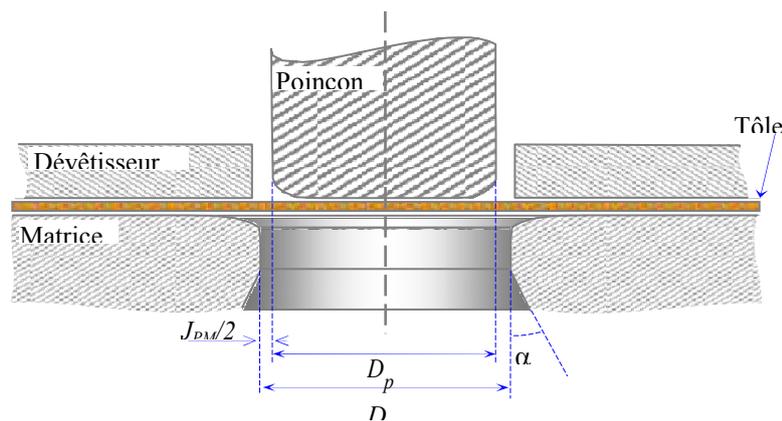


Figure I.6: Schématisation du principe du découpage mécanique des tôles.

c. Quelques types de découpage

Il existe de nombreuses techniques de découpage. Elles sont choisies en fonction de la nature et de la dimension des matériaux à travailler.

- **Cisailage**

Le cisaillement du métal se réalise avec un outil de coupe constitué de deux lames à arêtes vives qui glissent l'une contre l'autre en exerçant deux efforts F et F' .

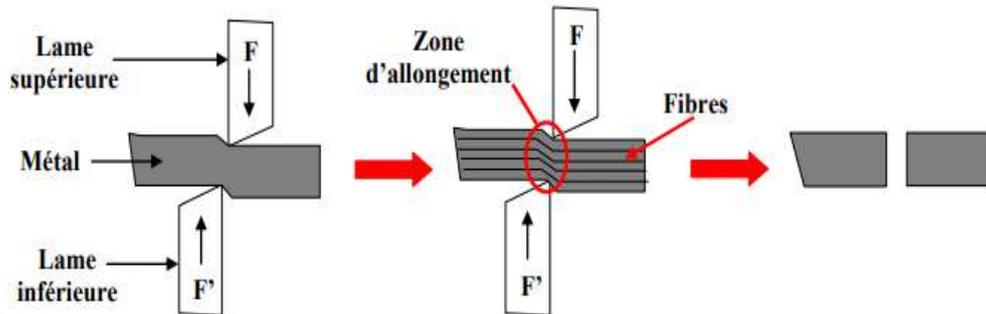


Figure I.7: Représentation schématique du cisailage.

- **Détourage**

Le détourage est une opération principalement réalisée sur les pièces composites pour lesquelles certains procédés de fabrication nécessitent une remise à la côte.



Figure I.8 : Détourage.

- **Ajourage**

L'ajourage est une technique de découpage qui consiste à réaliser des trous de grand diamètre et des formes dans la bande ou dans un flan avant d'engager d'autres opérations de pliage ou d'emboutissage.

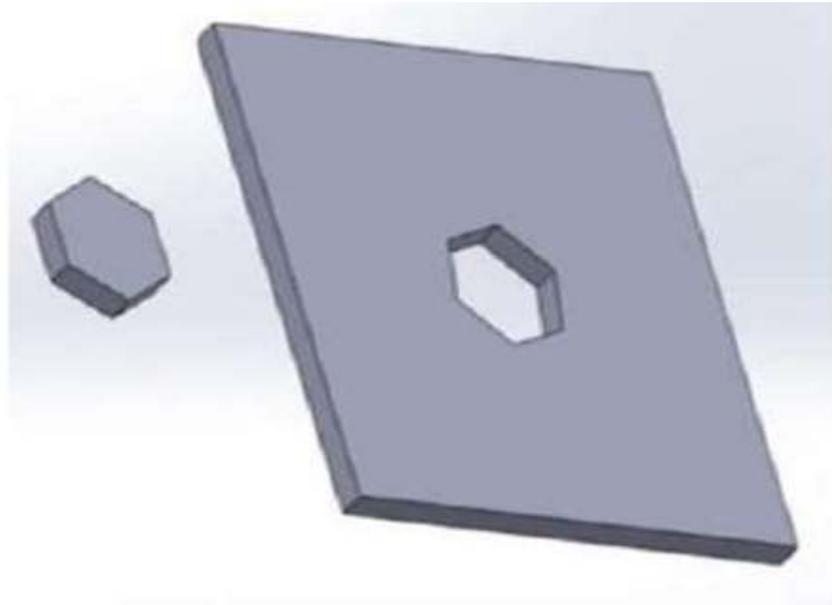


Figure I.9 :Ajourage

- **Crevage**

C'est un découpage partiel, suivant une ligne non fermée sans enlèvement de matière, Généralement il est fait sur des tôles épaisses.

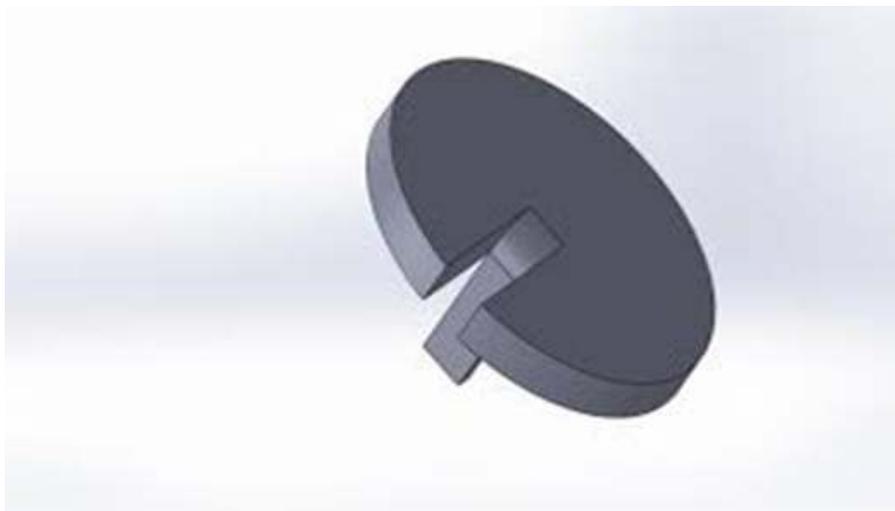


Figure I.10 :Crevage.

- **Encochage**

C'est le découpage d'un trou débouchant à l'extérieur de la pièce considérée.



Figure I.11 :Encochage.

I.5 Poinçonnage

I.5.1 Définition

Le poinçonnage est un procédé par cisailage des tôles. La tôle est coincée entre un poinçon et une matrice. La descente du poinçon dans la matrice découpe le matériau comme le ferait une paire de ciseaux. En principe il n'y a pas de limite au poinçonnage, seule la puissance de la machine limite l'épaisseur des matériaux à découper en fonction des caractéristiques mécaniques du Matériau. Ce procédé permet d'obtenir de grandes précisions de découpe.[7]

I.5.2 Principe

On considère que le poinçonnage est un cisailage de forme fermée, donc par conséquence comme pour le cisailage, c'est un glissement de métal dans un plan transversal entre deux barres, sans que celles-ci se déforment et ne cessent d'être parallèle, le débouchage du trou est exécuté à l'aide d'un poinçon et d'une matrice, deux outils comparables aux lames de cisaille. Le poinçonnage se fait à plusieurs étapes :

- **Impact** : provoque un gonflement dans la surface de la pièce. (Figure A)
- **Pénétration** : Fibres superficielles coupées et Fibres internes en extension. (Figure)
- **Découpage** : Forte contrainte de compression, dépassement de la limite élastique donne naissance à des fissures de la tôle entre le poinçon et la matrice. (Figure C)
- **Séparation** : Rupture par extension des fibres. (Figure D)
- **Fin de course** : L'enfoncement du déboucheur et du poinçon dans la matrice, le déboucheur s'enfonce vers le cœur de la pièce puis se retire lentement. (Figure E)

- **Retrait** : En fin de course, le poinçon recule en surmontant la friction qui est due au serrage de la pièce qui l'entrouvre (déboucheur) (Figure F)

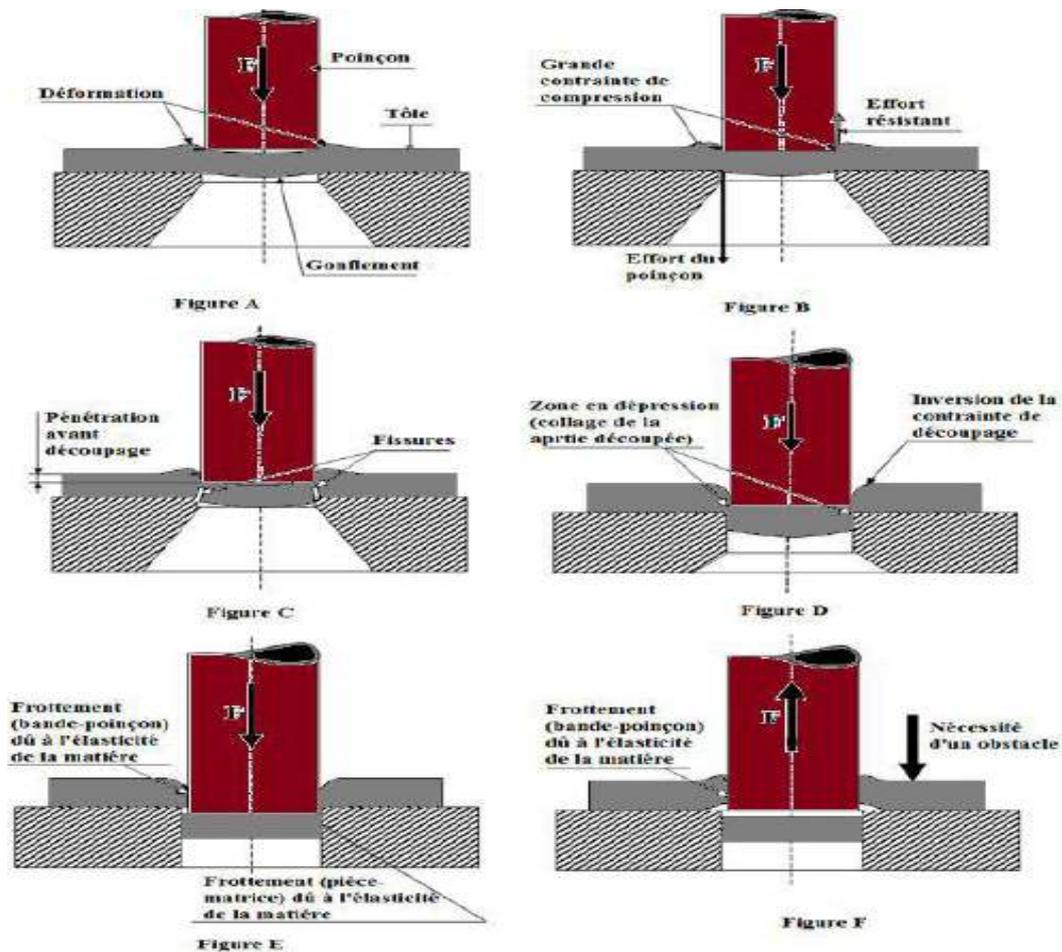


Figure I.12: Pièce poinçonnée.

I.5.3 Avantages et inconvénients du poinçonnage

Comme tous les procédés de mise en forme le poinçonnage présente aussi des avantages et des inconvénients.

a. Avantages

Par rapport au perçage, le poinçonnage est extrêmement économique (gain de temps, usure moindre des outils, affutage peu fréquent) et donne la possibilité d'utiliser toute sortes de formes pour les trous. Et par rapport au découpage à la presse, le poinçonnage sur commande numérique permet de changer de série en minimisant les couts d'outillages, de découper de grands formats, et d'utiliser des outils simples

b. Inconvénients

L'inconvénient que présente ce procédé c'est qu'il est Limité dans les épaisseurs a Poinçonner et Section minimale du poinçon limitée.

I.5.4 Effort de poinçonnage

L'effort de poinçonnage égal au produit du périmètre **P** de la pièce par son épaisseur **e** et par la résistance **R_C** à la rupture au cisaillement du métal à découpe. [8]

$$F = P \cdot e \cdot R_C \cdot K$$

Avec :

P : le périmètre de la surface a découpé en [mm].

e: épaisseur de la tôle en [mm].

R_C: Résistance au cisaillement de la tôle a découpé [daN/mm²].

F : Effort de poinçonnage en [N].

K : coefficient d'ajustement de la formule de calcul. Ce coefficient varie de 0,5 à 1.

Pour des raisons de simplicité, le coefficient K est souvent pris égal à 1.

I.5.5 Effort d'extraction

C'est l'effort nécessaire pour dégager le poinçon de la zone de découpage, l'effort d'extraction peut-être non négligeable.

Cet effort (**F_{ext}**) est calculé forfaitairement comme égal à une fraction de l'effort de découpage (**F**) avec un poinçon plat :

$$F_{ext} = C \cdot F$$

C : est la valeur forfaitaire choisie, selon l'usure de l'outil que l'on admet, pourra varier de 2 à 7 % de l'effort de découpage.

I.5.6 Contrainte sur les poinçons

Lors de la descente du poinçon avec un effort opposé à la bonde de tôle, il est sollicité à l'effort de compression qui se calcul commesuit :

$$\sigma_{comp} = \frac{F}{S}$$

Avec

σ_{comp} : Effort de compression [N/mm²].

F: Effort de poinçonnage [N].

S: Surface du poinçon [mm²]

La condition de résistance du poinçon à la compression est :

$$\sigma_{comp} < R_e$$

R_e : La limite élastique du poinçon en [Mpa].

I.5.7 Jeu de découpage

Parmi les paramètres importants de l'opération de découpage, le jeu occupe une place majeure. Bien qu'il est défini habituellement comme étant l'écart entre les arêtes de coupe du poinçon et de la matrice, mais il influe sur les bords de la pièce obtenue (bavure).

Pour le poinçonnage un trou poinçonné aura la dimension du poinçon donc le jeu sera pris sur la matrice cela évitera sa rupture. [4]

Le jeu varie selon la nature du matériau à découper :

- 1/20 De l'épaisseur pour laiton et acier doux.
- 1/15 De l'épaisseur pour acier dur.
- 1/10 De l'épaisseur pour l'aluminium.

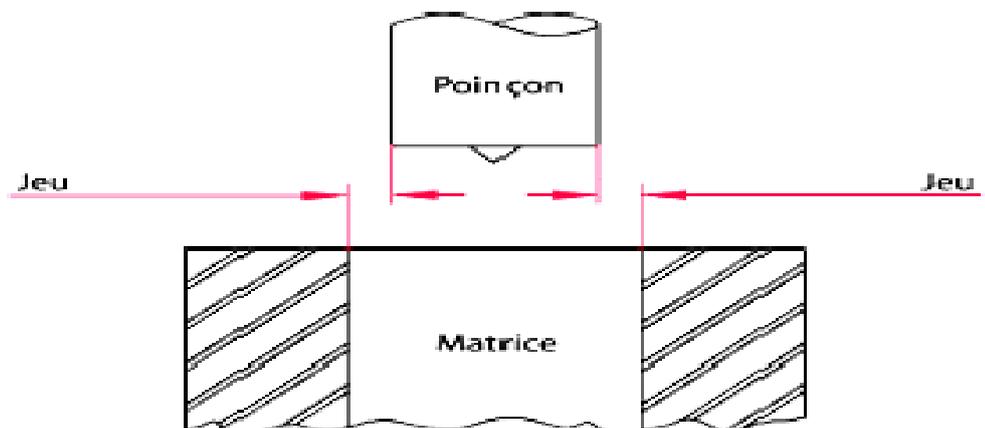


Figure I.13: Jeu entre le poinçon et la matrice.

I.6 Emboutissage

I.6.1 Définition

L'emboutissage est un procédé de formage de pièces non développables qui nécessite généralement des machines (presses) et un outillage très coûteux. Il est réservé aux fabrications en série et au travail des tôles épaisses qui demandent une très grande force. On distingue : l'emboutissage à froid (pratiqué à la température ambiante) et emboutissage à chaud pour lequel la tôle est portée à la température de forgeage, (800 à 850°C pour L'acier doux).[1]

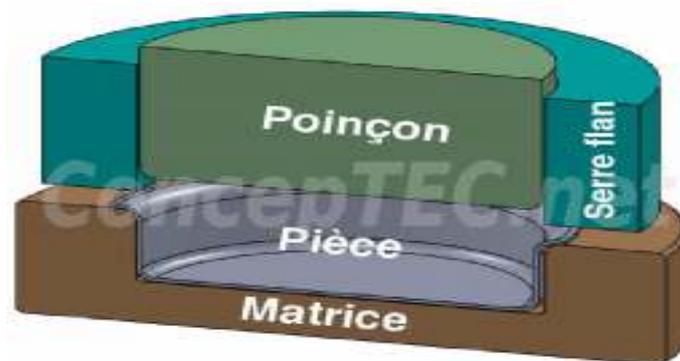
I.6.2 Outillage de procédé d'emboutissage

L'emboutissage se pratique à l'aide de presses à emboutir de forte puissance munies d'outillages spéciaux qui comportent, en principe, trois pièces :

- Une matrice, en creux, qui épouse la forme extérieure de la pièce

- Un poinçon, en relief, qui épouse sa forme intérieure en réservant l'épaisseur de la tôle
- Un serre-flan entoure le poinçon, qui s'applique contre le pourtour de la matrice et sert à coincer la tôle pendant l'application du poinçon, des jongs sont parfois utilisés pour freiner le glissement de la tôle (retenue de l'acier).

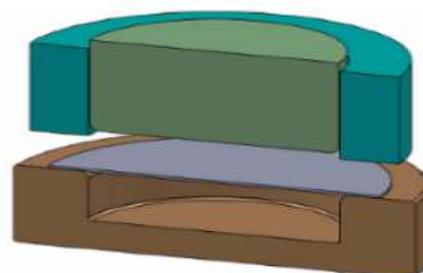
Figure I.14:Outil d'emboutissage.



I.6.3 Principe l'emboutissage

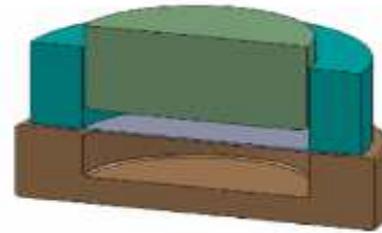
de

Étape 1 : poinçon et serre-flan sont relevés. La tôle est posée sur la matrice



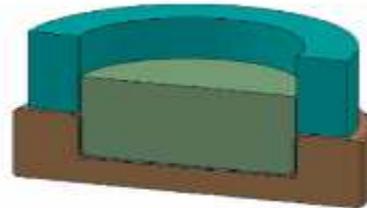
1

Étape 2 : le serre-flan est descendu et vient appliquer une pression bien déterminée, pour maintenir la tôle tout en lui permettant de glisser



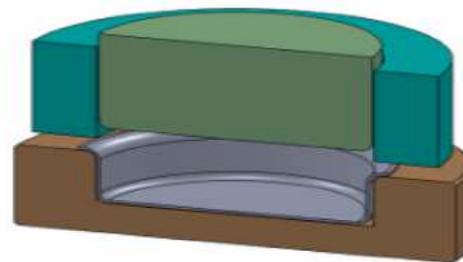
2

Étape 3 : le poinçon descend et déforme la tôle de façon plastique en l'appliquant contre le fond de la matrice.



3

Étape 4 : on relève le poinçon et le serre-flan, la pièce reste formée au fond de la matrice puis on procède au « détourage » de la pièce, c'est-à-dire à l'élimination des parties devenues inutiles.



4

I.6.4 Types d'emboutissage

a. Emboutissage à chaud se pratique

Lorsque le métal ou l'alliage ne peut pas s'adapter à froid. Lorsque, en raison de l'épaisseur et de la surface de la tôle, l'emboutissage à froid nécessite plus de force que les presses disponibles. Pour les faibles séries, quand on veut limiter les coûts d'outillage toujours élevés nécessaires à l'emboutissage à froid.

b. Emboutissage à froid

L'emboutissage à froid est le procédé le plus utilisé dans la production des grandes séries. Les presses sont courantes dans les chaudronneries. Les chaudronniers connaissent bien les principes de fonctionnement.

c. Emboutissage sans serre flan (simple effet)

L'emboutissage sans serre-flan désigne une technique d'emboutissage où aucun serre-flan n'est utilisé pour maintenir la pièce de tôle pendant le processus. Au lieu de cela, la tôle est déformée en utilisant uniquement la force appliquée par l'outil d'emboutissage lui-même. Cela nécessite généralement une conception spécifique de l'outil pour permettre un bon guidage et un contrôle précis de la déformation de la tôle.

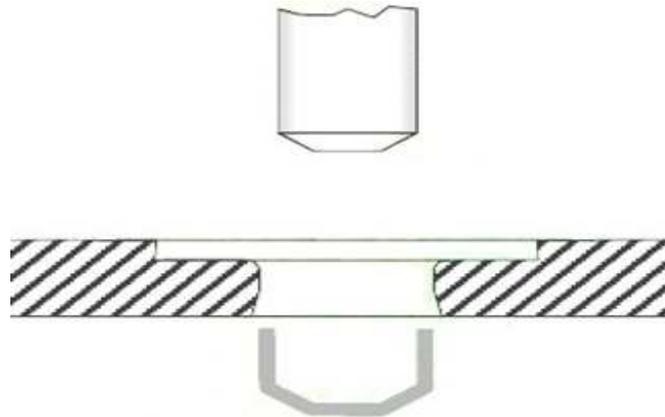


Figure I.15: Outils d'emboutissage sans serre-flan.

d. Emboutissage avec serre flan (double effets) :

L'emboutissage est utilisé pour différentes hauteurs d'emboutis. C'est généralement le type le plus utilisé dans l'industrie car comportant des serre flan limitant ou bloquant carrément les déplacements du flan.

e. Emboutissage triple effets

Similaire à celui du double effet sauf qu'il inclut des poinçons agissant à contre sens de l'emboutissage initial et formant des formes de contre embouti.

Les industries automobiles et électroménagères sont généralement celles où l'on le trouve le plus en raison de la complexité des formes de leurs pièces.

I.6.5 Différentes utilisations de l'emboutissage

Cette méthode est utilisée dans plusieurs industries, en ferblanterie, fabrication d'ustensiles en fer-blanc (bassines, casseroles, assiettes etc.) mais surtout dans l'industrie automobile pour la conception de parties de carrosserie de voiture ou encore de moteur, en produits électroménagers. Aussi, en produits sanitaires types baignoires ou lavabos et enfin pour les produits d'emballage.

I.6.6 Effort d'emboutissage

En pratique on utilise la formule suivante :

Emboutissage cylindrique	Emboutissage rectangulaire
$F_e = \pi \cdot d \cdot e \cdot R_m \cdot K$	$F_e = e \cdot R_p \cdot (2 \cdot K_A \cdot \pi r + K_B \cdot L)$
<p>F_e: Effort d'emboutissage (daN) d : diamètre de poinçon (mm) D : diamètre de flan (mm) e : épaisseur (mm) R_m : La Résistance de la tôle (Mpa)</p>	<p>F_e: Effort d'emboutissage (daN) e : épaisseur (mm) R_p : La Résistance pratique a la traction (daN/mm²) r : rayon de la matrice $L = 2(a + b)$</p>

Tableau I.1: Types des formules d'emboutissage.

I.7 Pliage

I.7.1 Définition et principe

Le pliage est une opération de formage à froid des tôles planes. Fonction en deux étapes : la conformation, puis le retrait des outils. La conformation est utilisée pour réaliser des déformations irréversibles afin que les pièces aient détails attendus.

Il s'agit de la déformation due à la force appliquée sur la longueur de la pièce. Celle-ci, sera en appuie sur deux lignes d'appuis et s'apparente à la flexion. Il faudra dépasser la limite élastique pour obtenir l'angle voulu.[5]

I.7.2 Modes de pliage sur presse

Il existe trois types de pliage de tôle.[6]

a. Pliage en V

- **Liage en l'air** : La matrice est constituée de deux points d'appuis sur lesquels prend position la tôle, le poinçon ne déplace pas au fond de la matrice, il s'arrête en un point en air préalablement défini, Cette technique est utilisée dans le cas de pliage des tôles épaisses.
- **Pliage en frappe** : C'est une opération qui s'effectue en deux phases :

Phase 1 : un pliage en air jusqu'à l'obtention de l'ange désiré.

Phase 2 : la tôle subit une frappe rapide par le poinçon et marque la carre de la tôle jusqu'à réduire voire éliminer totalement le retour élastique. Cette technique est utilisée pour plier des tôles d'épaisseur inférieure à 1.5.

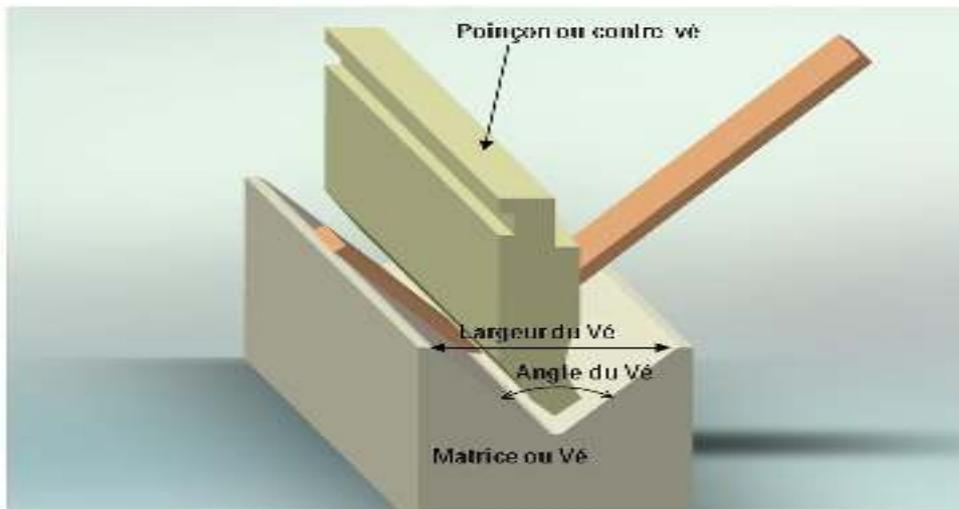


Figure I.16:Contre-vie et vé en pliage.

b. Pliage en U

Ce type de pliage comprend un serre-flan mobile qui bloque la matière sous le poinçon et évite donc les glissements de la tôle lors de la mise en forme entre les deux blocs matrices



Figure I.17:Pliage par cambrage en U.

c. Pliage en L

Le pliage en L ou en tombé de bord consiste à plier un flan en porte-à-faux a 90° , maintenu entre la matrice et le serre flan.



Figure I.18:Pliage en L (Cornière) Acier galvanisé .

I.8 Conclusion

La transformation de la tôle est une technique essentielle pour la fabrication de pièces mécanique, les procédés de mise en forme sont nombreux et doivent être choisis en fonction des exigences de la pièce jet des propriétés du matériau. Les avances technologiques et la simulation numérique ont permis d’optimiser ces procédés et de réduire les couts de production.

Chapitre II : Généralités sur les différents composants de l'outil de poinçonnage

Généralités sur les différents composants de l'outil de poinçonnage

II.1 Introduction

Plusieurs technologies de presse existent dans l'industrie, chacune avec ses propres caractéristiques très particulières. Les plus courantes sont les presses hydrauliques, les presses mécaniques ou à vis. Ils se caractérisent par leur capacité à mieux supporter sans être endommagées, et leur énergie nominale. Ils contiennent tous un bâti, une pièce mobile qui transmet la force et l'énergie à l'outil : le coulisseau. Ce qu'ils diffèrent par les actionneurs et les transmissions utilisés. La distance minimale entre la distance entre le curseur et la table est appelée "point mort bas", et la distance maximale est appelée "point mort haut". La différence entre ces deux positions est la course.

II.2 Définition d'une presse

Les presses sont des machines utilisées pour le traitement de la tôle, capables de générer une pression continue et progressive, afin de couper ou déformer le matériau placé dans le moule. Généralement les presses sont composées d'une base, d'un cadre, de colonnes de guidage, de moteurs pour la génération de la force et de systèmes de gestion et de contrôle de la phase de moulage.

La partie fixe du moule est serrée sur la base, tandis que la partie mobile est reliée à la base de la presse du boîtier. Le cadre sert à contrebalancer la force imposée sur le moule, tandis que les colonnes ou les guides garantissent un alignement parfait des parties du moule. Selon le système avec lequel la force appliquée sera produite, les presses sont classées en deux catégories distinctes : les presses mécaniques et les presses hydrauliques.

II.3 Différent type de presse

Les presses peuvent être classées suivant :

- Selon le mode de transmission d'énergie.
- Selon le nombre de coulisseaux.
- Selon la forme de bâti.

II.3.1 Selon le mode de transmission d'énergie

On reconnaît deux types de presses, les presses mécaniques et les presses hydrauliques

a. Presses mécaniques

Les presses mécaniques sont divisées à leur tour en deux catégories : les presses à vis ou les presses excentriques.[3]

- Les presses à vis sont principalement : utilisées pour l'extrusion de tôles et les opérations de forgeage à chaud. Les presses à vis sont équipées d'un coulisseau porte-outil, déplacé par une vis qui s'insère dans l'écrou fixe du cadre. La course est obtenue en tournant la vis alternativement dans un sens ou dans l'autre.
- Les presses excentriques : sont principalement utilisées dans le travail à froid de la tôle pour les opérations de cisailage et de poinçonnage. Le moteur entraîne le volant au moyen d'engrenages ou de courroies et l'énergie est transmise par l'intermédiaire d'un dispositif de friction à un arbre excentrique ou à un vilebrequin qui, au moyen d'une bielle, commande la course du piston.



Figure II.1 :(a) presse excentriques

(b) presse à vis.

b. Presses hydrauliques

Les presses hydrauliques est généralement composé d'un système hydraulique qui comprend une pompe, un réservoir, des vannes et des cylindres hydrauliques. Elle est également équipée d'une table ou d'un plateau pour soutenir les a traitées et d'un dispositif de control pour régler la pression de la presse.



Figure II.2: Presse hydraulique industriel – global vacuum presse.

c. Comparaison entre presse mécanique et hydraulique

Presse	Mécanique	Hydraulique
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> -Les presses sont très fiables. Elles peuvent créer une grande quantité de tonnage pression. -Elles sont idéales pour l'hydroformage qui est une technique de formation des métaux nécessitant la présence d'un agent liquide, et elles sont lentes ce qui donne suffisamment du temps au métal pour se former. -Le tonnage de la presse est facilement ajusté ce qui permet des opérations avec petit tonnage pour les matrices fragiles. -Destinés pour les travaux de grandes séries 	<ul style="list-style-type: none"> -Un moteur plus puissant que celui de la presse mécanique parce qu'il n'y a pas un volant d'inertie pour stocker l'énergie. -Arrêt du coulisseau à n'importe quelle position de travail. -Modification de la course du coulisseau. -Très souples. - Vitesse de réglage et de travail lente. - Vitesse d'approche et de retour rapide
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> -La presse ne peut pas être surchargée car le système est protégé par deux soupapes de décharge séparément ajustées. - Difficulté d'arrêt du coulisseau en cas de danger. - Réglage d'approche du coulisseau difficile. 	<ul style="list-style-type: none"> -La maintenance de la presse hydraulique est plus difficile que celle de la presse mécanique car les pannes de cette dernière est facilement détectables. - Les presses hydrauliques demandent beaucoup de maintenance : Risque de pannes (joints, pompes... etc.). L'huile doit toujours être présente à l'intérieur de la presse. -Lentes dans les cadences

		élevées.
--	--	----------

Tableau II.1: Avantages et les inconvénients pour les deux types de presses.

II.3.2 Selon la forme de bâti

Il s'agit de cinq (5) types :

a. Presses à col de cygne

La presse à col de cygne se compose d'un bâti robuste, d'une plaque de pression et d'un bras mobile en forme de col de cygne qui est fixé au-dessus de la plaque de pression

L'extrémité du bras comporte un coulisseau qui descend pour exercer une pression sur la plaque de pression et sur la pièce à travailler.



Figure II.3: Presse à col de cygne.

b. Presses à arcade

Les presses à arcade se composent d'un bâti solide qui supporte une plaque de pression, un bras mobile en forme d'arcade, et un coulisseau qui descend pour exercer la pression sur la plaque de pression et la pièce à travailler. L'arcade est fixée à la partie supérieure de la presse et pivote autour d'un axe central. L'extrémité de l'arcade est équipée d'un coulisseau qui se déplace vers le bas pour appliquer la force nécessaire à la tâche de formage.



Figure II.4: Presse à arcade.

c. Presse à montant droit

La presse à montant droit peut être actionnée manuellement, hydrauliquement ou électriquement. Elle est utilisée dans diverses industries, notamment l'automobile, la construction, la fabrication de meubles et la fabrication de produits métalliques.

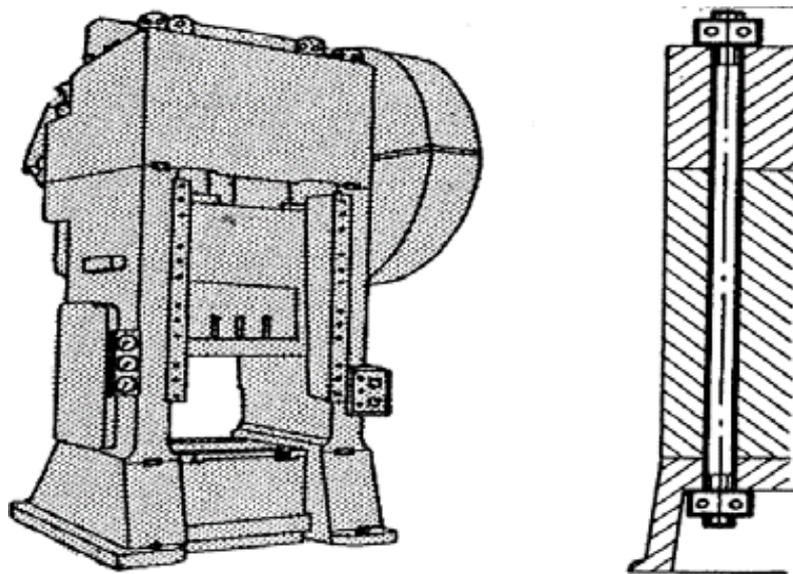


Figure II.5: Presse à montant droit.

d. Presses à colonnes

Une presse à colonnes est une machine-outil utilisée pour effectuer des opérations de formage, de découpe, de poinçonnage et d'emboutissage de pièces métalliques. Elle se compose d'un bâti, de deux colonnes verticales qui soutiennent une poutre horizontale et d'un coulisseau mobile qui se déplace le long de cette poutre.



Figure II.6: Presse à colonne.

e. Presses à table mobile et bigorne

Une presse à table mobile est une machine qui utilise la force hydraulique ou mécanique pour comprimer et former le métal. La table sur laquelle le métal est placé peut être déplacée pour ajuster la position de la pièce à façonner, d'où le nom "table mobile". Les presses à table mobile peuvent être utilisées pour forger, découper ou former des pièces en métal de différentes formes.

Une bigorne est un outil de forge traditionnel qui se compose d'une enclume et d'une partie plate en forme de coin appelée "cornes". Les cornes de la bigorne sont utilisées pour former et façonner les métaux en leur donnant des formes courbes et arrondies. L'enclume est utilisée pour marteler et façonner le métal sur la partie plate.



Figure II.7: Presse à table mobile et bigorne.

II.3.3 Selon le nombre de coulisseaux

Les presses mécaniques peuvent être classées selon le nombre de coulisseaux qu'elles ont. Les coulisseaux sont des parties de la presse qui effectuent le mouvement de pressage.

Voici les principales catégories de presses mécaniques en fonction du nombre de coulisseaux :

a. Presse mécanique à coulisseau simple effet

Cette presse a un seul coulisseau qui descend et remonte pour effectuer la pression sur la pièce à travailler



Figure II.8: Presse mécanique à simple effet.

b. Presse mécanique à coulisseaux double effet

Une presse mécanique à coulisseaux double est une machine qui utilise deux coulisseaux pour effectuer des opérations de formage, de découpe ou de poinçonnage sur des pièces en métal. Les deux coulisseaux se déplacent de manière synchrone pour appliquer une force égale sur la pièce à travailler.



Figure II.9: Presse mécanique à double effet.

c. Presse mécanique à coulisseaux triple effet

Une presse mécanique à coulisseaux triple est une machine qui utilise trois coulisseaux pour effectuer des opérations de formage, de découpe ou de poinçonnage sur des pièces en

métal. Les trois coulisseaux se déplacent de manière synchrone pour appliquer une force égale sur la pièce à travailler.



Figure II.10 : Presse mécanique à triple effet.

II.4 Critères de choix d'une presse mécanique

Le choix d'une presse mécanique dépendra des besoins spécifiques de l'application pour laquelle elle sera utilisée. Voici quelques critères de choix à prendre en compte lors de l'achat d'une presse mécanique :

- Type de travail à faire.
- La capacité de la presse dépend de l'effort nécessaire pour la réalisation des opérations.
- Les dimensions de l'outil et de la pièce.
- La longueur de déplacement des coulisseaux.
- La cadence de production.
- Entretien et mise en œuvre.

En prenant en compte ces critères, il sera plus facile de choisir la presse mécanique la mieux adaptée aux besoins spécifiques de l'application.

II.5 Alimentation des presses

L'alimentation des presses mécaniques dépend du type de presse et de la pièce à produire. En général, il existe deux types d'alimentation pour les presses mécaniques : l'alimentation manuelle et l'alimentation automatique.

- **Alimentation manuelle**, implique l'intervention d'un opérateur pour placer la matière première dans la presse. Cela peut se faire à l'aide d'un dispositif de chargement manuel,

d'une trémie ou d'un système de levage. Cette méthode est souvent utilisée pour les petites productions ou pour les pièces complexes nécessitant une attention particulière.

- **Alimentation automatique**, quant à elle, utilise des systèmes automatisés pour amener la matière première à la presse. Les systèmes les plus couramment utilisés sont les convoyeurs, les robots ou les systèmes de transfert pneumatiques. Cette méthode est souvent utilisée pour les productions de masse, où la productivité est primordiale.

Dans tous les cas, il est important de veiller à l'efficacité de l'alimentation pour éviter les pertes de matière première, les arrêts de production et les accidents liés à la manipulation des pièces.

II.6 Sécurité sur les presses

La sécurité au sein de l'atelier est un paramètre très important qui permet de travailler en toute sécurité. Les constructeurs des machines ont mis divers dispositifs de protection parmi lesquels nous citons :

- **Protection optique** : la machine s'arrête automatiquement si la main de l'opérateur traverse les rayons lumineux ;
- **Protection par appareil à bracelets**: protection efficace pour les mains dans la mesure où aucun risque d'accrochage n'est possible ;
- **Protection bi manuelle** : la commande du coulisseau nécessite l'action simultanée sur deux boutons ;
- **Alimentation automatique** : le dispositif d'alimentation automatique est indispensable lorsqu'il s'agit de satisfaire aux impératifs de sécurité et de la productivité ;
- **Protection à l'aide d'une cage** : qui isole l'opérateur de la zone dangereuse ;

II.7 Types d'outil de presses

II.7.1 Outil à découper

a. Outil découvert

Cet outil se compose simplement d'un poinçon et d'une matrice. En raison de la remontée de la bande de tôle avec le poinçon, il ne convient pas aux travaux en série. De plus, la bande n'est pas guidée sur la matrice, ce qui nécessite un déplacement manuel après chaque presse.

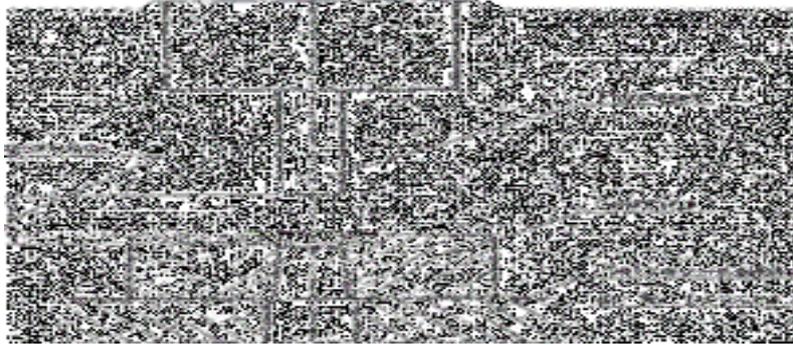


Figure II.11: Outil découvert.

b. Outil de détournage

Une fois l'emboutissage terminé, les pièces obtenues présentent des bords irréguliers (collerette), il est donc nécessaire d'effectuer un détournage pour obtenir des bords nets.

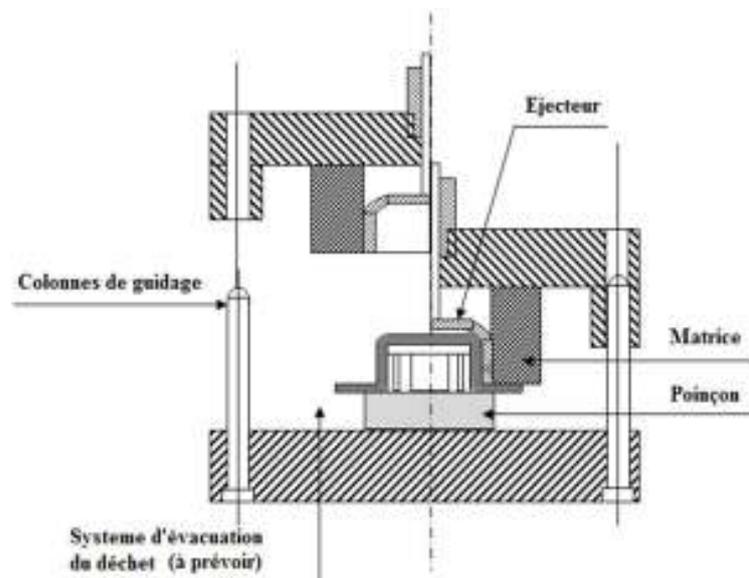


Figure II.12: Outils de détournage normal.

II.7.2 Outils d'emboutissage

L'outil d'emboutissage nous permet de former des corps creux par déformations plastique des métaux en feuille. On trouve des outils avec ou sans serre-flan.

a. Outil à suivre

Cet outil, encore appelé « outil à suite » ou « outil progressif », permet de réaliser à chaque coup de presse une pièce (ou plusieurs) terminée au sens de sa mise en forme. Dans ce cas, toutes les étapes de la mise en forme de la pièce (découpage, emboutissage, pliage) sont réalisées successivement avec le même outil et sur la même bande. La figure 11 montre, posée sur la partie basse de l'outil, la bande associée sur laquelle peuvent être visualisées les différentes opérations de mise en forme.

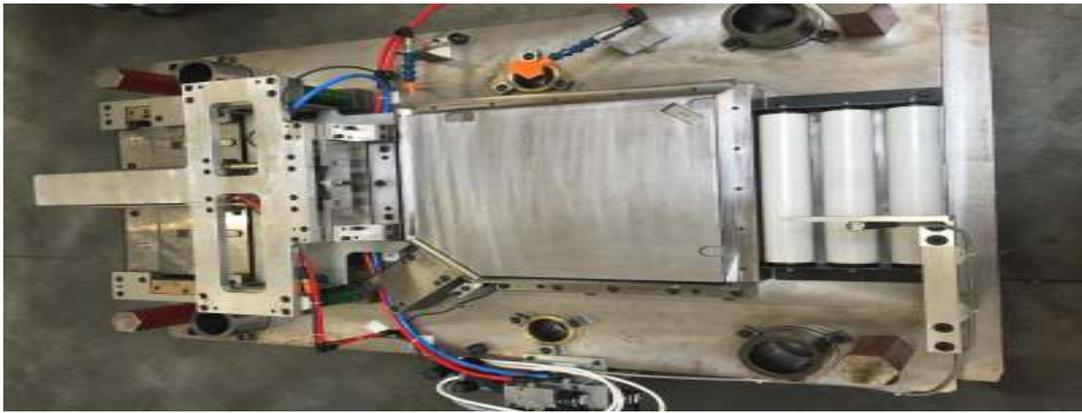


Figure II.13: Outils à suivre.

b. Outil avec système transfert intégré

C'est le même principe que l'outil à suivre, mais au cours de la transformation de la bande dans l'outil, l'ébauche de la pièce est détachée du squelette de la bande et un système de prise et de maintien de cette ébauche permet son déplacement de poste à poste (figure 4)

Ce système de prise de pièce peut être pneumatique, mécanique ou commandé par électronique.

Ce type d'outil est réalisé, pour des raisons techniques, lorsque la pièce ne peut pas rester attachée à la bande jusqu'au dernier poste, comme pour l'outil à suivre. Il présente également l'intérêt des systèmes transfert, du fait de l'économie de matière engagée qu'il permet de réaliser.

Ce type d'outil est également destiné aux grandes séries de pièce.



Figure II.14: Outil avec système transfert intégré.

c. Outil suisse et outil de découpage fin

- **Outil suisse :** est utilisé principalement pour les pièces plates de précision, qu'elles soient fines ou épaisses. Sa particularité réside dans le fait qu'il permet d'effectuer plusieurs

opérations de découpe en une seule fois, sur le même coup de presse et sur le même poste, sans nécessiter l'avance de la bande comme c'est le cas pour l'outil à suivre. Ainsi, une seule pression sur le même poste réalise toute la pièce.

Cela présente l'avantage d'obtenir des dimensions de découpe et de détournage plus précises. En effet, ces dimensions dépendent uniquement des dimensions de l'outil (sans les imprécisions liées à l'avance de la bande). De plus, la planéité de la pièce est meilleure que celle qui pourrait être obtenue avec un outil à suivre, grâce à une répartition plus équilibrée des efforts de découpe.

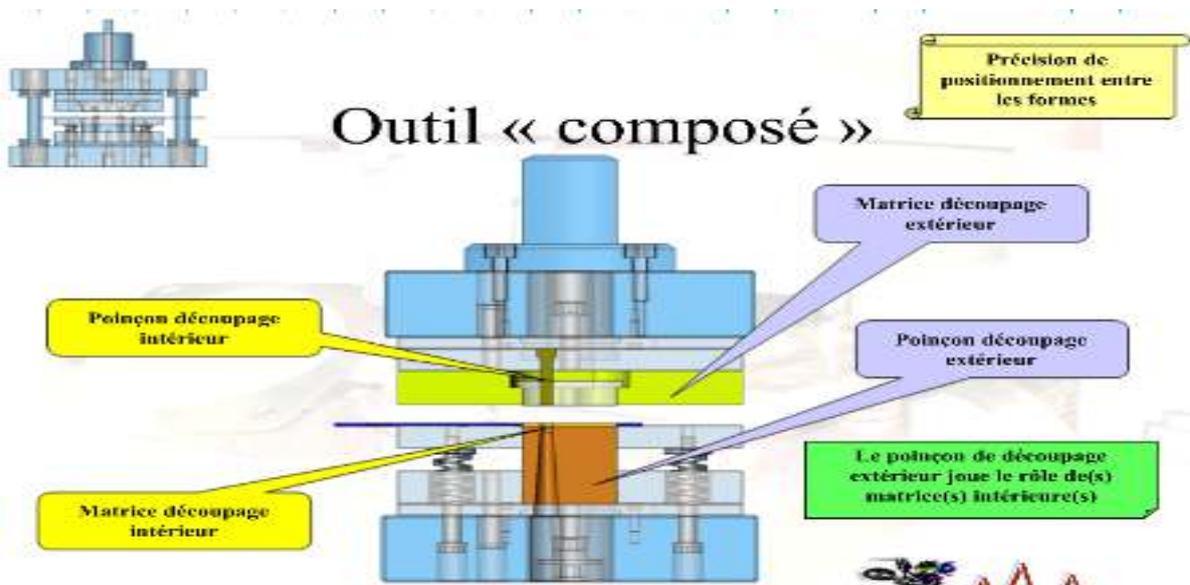


Figure II.15: Schéma de principe d'un outil suisse.

- **Outil de découpage fin** : est un cas particulier de l'outil suisse puisqu'il est, en général, dédié au découpage de forte épaisseur (de 5 à 15 mm) et qu'il réalise plusieurs opérations de découpage simultanément sur le même poste. Cet outil a la particularité de permettre l'obtention de bords découpés sans produire de zones arrachées.

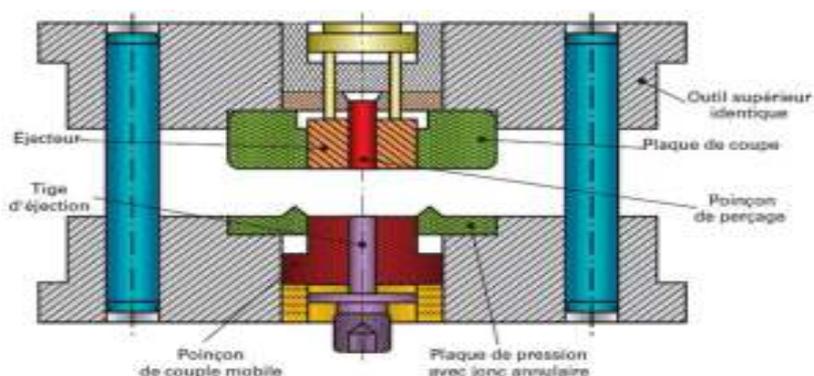


Figure II.16: Principe d'un outil de découpage fin.

Un outil suisse est, en général, monté sur une presse mécanique simple effet. Un outil de découpage fin est, par contre, monté sur une presse à triple effet hydraulique, qui peut être également mécanique avec les effets réalisés par un système hydraulique (cas des épaisseurs plus faibles).

Ces outils, plutôt complexes, sont dédiés aux grandes séries de pièce.

d. Outil de reprise

L'outil de reprise fait partie d'un ensemble de plusieurs outils. Chacun d'eux réalise une ébauche de mise en forme de la pièce à fabriquer. Ces ébauches se succédant une à une, permettent d'obtenir la pièce finale. On distingue souvent ces outils par les opérations principales réalisées : découpage, cambrage ou pliage, emboutissage, détourage...

Cette définition pourrait également s'appliquer aux outils sur presse transfert. La différence avec ces derniers, est que les outils de reprise se montent sur une presse à commande manuelle.

À chaque opération, l'ébauche de la pièce issue de l'outil précédent est positionnée dans l'outil suivant grâce à différents moyens de centrage (drageoirs, pions de centrage...). Le déplacement et la manutention des flans, ainsi que des ébauches de la pièce sont réalisés par une personne (figure 16).

Ce type d'outil est principalement utilisé pour les pièces de petite et moyenne série.



Figure II.17: Exemple de manutention des pièces sur outil de reprise.

e. Outil avec système transfert sur presse

L'outil avec système transfert de la presse est comparable avec l'outil de reprise vu précédemment, en ce sens que plusieurs outils individuels (postes) sont nécessaires à la réalisation de la pièce.

Il se rapproche également de l'outil à suivre du fait que toutes les opérations sont réalisées sur la même presse et dans le même flux. Ainsi, l'ensemble des outils sont montés sur la même presse.

La particularité de ce type d'outil est que le déplacement du flan et des ébauches successives de la pièce est réalisé, de poste en poste, par un système de transfert automatique à deux ou trois axes intégrés à la presse (figure 17).

Les axes ont pour fonction :

- le pinçage de la pièce par deux barres (déplacement latéral) ;
- l'élévation de la pièce (déplacement vertical pour les formes ou emboutis importants) ;
- la translation de poste à poste (déplacement longitudinal) ;

À chaque coup de presse, une ou plusieurs pièces sont ainsi terminées.

Il existe plusieurs configurations de système transfert. Certaines presses sont équipées d'un outil de découpe de flan, à l'entrée de la presse, permettant l'imbrication en quinconce de façon à économiser l'engagement matière. D'autres sont équipées de transfert électronique permettant le réglage des courses des trois axes.

Ces types d'outil sont principalement utilisés pour les grandes séries, pour réaliser des économies de matière et lorsque l'outil à suivre ne peut concurrencer ce procédé.



Figure II.18: Outil avec système transfert sur presse.

f. Outil avec poste à came

L'outil avec poste à came peut se trouver sur un outil à suivre, un outil transfert et plus généralement dans tous les types d'outils.

Il ne s'agit donc pas ici, à proprement parler, d'un véritable type d'outil.

Cette conception permet d'ajouter un mouvement particulier dans l'outil dont la direction est différente de la direction verticale du coulisseau de la presse. Le coulisseau imprime un mouvement vertical, qui est repris par une came qui pousse à son tour un coulisseau propre à l'outil dans la direction perpendiculaire au mouvement du coulisseau de la presse.

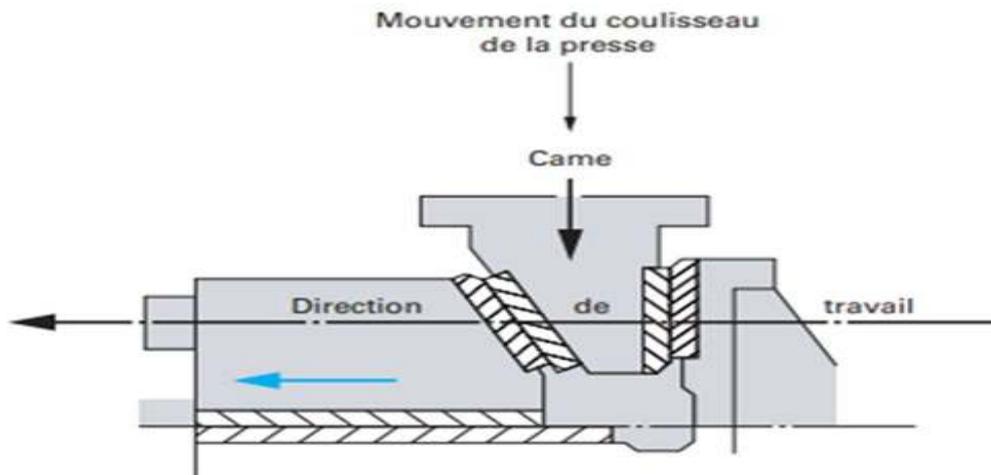


Figure II.19: Outil avec post à came.

II.8 Conclusion

Ce chapitre concerne un aperçu complet des divers outils disponibles dans l'industrie, ce qui nous permet d'avoir une compréhension générale de la conception de notre propre outil. La connaissance des outils de presse nous aidera à développer une réflexion constructive afin de résoudre efficacement les problèmes qui pourraient surgir tout au long du projet.

Chapitre III :Etude et Conception D'un Outil de Découpage

Etude et conception d'un outil de découpage

III.1 Introduction

Dans le monde de l'industrie moderne, il existe une grande diversité de presse. Par conséquence, le concepteur d'outils de presse est contraint à chaque fois, lors d'une étude sur des outils, de chercher les presses qu'il faut pour les différentes opérations de son travail en tenant compte surtout des efforts que doit fournir la presse, aussi important soitils, sans risques et le moins cher possible.

III.2 Caractéristique des matériaux choisis

PIECES DE L'OUTIL	MATIERE	CARACTERISTIQUES
Semelle inferieur, Semelle supérieur, porte Poinçon	Acier S235 Acier E 24	Acier à la limite d'élasticité dont $R_e = 235 \text{ daN/mm}^2$ Une bonne ténacité (= 34 daN/mm ²)
Matrice, Poinçon, plaque de choc	X200Cr12 (Z200C12)	C'est un acier fortement allié à 2% de carbone et de 12% de chrome. Une bonne résistance à l'usure, aptitude à la Trempe, et faible déformation en travail. Une bonne résistance aux chocs ($R_{\min} = 218 \text{ daN/mm}^2$) HRC = 62
Colonnes de Guidage, nez de fixation	C65 (XC65)	C'est un extra – dur cémenté à une résistance à l'usure et aux efforts interrompus. HRC ≥ 57 .
Serre flan, Guide de tôlerie	C45 (XC 48)	Acier doux cémenté à 0,48 de Carbone

Tableau III.1: Matière utilisée pour les pièces de l'outil.

Pour le flan on utilise l'alliage 1000, la résistance à la traction de 6.9 à 18.6 daN /mm², elle présente une excellente résistance à la traction dans un large domaine de température. Cette série est souvent désignée comme aluminium pur.

III.3 Analyse et Calcul des efforts

L'analyse et les calculs des efforts sont essentiels pour garantir que le système ou la structure conçue puisse résister aux charges prévues et fonctionner de manière sécurisée et fiable. Ces informations permettent de dimensionner les composants, de sélectionner les matériaux appropriés et de prendre les décisions nécessaires pour assurer la performance et la durabilité du système. [8]

On a deux empreint donc en multiplie les efforts fois 2.

III.3.1 Calcul de l'effort de découpage

Selon la formule de la force de découpe :

$$F_c = P \cdot e \cdot \tau_c$$

Avec :

P : le périmètre de la surface a découpé en (mm).

e : épaisseur de la tôle en (mm).

τ_c : Résistance au cisaillement Kgf/mm²

F_c : Force nécessaire pour la coupe en Kgf.

Calcul de périmètre P :

P : Le périmètre du découpage de forme qui est égal à la somme des arcs et des arêtes.

$$P = (AB + \text{arcBC} + CD + \text{arcDA}) \times 2$$

- L = CD = 84.17 mm
- arc BC = 20.24 mm
- l = AB = 60 mm
- arc DA = 20.24 mm



AN:

$$P = (60 + 20.24 + 84.17 + 20.24)$$

$$P = 184.9 \text{ mm}$$

On a un tableau qui montre la résistance à la rupture et la résistance au cisaillement pour différents aciers obtenus par des procédés de laminage

Acier laminé (% C)	Résistance à la rupture		Résistance au cisaillement		Poids spécifique (Kg/dm)
	TT Recuit	Etat de l'approvisionnement	TT Recuit	Etat de l'approvisionnement	
0.1%	31	40	25	32	7.8-7.9
0.2%	40	50	32	40	
0.3%	44	60	35	48	
0.4%	56	70	45	56	
0.6%	70	90	56	72	
0.8%	90	110	72	90	
1.0%	100	130	80	105	
Silicium	65	75	52	60	
Inoxydable	56	70	45	56	

Tableau III.2: Résistance à la rupture et au cisaillement des aciers laminés.

Pour la plaque d'attelage dont le matériau est de l'acier laminé à froid à 0,2 % de carbone et livré brut, une résistance au cisaillement de $\tau_c = 40 \text{ kg/mm}^2$.

L'effort découpage est défini comme :

$$F_c = (P \times e \times \tau_c) \times 2$$

$$F_c = (184.9 \times 0.8 \times 40) \times 2$$

$$F_c = 11833 \text{ kg} = 11604 \text{ daN}$$

III.3.2 Calcul de l'effort d'emboutissage

Pour calculer l'effort d'emboutissage on utilise la forme suivante :

$$F = (A \times R_m \times K) \times 2$$

Avec :

R_m : Résistance à la traction de la tôle (en N/rnm2).

K : Coefficient fonction du rapport d/D.

A : le périmètre de la surface emboutie par l'outil.

d/D	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
K	1	0.86	0.72	0.60	0.50	0.40

Tableau III.3: Valeurs de k en fonction de d/D.

$$K = \frac{d}{D}$$

AN :

$$K = \frac{59.66}{72.67} = 0.8$$

K est choisi selon M suivant le tableau cité précédemment (dans le tableau III.3).

Donc **K = 0.40**

Le matériau

utiliser c'est
ordinaire à
carbone

Matériaux	Rm (daN/mm ²)
Acier à 0,1% de carbone (recuit)	19
Acier à 0,2% de carbone (recuit)	25
Acier à 0,3% de carbone (recuit)	30
Acier inoxydable 40	49 à 69
Aluminium (doux)	12
Duralumin	45
Laiton (recuit)	18

qu'en

l'acier

0,1% de

Tableau III.4: Résistance mécanique des matériaux.

D'après le tableau 4 on trouve la résistance de matériau qu'on choisit c'est

$$R_m = 19 \text{ daN/mm}^2$$

$A = 166.33 \text{ mm}$ (Mesuré à partir du logiciel de CAO)

AN :

$$F = (166.33 \times 19 \times 0.40) \times 2$$

$$F = 2528 \text{ daN}$$

III.3.3 Calcul de l'effort total

Les efforts totaux se calculent en sommant les deux forces existantes la première étant l'effort de coupe la deuxième l'effort d'emboutissage

$$F_T = F_C + F_e$$

AN :

$$F_T = 11604.79 + 2528.216$$

$$F_T = 14133 \text{ daN}$$

III.3.4 Calcul de l'effort d'extraction

Lorsque la pièce est délogée du fond, elle doit traverser la zone de cisaillement de la matrice avant de trouver le relief et de tomber. Cette force pour extraire la pièce s'oppose à la force de coupe, par conséquent, dans le calcul, elle doit être ajoutée à la force de coupe.

Il varie de 2 à 7% de l'effort de poinçonnage suivant l'importance de la bande entourant le poinçon.

$$F_{\text{ext}} = 7\% \times F_T$$

AN:

$$F_{\text{ext}} = \frac{7}{100} \times 14133$$

$$F_{\text{ext}} = 989.31 \text{ daN}$$

III.3.5 Calcul de l'effort total que doit fournir la presse

La presse est la principale génératrice de force, nécessitant un effort supérieur à la combinaison des efforts totaux et d'extraction.

$$F_{\text{pr}} > F_T + F_{\text{ext}}$$

Avec :

F_{pr} : Effort de la presse.

F_T : Effort total

F_{ext} : Effort d'extraction.

AN :

$$F_{\text{pr}} = 14133 + 989.31$$

$$F_{\text{pr}} = 15122 \text{ daN}$$

Donc le choix de la presse se fait selon la force suivante :

$$F_{\text{pr}} > 15 \text{ tonnes} - \text{force}$$

III.4 Choix de la presse à utiliser

Le choix de la presse à utiliser dans les travaux des métaux en feuille dépend essentiellement de plusieurs paramètres tel que :

- L'effort de la presse doit être supérieur aux efforts utilisés, - La longueur et la largeur de la table, suffisamment supérieur à celle de l'outil,
- La hauteur libre entre la table et le coulisseau doit être supérieur à la hauteur de l'outil fermé.
- La nature des opérations à réaliser.

Pour notre cas, il s'agit de découpage, emboutissage. Une presse mécanique est mieux indiquée.

A partir de l'effort que nous avons calculé, nous avons opté pour une presse EEP-20 col de cygne de construction en turque qui a les caractéristiques suivantes :

Modèle	EEP-20
Capacité presse	20 tonne
Ajustement de la course (mm)	0-70
Nombre de coups	120 par minute
Dimension de tableau (mm)	300*400
Distance table-bélier (mm)	260
Diamètre du trou de bélier (mm)	28
Diamètre du trou de table (mm)	80-100
Poids de la presse (kg)	1200
Puissance du moteur (cv)	2

Tableau III.5:Caractéristiques de la presse utilisée.

III.5 Calcul des poinçons au flambement[9]

Le flambage se produit lorsque l'on applique deux forces axiales opposées et dirigées l'une vers l'autre sur une poutre droite de grande longueur, ce qui entraîne sa déformation.

C'est un phénomène qui se produit pour une certaine valeur de charge appelée charge critique.

Si :

- $F_T < P_{cr}$: la poutre ne subit qu'un faible raccourcissement qui est dû à la compression.
- $F_T > P_{cr}$: la poutre se déforme et la rupture peut intervenir rapidement.
- $F_T = P_{cr}$: La barre est en équilibre instable, il peut y avoir changement d'état d'équilibre

P_{cr} : Charge critique qui se calcule comme suit :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2}$$

Avec :

E : Module d'élasticité (210000 N/mm²).

I : Moment d'inertie 12747.16 mm⁴(Déterminer à partir du logiciel de CAO).

l : Longueur libre de flambement.

La longueur libre de flambage l est donnée en fonction du type d'appui. Elle est donnée par le tableau (5) suivant

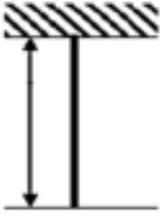
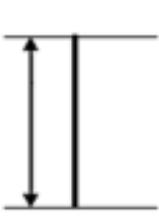
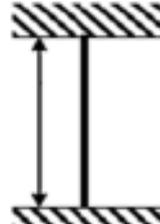
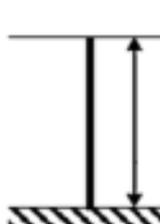
Longueurs libres de flambage				
Types de liaisons	Encastré en A Et libre en B	Liaisons pivotantes en A et B	Encastré en A et B	Encastré en A Et Pivots en B
Valeurs de l	 $l = 2L$	 $l = L$	 $l = L/2$	 $l = 0,7L$

Tableau III.6: Valeurs de la longueur de flambage l en fonction de la longueur réelle L .

Dans notre cas les poinçons sont encastres d'un et libre de l'autre, la longueur de flambement $l = 2L$

Sachant que la longueur L soumise au flambement est $L = 30 \text{ mm}$

AN:

$$P_{cr} = \frac{3.14^2 \times 210000 \times 12747.16}{(2 \times 30)^2}$$

$$P_{cr} = 7331444 \text{ N} = 733144 \text{ daN}$$

On a $F_T = 14133 \text{ daN}$ (effort total)

D'après les résultats précédents on a trouvé que $F_T < P_{cr}$

Donc la poutre ne subit qu'un faible raccourcissement qui est dû à la compression.

III.6 Calcul des poinçons à la compression

Condition de résistance :

$$\sigma_{comp} < R_e$$

Avec :

$R_e = 750 \text{ MPa}$ (la limite élastique de l'acier Z200C12)

$$\sigma_{\text{comp}} = \frac{F}{S}$$

F_T : Effort total ($F=14133$ daN).

S : surface du poinçon ($S= 1493.1$ mm²).

AN :

$$\sigma_{\text{comp}} = \frac{14133}{1493.1}$$

$$\sigma_{\text{comp}} = 9.46 \text{ daN/mm}^2$$

D'après le résultat précédent, la contrainte de compression inférieure à la limite élastique du matériau, donc la condition de compression est vérifiée.

III.7 Calcul de jeu entre poinçon et matrice[10]

La valeur du jeu s'évalue en fonction de l'épaisseur de la bande (de façon à ce que les deux amorces de ruptures se rejoignent parfaitement).

Dans notre cas on a utilisé un acier doux à 0.1% de carbone avec une épaisseur de 1 mm

Pour l'acier doux à 0.1% de carbone le jeu est : 1/20 de l'épaisseur de la tôle $J = (1/20) e$.

AN :

$$J = (1/20) \cdot 1$$

$$J = 0.05 \text{ mm}$$

III.8 Détail de l'outil

Après la description de l'outil employé, une étude détaillée de tous les éléments qui le constituent a été effectuée

- **Semelle supérieure**

Elle a pour rôle de porter les portes poinçons ainsi que les embases et sert aussi de lien avec le nez de la presse.



Figure III.1:Semelle supérieure.

- **Poinçons**

Le poinçon consiste à perforer un matériau par cisaillement. Il pénètre dans la matrice en descendant vers le bas grâce à la force de la presse. Ce sont les éléments qui travaillent le plus au sein de l'outil. Un calcul au flambement de ces poinçons de faible section pour éviter ce phénomène.

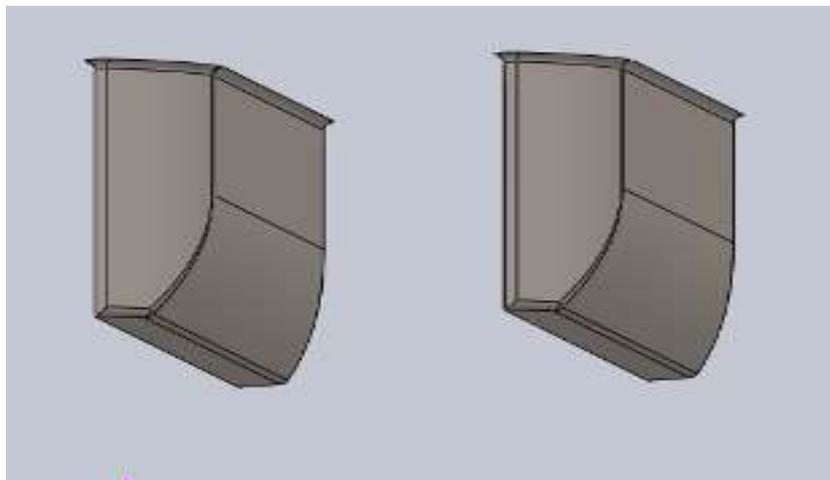


Figure III.2:Poinçons.

- **Semelle inférieure**

C'est une plaque sur laquelle les matrices sont ajustées, son épaisseur doit être suffisante pour résister à l'effort de découpage.



Figure III.3:Semelle inferieure.

- **Colonnes de guidage**

Elles coulisent dans les embases supérieures avec glissement et elles sont emmanchées sur les embases inférieures.

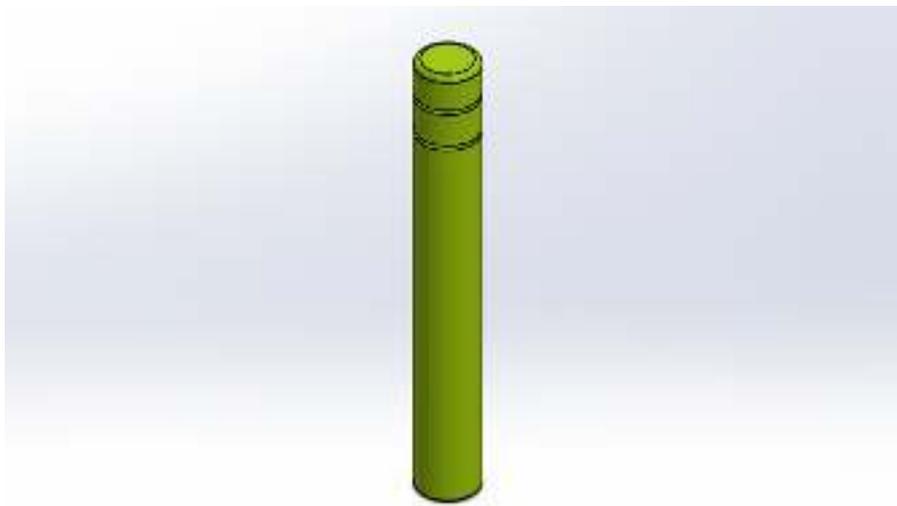


Figure III.4:Colonnes de guidage.

- **Port outil**

C'est une pièce de 20 mm d'épaisseur, Il sert à fixer et guider le poinçon lors de l'opération de découpage ou emboutissage, il contient quatre trous où se reposent les têtes devis.

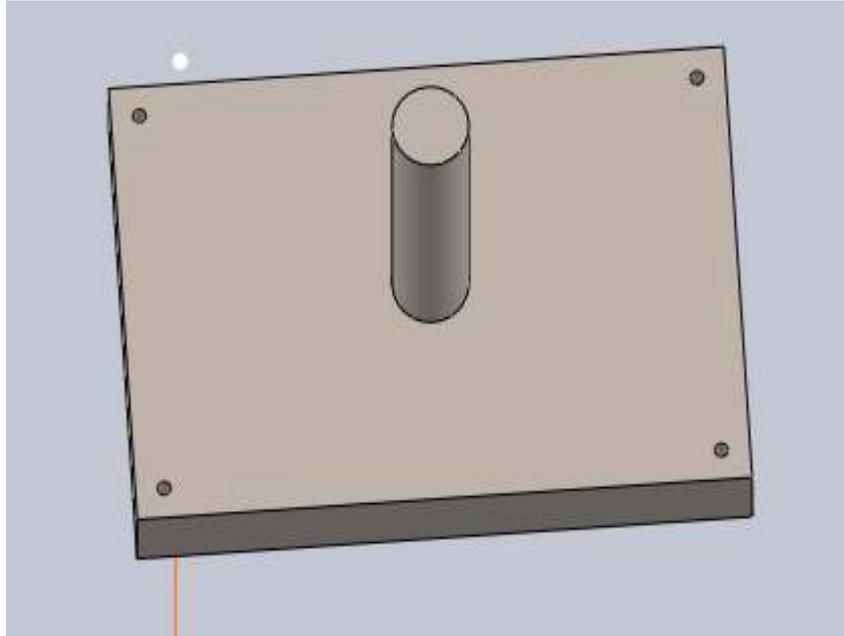


Figure III.5:Port outil.

- **Matrice**

La matrice a un rôle important, elle contient un trou d'ongle vif permettant le cisailage de flan lors de pénétration de poinçon. Elle a un trou aux formes et dimensions du poinçon sur sa partie supérieure, auquel on ajoute un jeu de quelques dixièmes de millimètres. Et sur sa partie inférieure, on ajoute un angle dépouille qui facilitant le dégagement de flan.

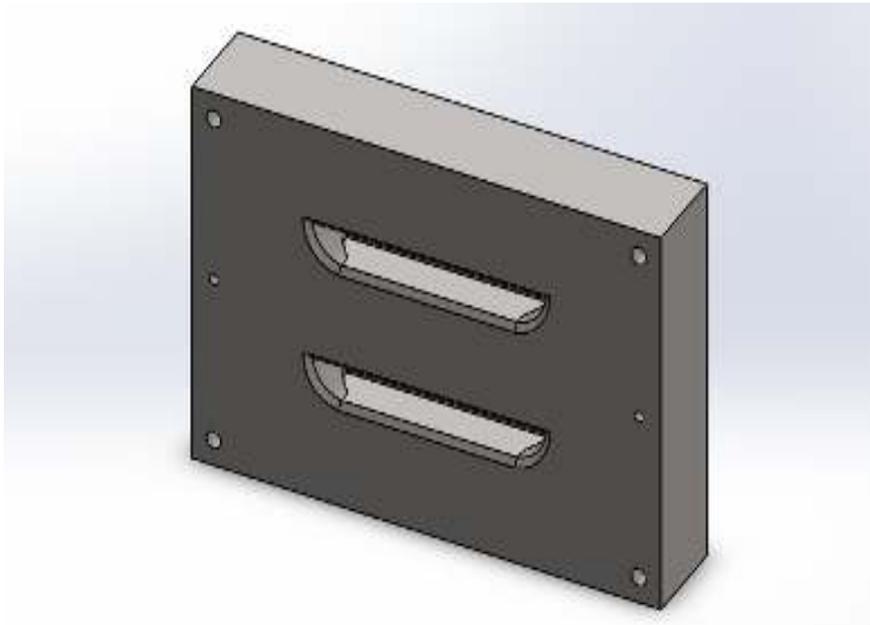


Figure III.6:Matrice.

- **Guide de tôle**

Ce sont des plaques de tôle fixées sur la matrice ayant une épaisseur de 3 mm leur rôle est d'assurer le guidage de la tôle ainsi que la fixation de serre-flan sur la matrice.

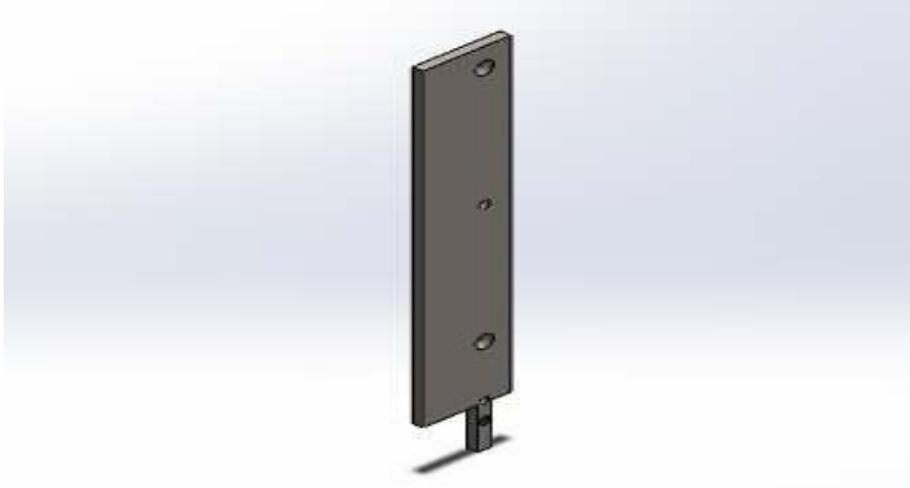


Figure III.7:Guide de tôle.

- **Serre-flan**

Le serre-flan est la pièce responsable de maintenir la tôle contre la matrice lors de l'actionnement du poinçon, il est fixé à la matrice à quatre vis. Il permet aussi le guidage du poinçon pour une parfaite Co axialité avec la matrice pour obtenir un flan parfaitement découpé. Il est une pièce prismatique trouée au milieu (trou de même forme que le poinçon, permettant le guidage de celui-ci).

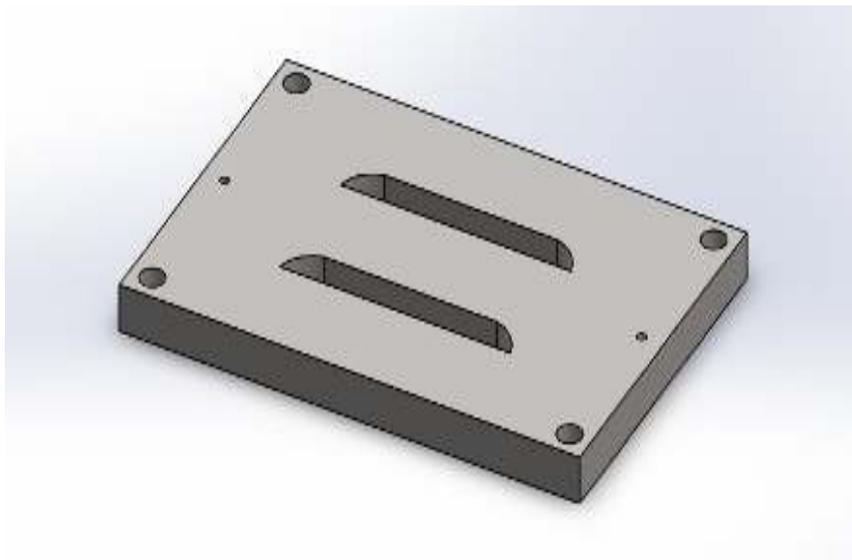


Figure III.8:Serre-flan.

- **Nez de fixation**

Il est fixé à la semelle supérieure. On peut le faire de deux manières, forcées et frapper ou enfileur. La première option est utilisée lorsque l'épaisseur de la tête est inférieure ou égale à 25,0 mm, sinon, elle est optée pour le filetage. La pointe doit être située au centre des forces de semelle supérieure de manière à ce qu'il n'y ait pas d'inclinaison dans les poinçons lors de l'application de force par les presses.

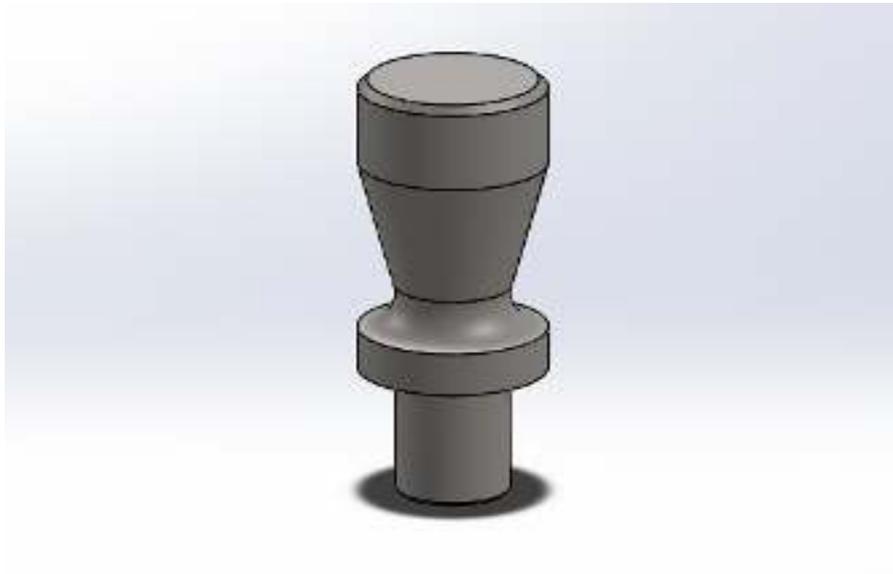


Figure III.9:Nez de fixation.

III.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons réalisé une étude approximative de l'outil que nous avons utilisé, en effectuant une série de calculs successifs. Cela nous a permis d'évaluer la capacité de la presse, la résistance des poinçons au flambage et à la compression, ainsi que le jeu de découpage et d'emboutissage. Enfin, nous avons ajouté une brève description de cet outil.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le procédé de fabrication de pièces en tôlerie dans l'industrie est bien établi depuis de nombreuses années et continue de se développer au fil des dernières années en raison de sa demande croissante. Il offre la possibilité de produire des articles en grandes quantités à des coûts abordables.

Après avoir effectué une étude théorique sur le travail des tôles en général, nous avons ensuite entamé la phase de conception de l'outil. Cette étape a été réalisée à l'aide d'un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO), qui nous a fourni les caractéristiques dimensionnelles et géométriques des différents composants de l'outil.

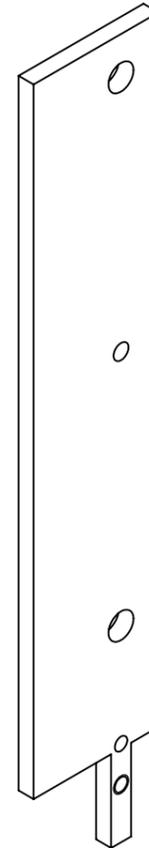
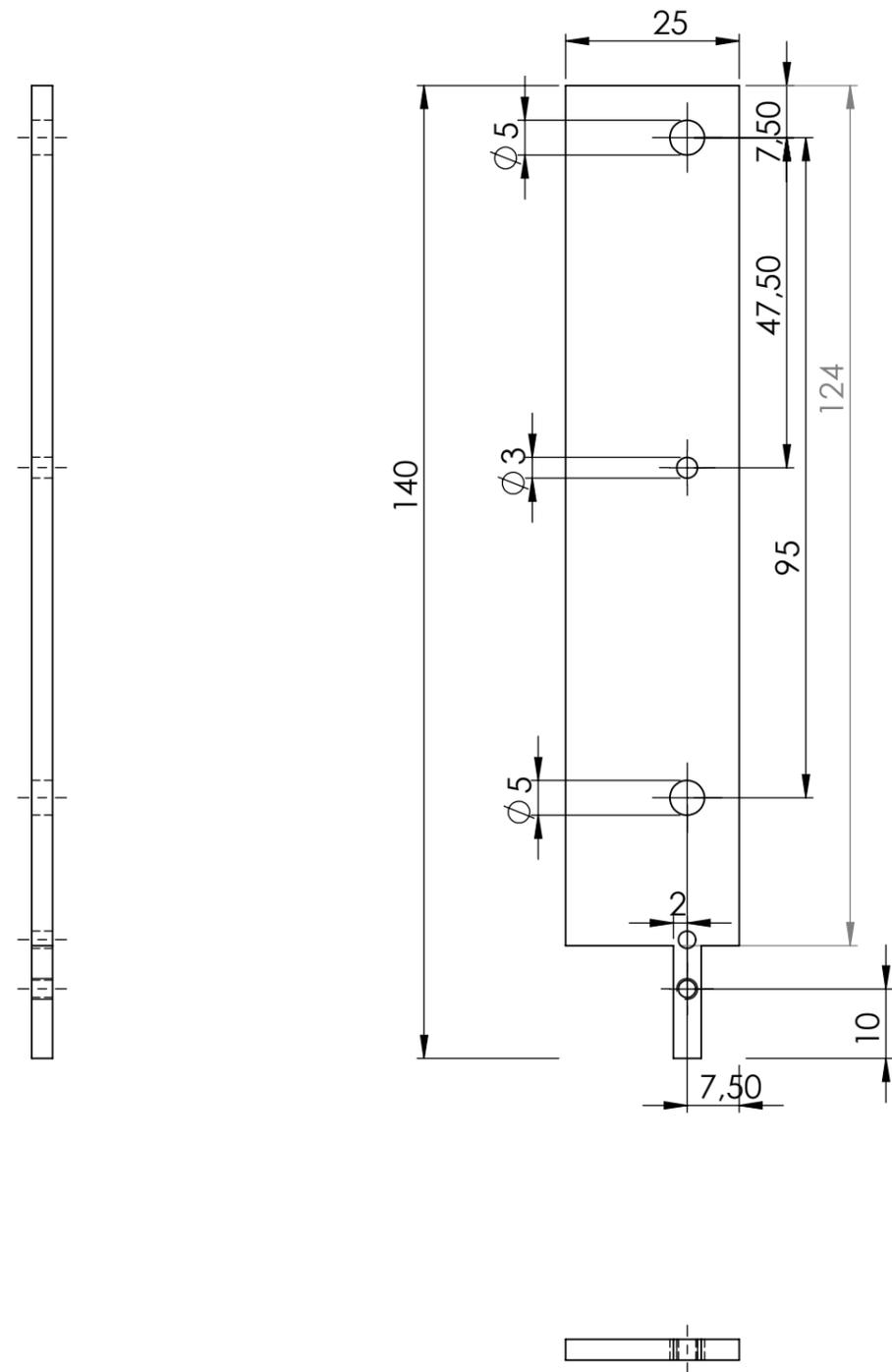
La conception de cet outil nous a offert l'opportunité d'approfondir notre recherche sur les outils de presse et de mettre en pratique les connaissances théoriques que nous avons acquises lors de notre formation universitaire.

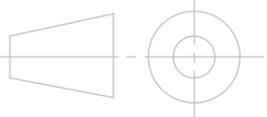
Malgré nos efforts pour mener à bien cette étude, nous ne prétendons jamais que ce travail est parfait, par conséquent il reste ouvert au critique et proposition allant dans le sens de son éventuel amélioration.

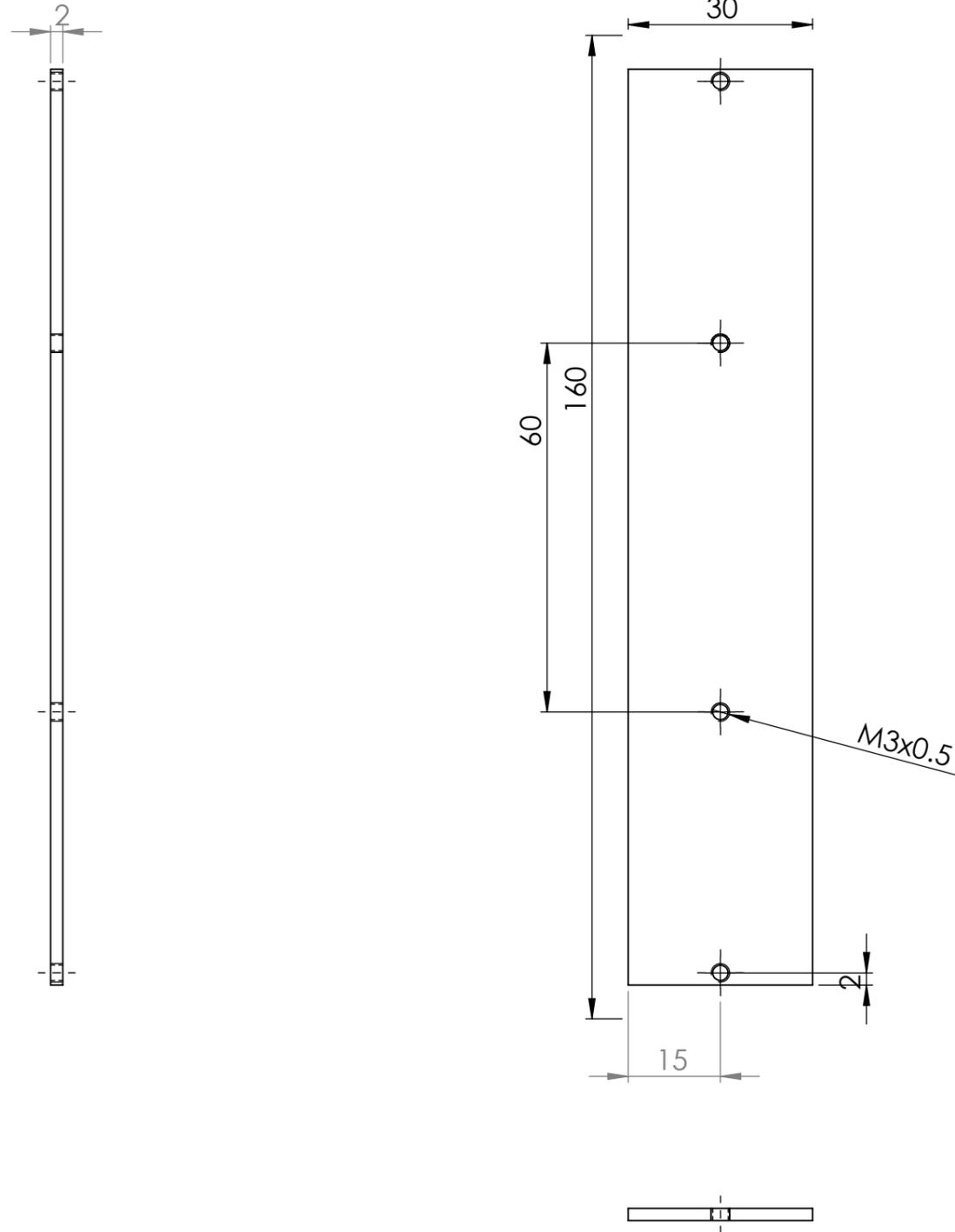
Références bibliographiques

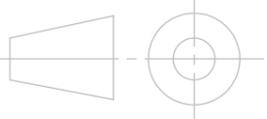
Références bibliographiques

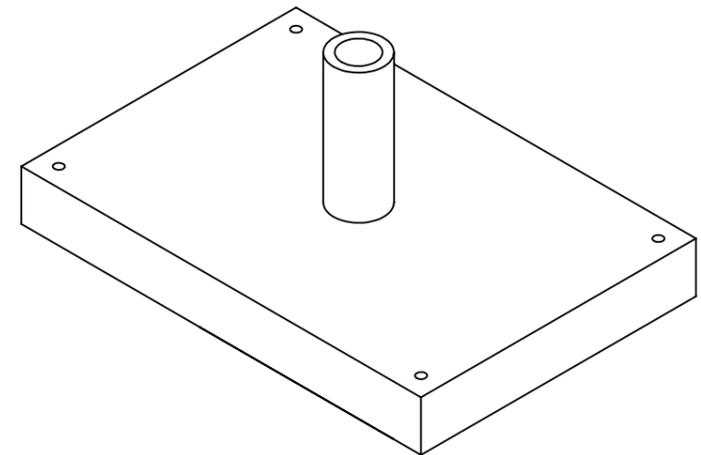
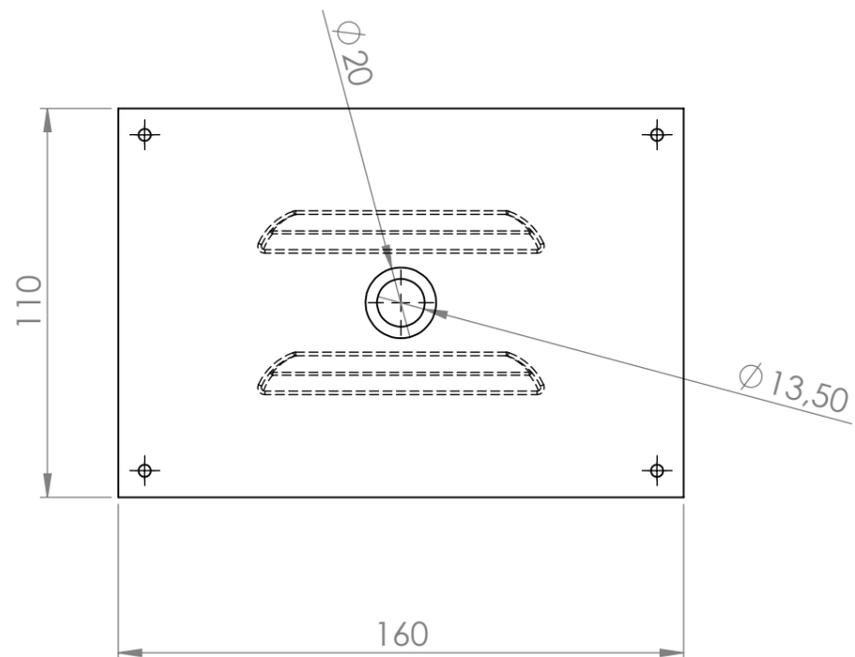
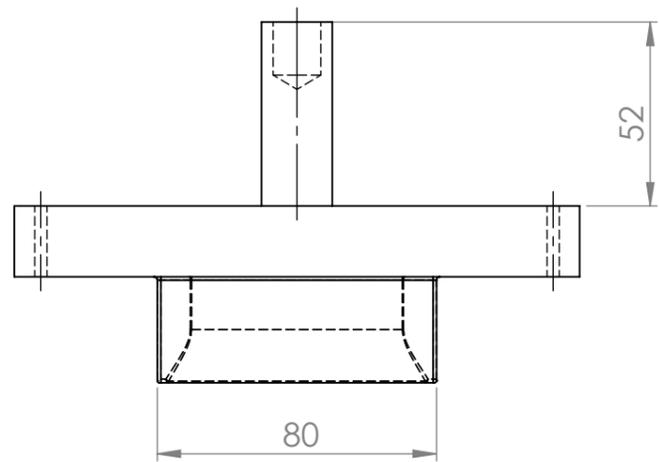
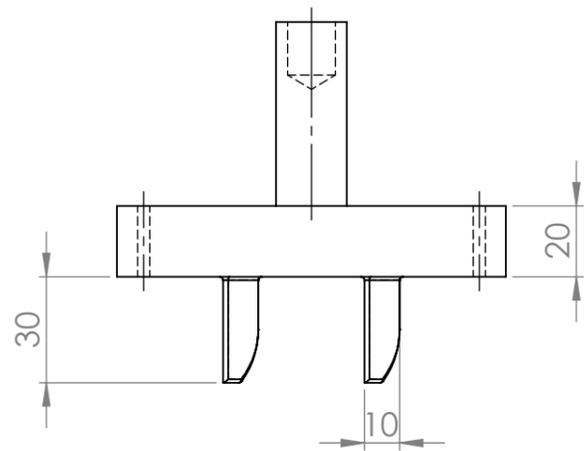
- [1] M.JERBI, Procédés de mise en forme, Support de cours, Institut supérieur des études technologiques de Nabeul, Année universitaire 2017-2018.
- [2] M.ZIBATE, projet fin d'études le laminage, Université International de Casablanca, 2015.
- [3] OULD BEN HEMMOU, ABDERRAHMANI « Étude et conception d'un outil de poinçonnage-emboutissage pour la fabrication d'une pièce de cuisinière ENIEM », mémoire de master II en construction mécanique, UMMTO 2018.
- [4] SAADI Toufik « Étude et conception d'un outil à suivre à bande », mémoire de master II en fabrication mécanique, UMMTO 2014.
- [5] HADDADOU Mahdi, AICHOUN Mohammed « Etude et conception de deux outils de découpage-poinçonnage et de pliage pour clapet air bruleur », mémoire de master II en construction mécanique, UMMTO 2013.
- [6] R. QUATREMER., Déformation plastique des tôles. À l'usage des techniciens en génie mécanique. Edition DELAGRAVE. 1981.
- [7] TECHNIQUE DE L'INGENIEUR (SNDL).
- [8] LINHER JEROME, Microtechniques – Découpage, lycée jules haag ,2015.
- [9] Claude CHEZE, Résistance des matériaux ; Dimensionnement des structures, Edition marketing S.A, 1996.
- [10] V. Boljanovic, “Sheet metal forming processes and die design industrial press”, New York, 2004.

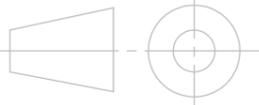


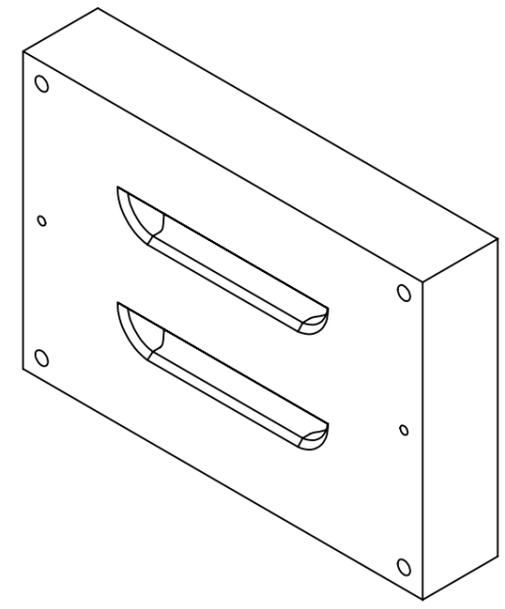
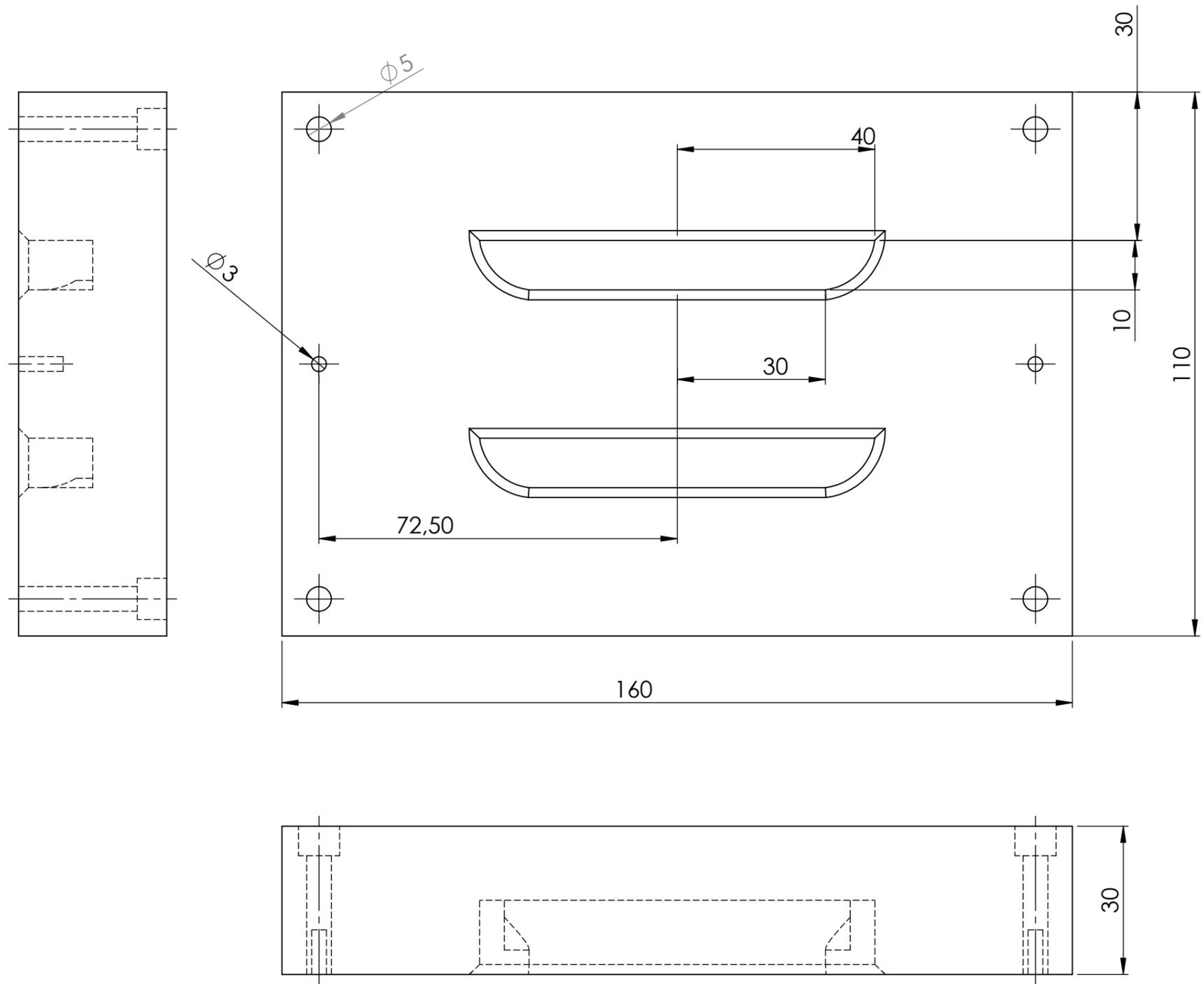
Echelle 1:1	UNIVERSITE A-MIRA BEJAIA	
	Guide de tolèrie	C45
		10/6/2023
A3	ARRACHE, GAHRIR	GM FMP

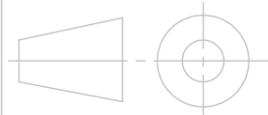


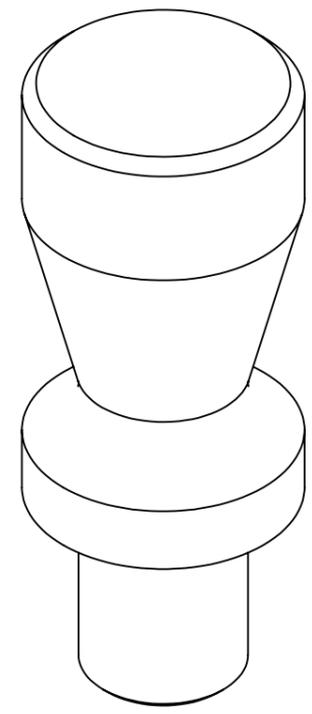
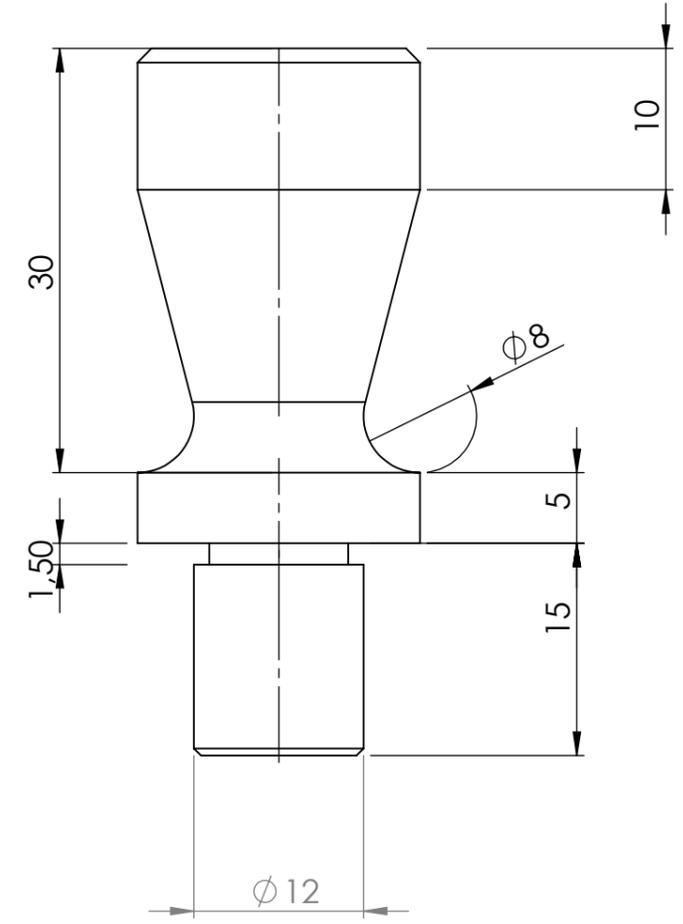
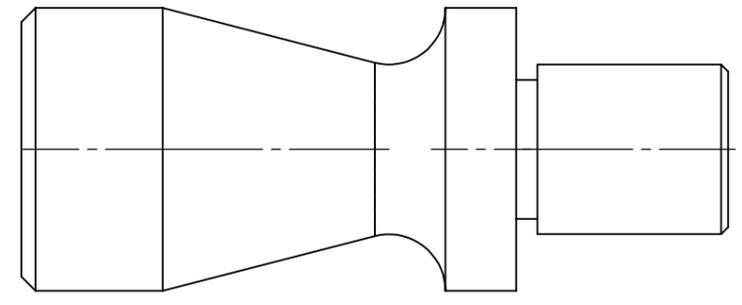
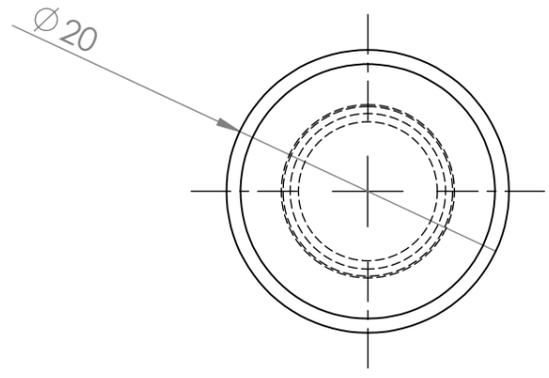
Echelle 1:1	UNIVERSITE A-MIRA BEJAIA	
	Guide flottant	C45
		10/6/2023
A3	ARRACHE, GAHRIR	GM FMP

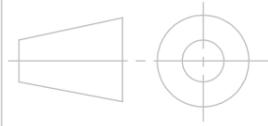


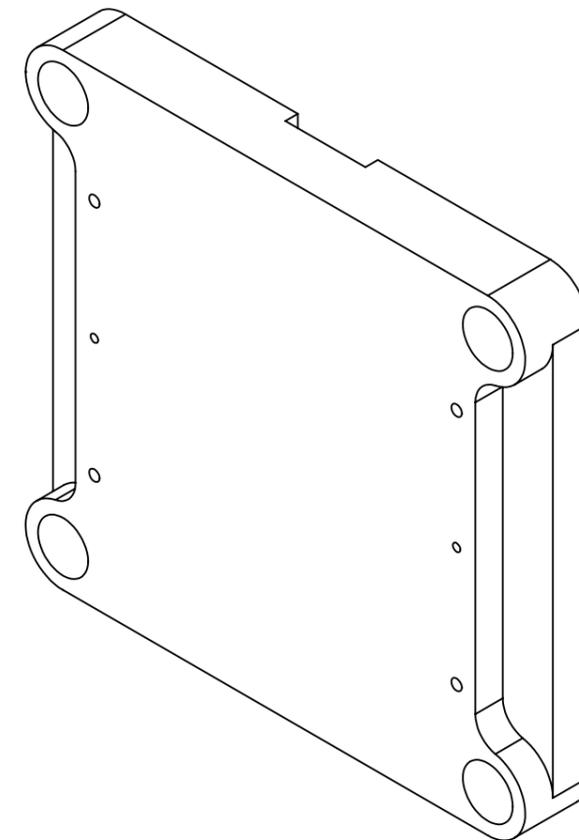
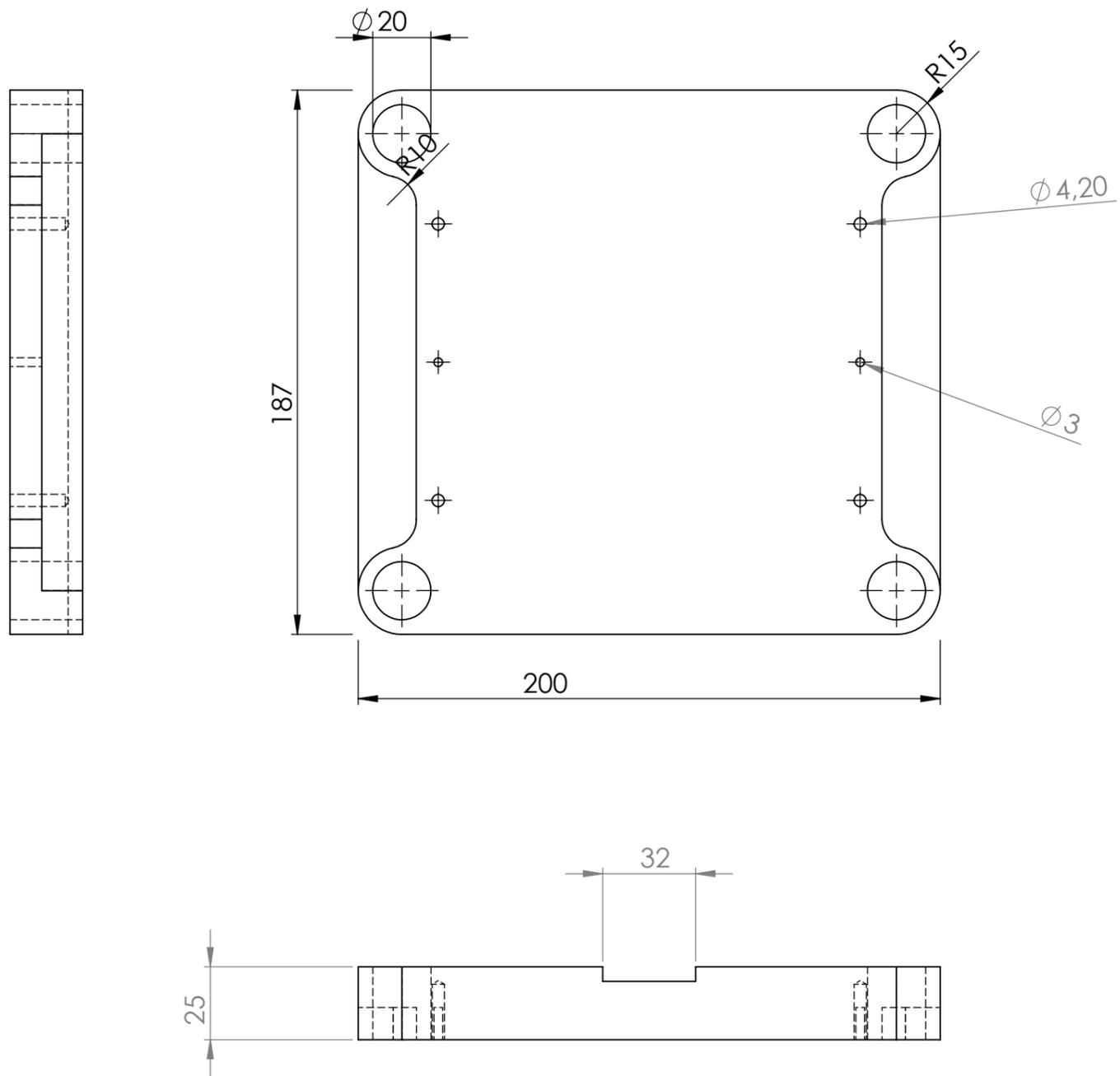
Echelle 1:2	UNIVERSITE A-MIRA BEJAIA	
	Matrice superieur	Z200c12
		10/6/2023
A3	ARRACHE, GAHRIR	GM FMP

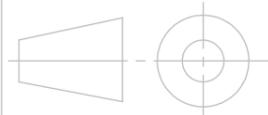


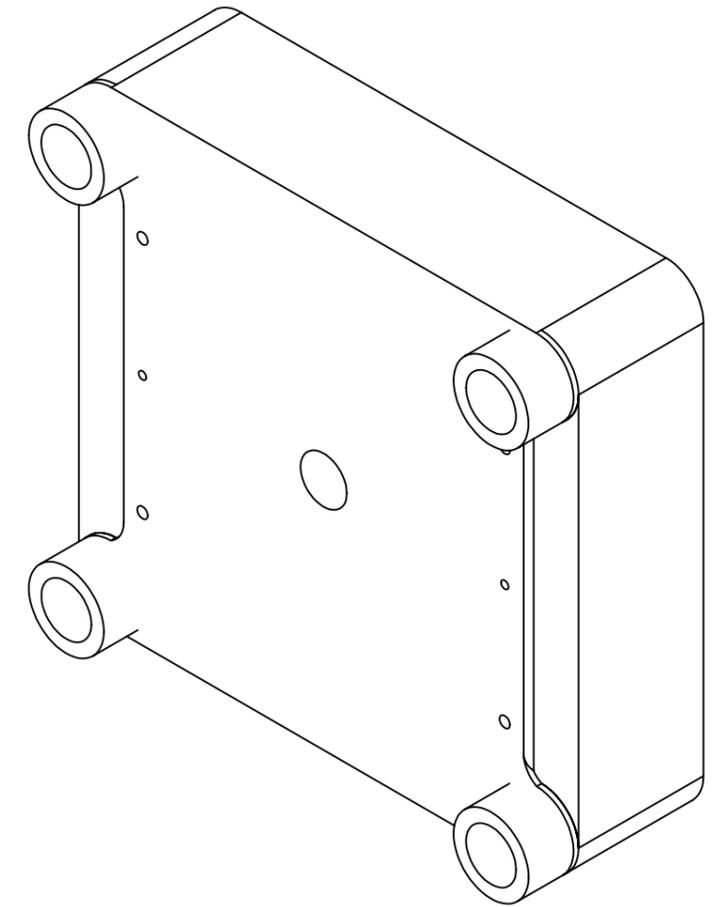
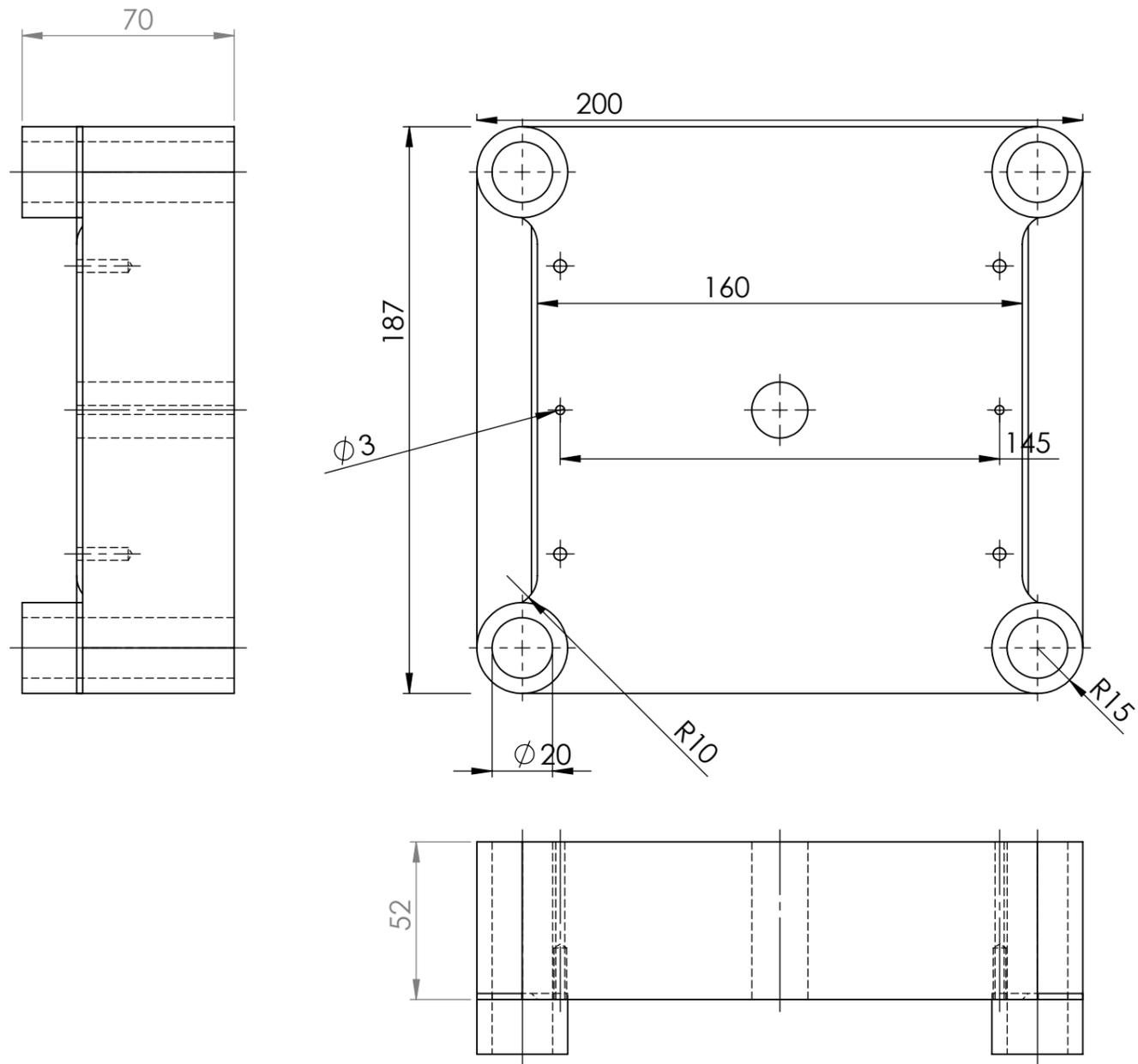
Echelle 1:1	UNIVERSITE A-MIRA BEJAIA	
	Matrice inferieur	Z200c12
		10/6/2023
A3	ARRACHE, GAHRIR	GM FMP

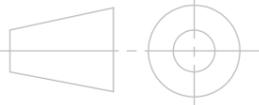


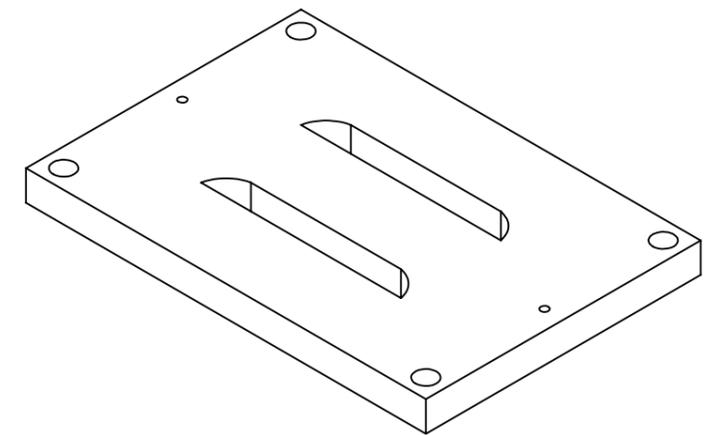
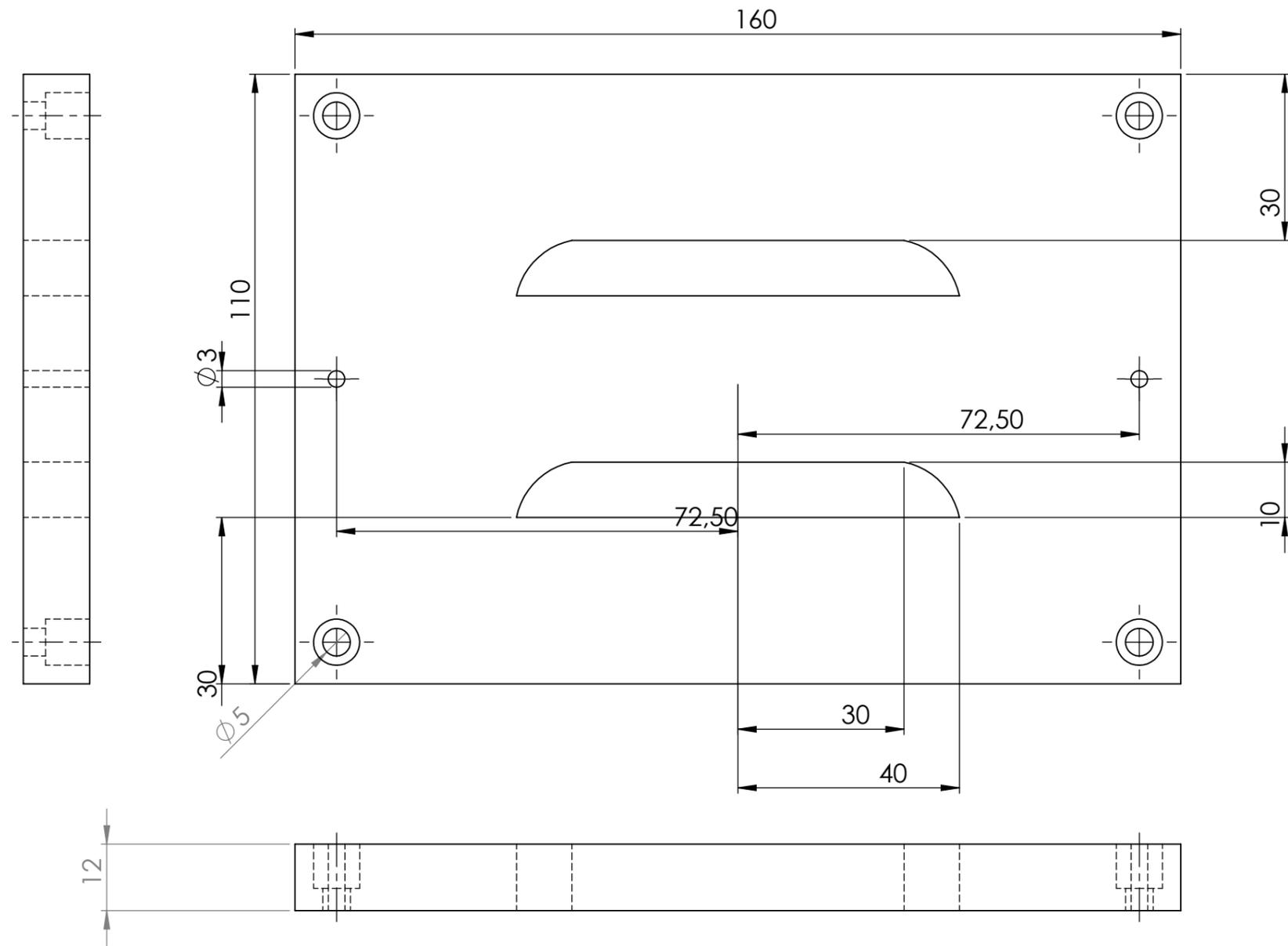
Echelle 2:1	UNIVERSITE A-MIRA BEJAIA	
	Nez de fixation	C65
		10/6/2023
A3	ARRACHE, GAHRIR	GM FMP

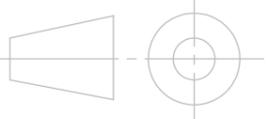


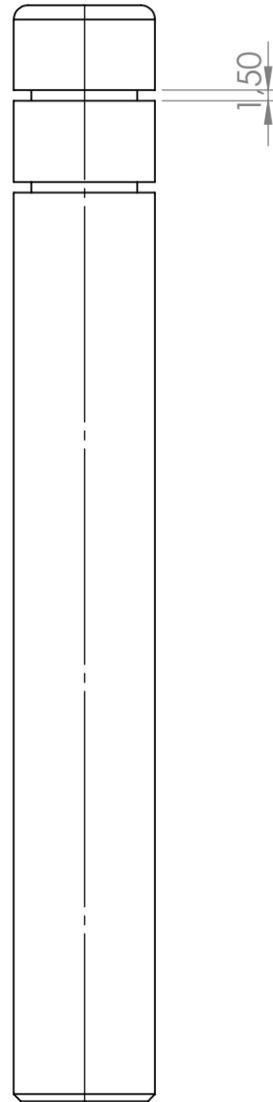
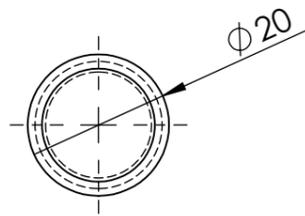
Echelle 1:2	UNIVERSITE A-MIRA BEJAIA	
	Semelle inferieur	E24
		10/6/2023
A3	ARRACHE, GAHRIR	GM FMP

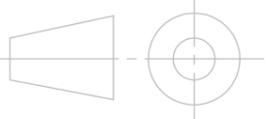


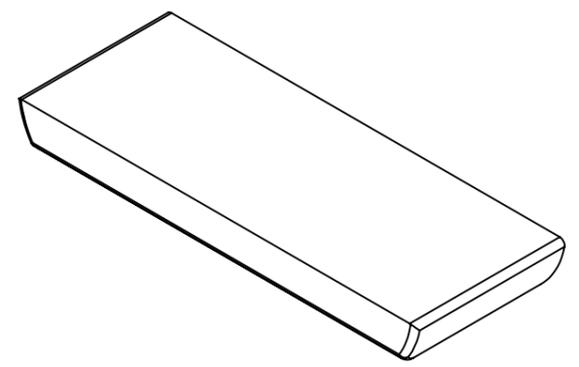
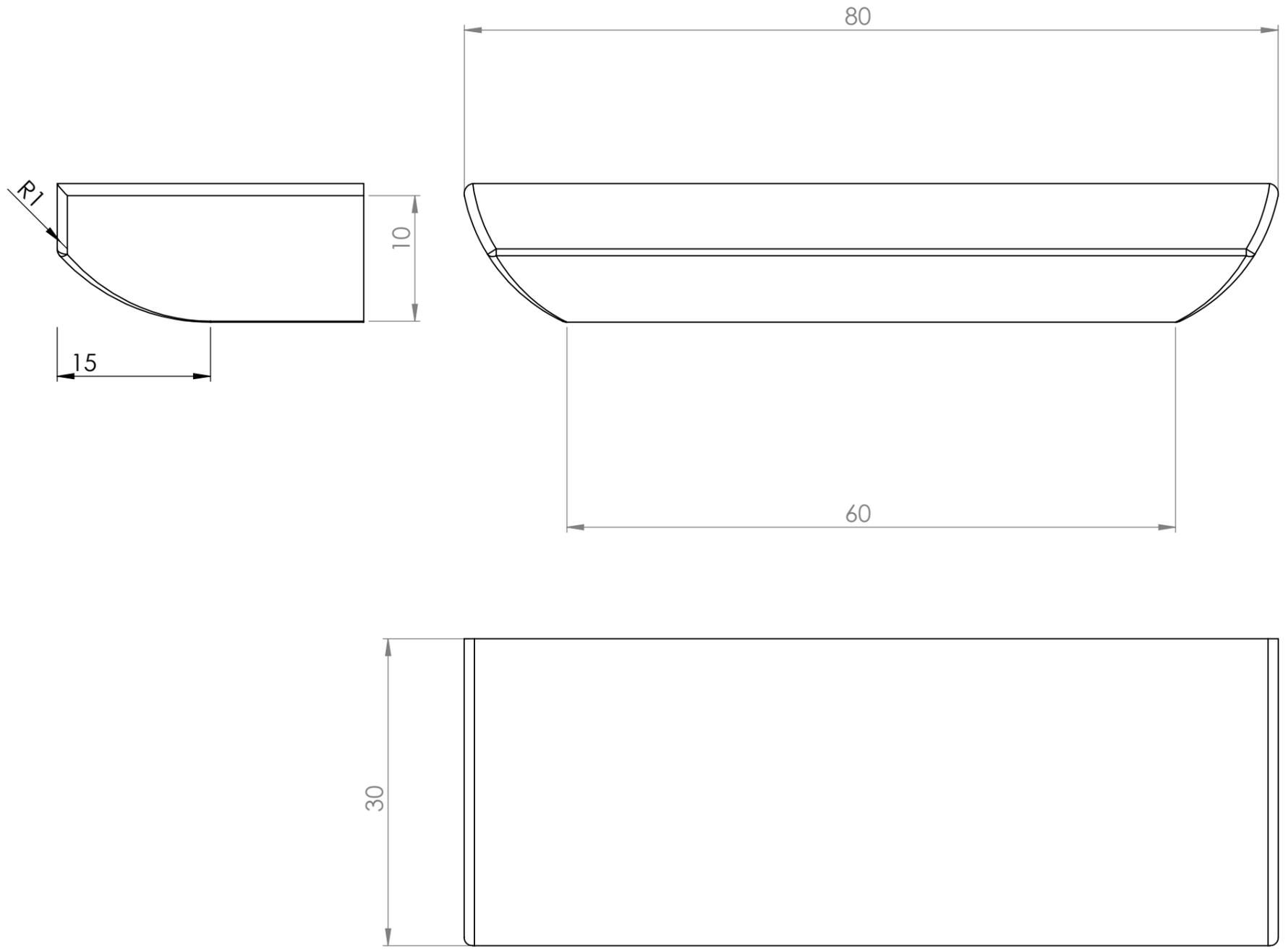
Echelle 1:2	UNIVERSITE A-MIRA BEJAIA	
	Semelle superieur	E24
		10/6/2023
A3	ARRACHE, GAHRIR	GM FMP



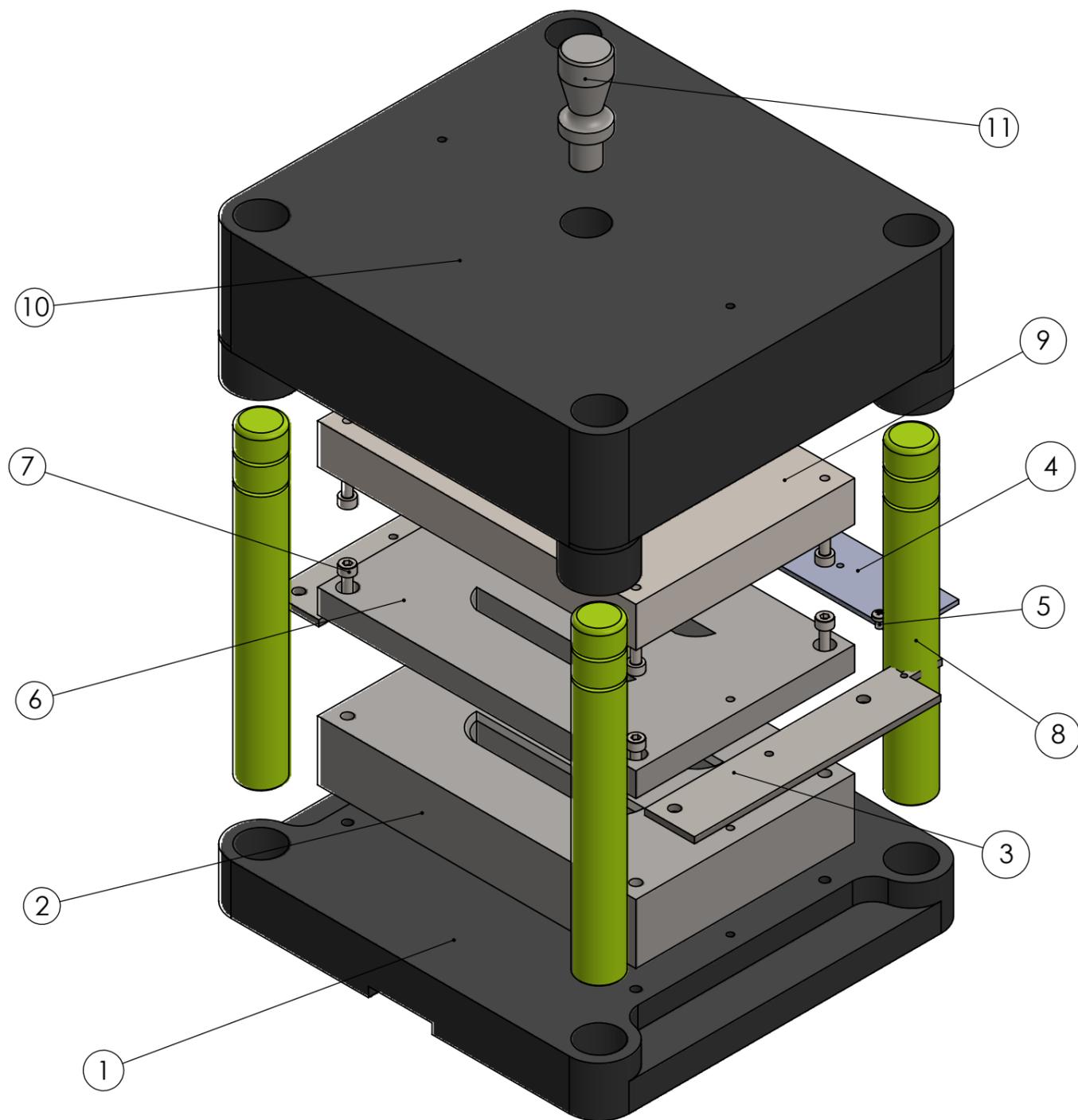
Echelle 1:1	UNIVERSITE A-MIRA BEJAIA	
	Serre flan	C45
		10/6/2023
A3	ARRACHE, GAHRIR	GM FMP



Echelle 1:1	UNIVERSITE A-MIRA BEJAIA	
	Colonne de guidage	C65
		10/6/2023
A3	ARRACHE, GAHRIR	GM FMP



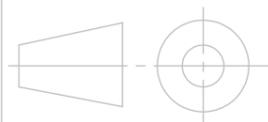
Echelle 2:1	UNIVERSITE A-MIRA BEJAIA	
	Dent	Z200c12
		10/6/2023
A3	ARRACHE, GAHRIR	GM FMP



No	Désignation	Matière	Description	Qtr
1	Semelle inférieur	E24		1
2	Matrice inferieur	Z200c12	Traitée	1
3	Guide de tolerie	C45		2
4	Guide flottant	C45		1
5	Vis DIN EN M3 x 5			2
6	Serre flan	C45		1
7	Vis DIN 912 M5 x 30			8
8	Colonne	C65		4
9	Matrice supérieur	Z200c12	Traitée	1
10	Semelle supérieur	E24		1
11	Nez de fixation	C65		1

Echelle 1:5

UNIVERSITE A-MIRA BEJAIA



Assemblage de l'outil
de découpage

10/6/2023

A4

ARRACHE, GAHRIR

GM FMP