

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERRI -TIZI-OUZOU  
FACULTÉ DU GÉNIE DE LA CONSTRUCTION  
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE**



## **MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES**

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME MASTER 2 EN GENIE MECANIQUE  
OPTION : CONSTRUCION MECANIQUE**

### **THÈME**

***ÉTUDE DU PROCÉDÉ DE POINÇONNAGE D'UNE  
TÔLE EN ALUMINIUM***

**Présenté par :**

**HADDADI Aziza  
AMARA Thiziri**

**Dirigé par :**

**Mr OULD Ouali**

**Promotion 2017/2018**

# Remerciements

Je remercie tout d'abord le bon DIEU de m'avoir donné la force, la volonté et le courage nécessaire pour l'élaboration de ce travail.

Ensuite,

Je tiens encore à remercier mon promoteur Mr OULD Ouali pour avoir bien voulu m'encadrer, pour ses précieux conseils et orientations et sa disponibilité constante tout au long de mon travail

Je tiens également à remercier les membres de jury qui ont accepté d'examiner mon travail.

J'adresse mes plus vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## **Dédicaces**

Je dédie ce mémoire à:

Nous tenons en premier lieu à remercier le Bon Dieu pour le courage et la patience qui nous a donné afin de mener ce projet à terme.

A ma très chère mère qui est toujours à mes côtés pour son amour et son soutien inconditionnels.

À la mémoire de mon père

A mes chers amis, amies de par le monde qui n'ont cessé de m'encourager

**AZIZA**

## **Dédicaces**

Je dédie ce mémoire à:

Nous tenons en premier lieu à remercier le Bon Dieu pour le courage et la patience qui nous a donné afin de mener ce projet à terme.

A mes chers parents, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sentiments pour leur patience illimité, leurs encouragements contenus, et leurs présences dans ma vie.

A mon très cher mari Djamel. Merci d'être toujours à mes cotés

A mes chers frères et sœurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance de courage et de générosité.

A mes chers amis, amies de par le monde qui n'ont cessé de m'encourager.

**Thiziri**

# Sommaire

Remerciements.....	i
Dédicaces .....	ii
Liste des figures.....	iii
Liste des tableaux .....	vii
Introduction générale.....	1

## CHAPITRE I : Les procédés de mise en forme des pièces mécaniques

I.1 Introduction .....	2
I.2 L'objectif de la mise en forme des métaux .....	2
I.3 Le découpage.....	3
I.3.1 - Historique des études en découpage .....	3
I.3.2 Différents types de découpage .....	4
• a-Cisailage.....	4
• b- Encochage : .....	5
• C- Crevage : .....	5
• g-Ajourage : .....	6
• h-Emboutissage : .....	6
I.3.3 Effort de découpage et d'extraction .....	8
I.4 Le poinçonnage .....	8
I.4.1 Principe.....	10
I.4.2 efforts de poinçonnage dans différentes matières .....	11
I.4.3 Efforts et contraintes sur l'outil.....	12
I.4.3.1 Effort de découpage pour les poinçons .....	12
I.4.3.2 Effort de dévêtissage .....	13
I.4.3.3 Contraintes sur les outils .....	14

I.4.4 Paramètres influents en découpage .....	16
I.4.4.1 Le jeu de découpage .....	16
I.4.4.2 Paramètres liés au réglage de l'outil et de la presse .....	17
• a-Serre-flan : .....	17
• b-Pénétration du poinçon en matrice : .....	18
• c-Vitesse de découpage : .....	19
I.4.4.3 Paramètres liés à l'usure de l'outil .....	20
• a- Lubrification : .....	20
• b-Matériaux à outil : .....	20
I.4.5 Avantages et inconvénients du poinçonnage .....	20
• a)Avantage : .....	20
• b) Inconvénients : .....	20
I.5 Conclusion.....	21

## **CHAPITRE II : Généralités sur lrs presses et les outils de presses**

II.1 Introduction : .....	22
II.2. Définition : .....	22
II.3. Classification des presses .....	23
II.3.1 Selon la nature de transmission de l'énergie .....	23
A. Presse mécanique.....	23
B. Les presses hydrauliques.....	24
II.3.2 Selon la forme du bâti.....	25
II.3.2.1 Presses à col de cygne .....	25
II.3.2.2 Presses à arcade : .....	25
II.3.2.3 Presses à montant droit : .....	26
II.3.2.4 Presses à table mobile et bigorne : .....	27

II.3.2.5 Presses à colonnes :	27
II.3.3 Selon le nombre de coulisseau :	28
II.3.3.1 Presse à simple effet :	28
II.3.3.2 Presse à double effets :	28
II.3.3.3 Presse à triple effets :	29
II.4 Caractéristique d'une presse :	29
II.5 Exigence de choix d'une presse :	29
II.6 outils de presse :	29
II.6.1 Poinçon :	30
II.6.2 Matrice :	30
II.6.3 Dépouille :	31
II.6.4 Affutage :	32
II.7 Types d'outils de presse :	32
II.7.1 Outils à découper :	32
II.7.1.1 Outil découvert :	32
II.7.2.2 Outil à contre plaque:	34
À engrenage .....	34
A couteau.....	34
II.7.2.4 Outil à presse-bande :	35
II.7.2.4 Outil suisse :	36
II.7.2 Outil de poinçonnage à serre-flan :	36
II.7.3 Outil combiné :	37
II.7.4 Outils d'emboutissage :	37
II.7.4.1 Outil sans serre-flan :	38
I.7.4.2 Outil à serre-flan :	38
Outil monté sur presse à simple effet.....	38
Outil monté sur presse à double effets.....	39

II.7.5 Outil de cambrage :	39
II.7.5.1 Outil de cambrage en V :	40
II.7.5.2 Outil de cambrage en U :	40
II.7.5.3 Outil de cambrage en équerre :	41
II.7.6 Les matériaux utilisés :	41
II.7.7 Graissage des outils :	43
II.8 Conclusion :	43

### **CHAPITRE III : Etude conception et réalisation de l'outil**

III.1 Introduction :	44
<b>Partie 1 : Etude et conception</b>	44
III.2 Cahier des charges :	44
III.2.1 Travail demandé :	45
III.3 Choix du matériau :	45
III.3.1 PROPRIETER PHYSIQUE :	46
• Pour l'aluminium 1050 :	46
• Pour l'aluminium 7075 :	46
III.4 La CAO (conception assistée par ordinateur) :	46
III.4.1 Définition de la CAO :	46
III.4.2 Application :	47
• Conception des pièces de l'outil :	47
• Le poinçon :	47
• La matrice :	48
• Semelle inférieure :	48
• Semelle supérieure :	49
• Porte poinçon :	49

• Serre flan : .....	50
• Porte matrice : .....	50
• Douille de guidage : .....	51
• Colonne de guidage : .....	51
• Embase supérieure : .....	52
• Embase inférieure : .....	52
• Nez de fixation inférieure .....	53
• Nez de fixation supérieure .....	53
• Assemblage des pièces de l'outil : .....	54
• Mise en plan : .....	55
III.5 Calcul des efforts .....	56
III.5.1 Les données : .....	56
III.5.2 Le jeu de découpage .....	56
III.5.3 Détermination des diamètres des poinçons et des matrices .....	57
III.5.3 Calcul de l'effort de poinçonnage .....	58
III.5.4 Calcul d'effort total de découpage-poinçonnage : .....	59
III.5.5 Effort de dévêtissage ( $F_{dév}$ ) .....	59
III.5.6 Calcul de l'effort fourni par la presse $F_{pr}$ .....	60
III.6 Choix de ressort .....	60
III.6.1 Calcul de la raideur des ressorts : .....	61
III.7 Calcul des poinçons au flambement : .....	63
III.8 Détails de l'outil .....	65
• Porte poinçon : .....	65
• Serre flan .....	65
• Poinçon .....	66
• Matrice : .....	66
• Semelle inférieure : .....	66

• Semelle supérieure :	66
• Colonne de guidage :	66
• Les embases :	67
III.8.1 Les éléments constituant l'outil :	67
III.8.2 Le choix du matériau de l'outil	68
III.9 Choix de la presse à utiliser :	69
<b>Partie 2 : réalisation de l'outil</b>	71
III.1 Généralité sur l'usinage	71
III.2 Machine–outil utilisées	71
III.2.1 Procédés d'usinage	71
III.2.2 Tournage	72
III.2.2.1 Procédé de tournage	72
III.2.2.2 Les tours	73
III.2.2.3 Classification des machines de tournage :	73
• Les tours parallèles à charioter et à fileter	74
III.2.2.4 Régimes de coupe	74
III.2.2.5 Support et entraînement des pièces sur le tour	74
• Montage en l'air :	74
• Montage mixte :	75
III.2.2.6 Opérations utilisés en tournage	76
III.2.3 Perçage	77
III.2.4 Fraisage	77
III.2.4.1 Classification des fraiseuses	78
• Fraiseuses d'outillage (universelles) :	78
• Fraiseuse verticale :	79
III.2.4.2 Caractéristique de la fraiseuse	80
III.2.4.3 Procédés de fraisage	80

III.2.4.4 Opérations de fraisage utilisées .....	81
III.2.4.5 Caractéristiques des fraises .....	82
III.2.4.5 Différents outils utilisés.....	83
III.3 Principe de recherche de gamme de fabrication.....	85
III.3.1 Classification des pièces mécaniques .....	86
III.3.2 Démarche d'élaboration .....	87
III.3.3 Élaboration des gammes des pièces.....	88
III.3.4 Construction du projet gamme .....	88
III.3.5 Analyse des surfaces élémentaires .....	89
III.3.7 Gammes d'usinage .....	91
III.3.7.1 Gammes d'usinage du poinçon.....	91
III.3.7.2 Phase d'usinage poinçon .....	92
III.4 Conclusion .....	93

## **CHAPITRE IV : Résultats et interprétations**

IV.1 Introduction : .....	94
IV.2 Essai de poinçonnage sur la machine de compression/traction.....	94
IV.3 Rappel sur l'aluminium.....	95
IV.3.1 Alliages d'aluminium .....	96
IV.3.2 Désignation des différents alliages d'aluminium.....	96
IV.3.3 Traitements thermiques des alliages d'aluminium.....	97
IV.5 Présentation de l'alliage 7000 .....	99
IV.6 Présentation de l'alliage 1000 (aluminium pur) .....	99
IV.7 Etude expérimentale .....	100
IV.8 Outillage et conditions opératoires.....	100
IV.9 Résultats et discussion.....	102
IV.9.1 Matériaux utilisés.....	102

• a) L 'Aluminium 7075 : .....	102
• b) Alliage d'aluminium 1050 .....	104
IV.9.4 Résultats des essais .....	106
• a. Aluminium 7075:.....	106
• b.Aluminium 1050 : .....	109
IV.10 Conclusion.....	111
Conclusion générale.....	112

Annexes

Bibliographie

### INTRODUCTION GÉNÉRALE

La mise en forme de pièces mécanique consiste à conférer à des matériaux des dimensions situées dans un intervalle de tolérances données ainsi que des caractéristiques précises. Parmi les principaux procédés qui permettent d'assurer la production en série, se trouve le procédé de formage. Ce dernier réunit plusieurs techniques telles que l'emboutissage, le pliage, le découpage ... Le découpage reste l'un des procédés les plus utilisés pour fabriquer des pièces à partir des tôles métalliques. Il permet l'obtention de pièces à des cadences très élevées. Son but est de séparer partiellement ou complètement des zones de la tôle de façon à obtenir la forme voulue et/ou de les préparer pour d'autres opérations. Le découpage-poinçonnage constitue le produit le moins coûteux et le plus rapide pour obtenir un profil donné dans un produit plat, il consiste à détacher un contour donné à l'aide d'une presse par l'intermédiaire d'un outil dont les parties travaillantes sont le poinçon et la matrice.

Dans le cadre de préparation de notre mémoire de fin d'étude, on se propose de mener une étude de conception et réalisation d'un outil de poinçonnage. Ce dispositif sera par la suite appliqué sur deux alliages différents afin de vérifier son aptitude à mener à réaliser des opérations de poinçonnage.

Pour mener à terme cette étude, nous avons reparti le travail comme suit :

Le premier chapitre traite les différents procédés de mise en forme des pièces mécaniques, les divers paramètres qui influent lors du découpage, ainsi que les efforts et les contraintes qui agissent sur l'outil.

Le deuxième chapitre est consacré à des généralités sur les différentes presses mécaniques et leurs équipements.

Le troisième chapitre est consacré à la conception, l'étude et la réalisation de l'outil de poinçonnage en utilisant le logiciel de conception assisté par ordinateur (CAO) Solidworks. Un calcul de résistance est aussi présenté. A la fin du chapitre, une gamme d'usinage unitaire nécessaire à la réalisation du dispositif est donnée.

Le quatrième chapitre est dédié à la présentation des résultats obtenus lors des essais expérimentaux. Ces essais ont permis de valider notre étude puisqu'ils ont montré que le dispositif réalisé peut effectivement mener des opérations de poinçonnage.

Enfin, une conclusion générale est donnée avec quelques perspectives.

# CHAPITRE I

Les procédés de mise en forme  
des pièces mécaniques

### I.1 Introduction

Les techniques de mise en forme des matériaux ont pour objectif de donner une forme déterminée au matériau tout en lui imposant une certaine microstructure, afin d'obtenir un objet ayant les propriétés souhaitées. C'est un travail qui nécessite de maîtriser parfaitement les paramètres expérimentaux (composition du matériau, température, pression, vitesse de refroidissement, etc.). Les techniques diffèrent selon les matériaux (leur solidité, l'usage, etc.) [3]. De manière générale, la mise en forme des matériaux en métallurgie tient au découpage, formage, soudage et usinage. S'ajoutent à cela différents traitements (traitement thermique...) visant à donner au produit des propriétés particulières.

### I.2 L'objectif de la mise en forme des métaux

L'objectif premier de la mise en forme des métaux est de conférer à une pièce Métallique des dimensions situées dans un intervalle de tolérance donnée. Les principaux procédés de mise en forme des métaux sont apparus progressivement, donnant naissance par la suite à diverses variantes, parfois très nombreuses. Les formes modernes des divers procédés sont le plus souvent apparues récemment pour assurer la production en grande série de pièces à faible coût. Il existe trois voies principales de mise en forme selon l'état de départ du matériau métallique (le moulage, le façonnage et le frittage). La figure I.1 récapitule les principaux procédés de mise en forme des métaux utilisés actuellement. [3]

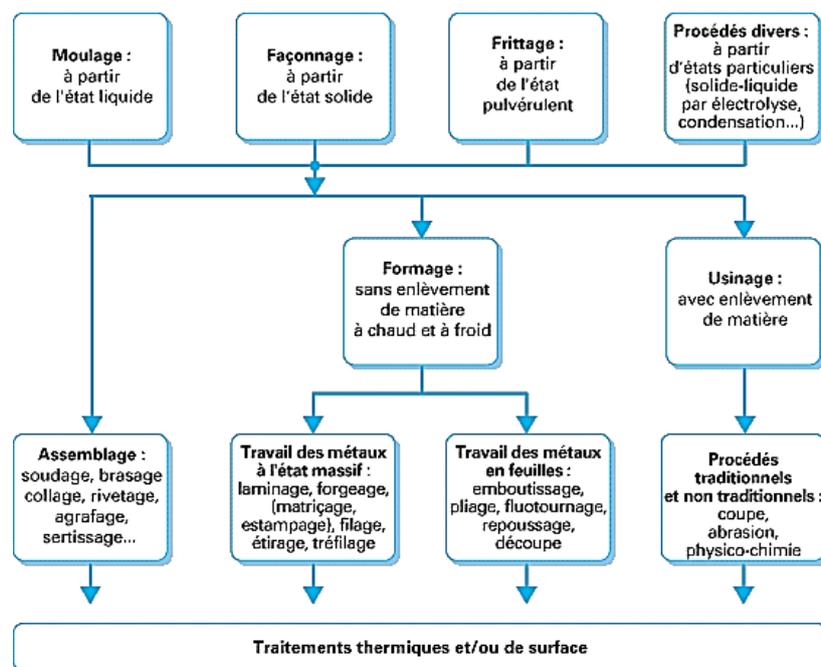


Fig. I.1. Principaux procédés de mise en forme des matériaux métalliques [3]

## I.3 Le découpage

### I.3.1 - Historique des études en découpage

Les études scientifiques concernant le domaine du découpage ont commencé à se développer dès la fin de la seconde guerre mondiale. Durant cette période, les chercheurs ont formalisé les connaissances empiriques issues des pratiques industrielles et développé des lois de comportement plus proches des phénomènes physiques observés. Les travaux expérimentaux portent principalement sur l'influence de quelques paramètres géométriques du procédé de découpage tel que le jeu poinçon/matrice et la forme des outillages. Les auteurs s'intéressent essentiellement à la caractérisation de l'effort de découpe ainsi qu'à l'énergie mise en œuvre afin d'optimiser le procédé. La modélisation théorique du découpage commence à partir des années 60, par le développement des modèles prédictifs. En même temps, les travaux expérimentaux portent sur une bonne compréhension du comportement du matériau au cours de l'opération de découpe. A partir des années 70, des protocoles de simulation numérique des procédés commencent à se développer. En effet, C. Lee et S. Kobayashi traitent le problème d'indentation par la méthode des éléments finis. Cette technique a été ensuite appliquée sur le procédé de découpage. En parallèle, de nouvelles techniques expérimentales ont été appliquées au découpage par W. Dos Santos, afin d'identifier les phénomènes liés à la vitesse de déformation et à la localisation de la déformation.

Au cours des années 80, les travaux en découpage s'intéressent principalement à la simulation des mécanismes d'endommagement et de rupture. Les modèles théoriques proposent des traitements plus élaborés de ces mécanismes. A partir de 1990, l'évolution des codes de calcul fortement non-linéaires permet de mettre en œuvre des simulations numériques du procédé de découpage intégrant des modèles plus évolués. Par contre, du fait des performances des machines de calcul, la majeure partie des études ne traitent que de problèmes bidimensionnels. Les travaux les plus récents portent sur la prise en compte des effets des paramètres procédé/matériau tels que la vitesse de découpe et la température, à la modélisation de l'endommagement et de la rupture en découpage. Certaines études s'intéressent également à l'influence de l'usure des outillages sur la prédiction de l'effort de découpe et sur le profil découpé.

Le découpage-poinçonnage constitue le procédé le moins couteux et plus rapide pour obtenir un profil donné dans un produit plat en grande, moyenne, voir petite séries.

C'est un procédé de fabrication de pièces par cisailage sur un contour fermé. Une différence est faite sur les étapes, elle consiste à détacher un contour donné d'un produit plat : une tôle. L'opération s'effectue sur une presse par l'intermédiaire d'un outil dont les parties travaillantes sont les poinçons et les matrices. L'élément de tôle détaché est appelé le flan.

Le flan s'obtient par séparation suivant une ligne fermée dans une bande ou une feuille.

Après récupération de la pièce découpée, il subsiste un déchet. Le flan est rarement un produit final, il subit d'autres opérations de formage (emboutissage, pliage, etc.), soit sur le même outil (outil composé), soit lors des passes ultérieures. [2]

### I.3.2 Différents types de découpage

Le découpage consiste à enlever de la matière par un cisaillement normal (éventuellement non perpendiculaire) au plan de la tôle. Le découpage regroupe plusieurs procédés on peut citer :

#### a-Cisailage

Le cisailage est la séparation totale ou partielle d'un élément métallique à l'aide de deux lames dont l'une au moins est mobile

La tôle est cisailée entre deux lames : l'une fixe et l'autre mobile, sans formation de copeaux.

Les lames peuvent être circulaires comme dans le cas de la cisaille à molettes.

Physiquement, le cisailage est l'action de séparation d'un corps en deux parties sous un effort appelé contrainte de cisaillement.

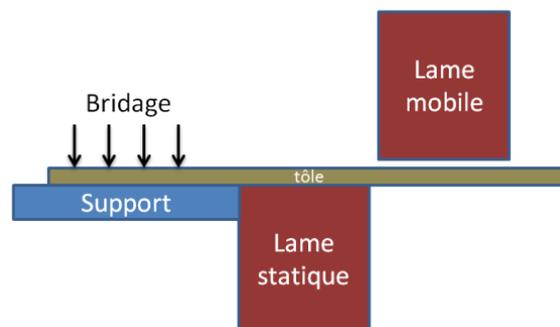


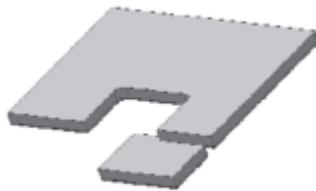
Fig. I.2: Le cisailage. [2]

**b- Encochage :**

L'encochage est une opération de découpage par cisailage effectué sur une machine comportant deux lames formant un angle réglable.

Deux lames mobiles supérieures à angle réglable sont fixées sur un montant « guillotine » et viennent coulisser sur les lames inférieures (réglables) fixées sur le bâti de la machine.

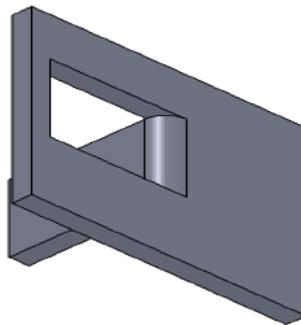
Il consiste à découper une zone partielle de métal sur le bord d'un flan ou d'une bande.



**Fig. I.3.** Encochage [1]

**C- Crevage :**

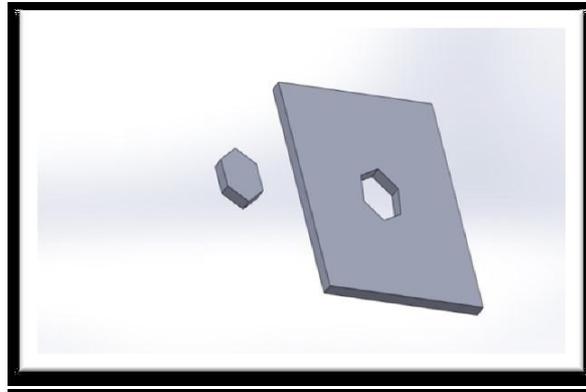
C'est un découpage partiel, suivant une ligne non fermée sans enlèvement de matière. Généralement il est fait sur des tôles épaisses.



**Fig. I.4:** Crevage. [1]

**g-Ajourage :**

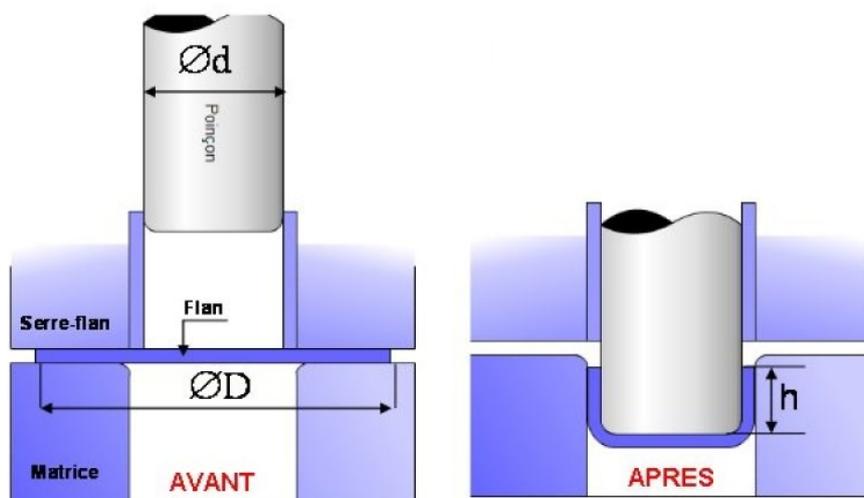
C'est une opération qui consiste à découper une forme donnée dans le flan



**Fig.I.5 :** Ajourage [4]

**h-Emboutissage :**

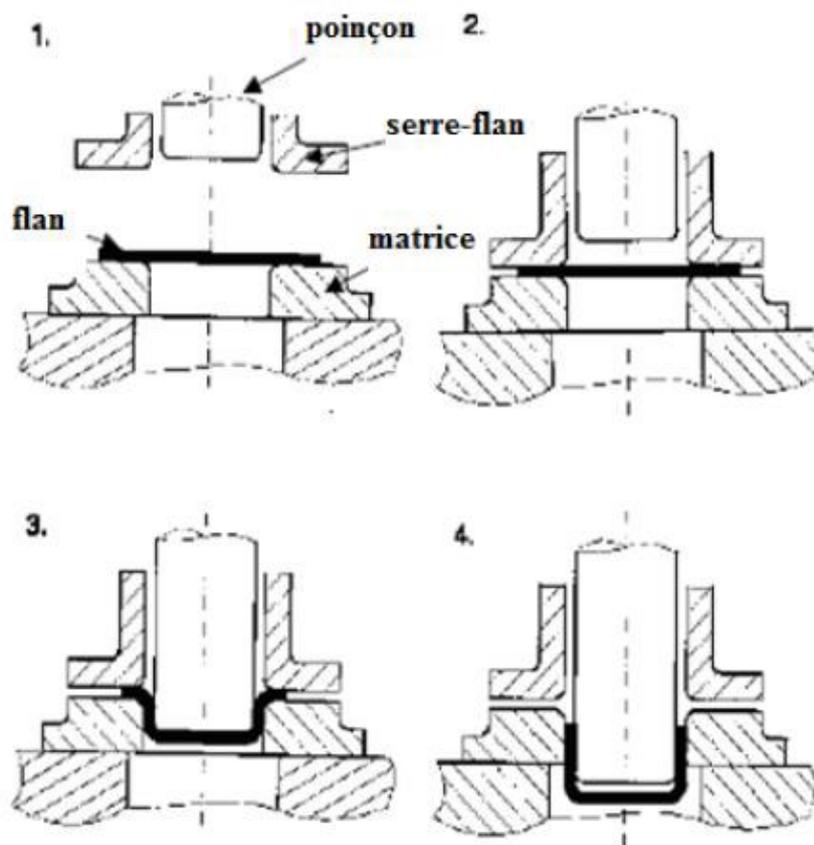
L'emboutissage est un procédé de formage qui consiste à transformer une tôle plane en une forme creuse de géométrie plus ou moins complexe. Ce procédé nécessite une presse hydraulique ou mécanique équipée d'un outillage constitué essentiellement par un poinçon et une matrice. En général, on ajoute un serre flan pour prévenir le plissement de la tôle en périphérie du poinçon. Le métal subit une déformation permanente lorsque la tôle est entraînée par le poinçon dans la matrice. On nomme « embouti » le corps creux avec une paroi plus ou moins cylindrique et un fond, obtenu par emboutissage.



**Fig.I.6 :** Emboutissage.

L'entrée de la matrice doit être très arrondie et polie pour éviter toute déchirure du métal et pour optimiser le comportement des zones de rétreint aucun angle ne doit être vif et un parfait état de surface est primordial : la mise au point de tels outils est une opération très spécialisée et très coûteuse notamment sur les pièces d'aspect complexe. Le processus d'emboutissage est comme suit :

- Une coupe à travers l'installation d'outil montre le poinçon, la matrice et le feuillard (ou l'objet) sur la reliure. La reliure est en position élevée.
- La reliure et le poinçon sont descendus. La reliure atteint la feuille en avant du poinçon et de ce fait une pression, la force de reliure, est appliquée sur la feuille.
- Le poinçon est maintenant en contact avec la feuille et la feuille est dessinée par l'ouverture dans la matrice.
- Le poinçon s'écarte vers le haut et le composant formé est éliminé de l'outil.



**Fig.I.7** : Le processus d'emboutissage en quatre étapes

### I.3.3 Effort de découpage et d'extraction

➤ **Effort de découpage :**

C'est l'effort nécessaire au découpage d'une pièce donnée, il est égal au produit du périmètre P de la pièce par son épaisseur e et par la résistance Rc à la rupture au cisaillement du métal à découper.

$$F = P \times e \times R_c \text{ (daN)}$$

Avec :

**P** : le périmètre de la surface a découpé en mm;

**e** : épaisseur de la surface a découpé en mm;

**Rc** : résistance au cisaillement de la tôle a découpé (daN/mm<sup>2</sup>).

Matériaux	Rc (daN/mm <sup>2</sup> )
Acier dur	70
Acier inoxydable	55
Acier doux	40
Aluminium	10

**Tableau.I.1** : Résistance au cisaillement Rc de quelques matériaux.

➤ **Effort d'extraction :**

C'est l'effort nécessaire pour dégagé le poinçon de la zone de découpage, il varie de 2 à 7 % de celui de découpage selon la bande entourant le poinçon soit :

- ❖ 7 % de l'effort de découpage en pleine tôle.
- ❖ 2 % si la chute de découpage est faible.

### I.4 Le poinçonnage

Le poinçonnage est un cisailage de forme fermée. Le débouchage du trou est exécuté à l'aide d'un poinçon et d'une matrice.

Dans l'industrie, l'opération de poinçonnage est réalisée à l'aide de presses hydrauliques ou mécaniques. La tôle est mise et maintenue en position entre la matrice et le serre-flan.

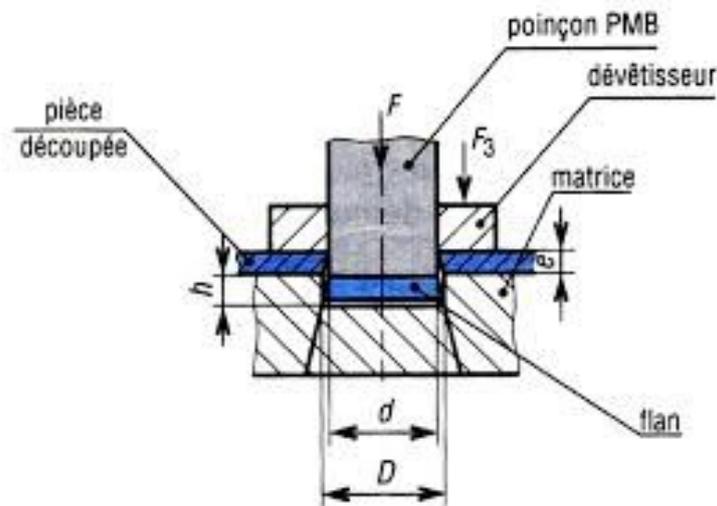
Animé d'un mouvement de translation, le poinçon vient en contact avec la tôle sur laquelle il exerce un effort en appui sur la matrice. Conventionnellement, la matrice constitue la partie fixe de l'outillage.

L'organe principal du procédé est un outil constitué de deux éléments:

- Une matrice, qui a un évidement correspondant à la forme de la découpe souhaitée,
- Un poinçon, avec une forme complémentaire, généralement animé d'un mouvement de translation.
- 

Deux autres éléments principaux entrent en jeu lors du découpage (**figure I.9**) :

- Une tôle ou bande de matière à découper,
- Un dévêtisseur (serre flan), qui a 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.



**Fig.I.8** : Schématisation du principe du poinçonnage

### I.4.1 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 ce fait a plusieurs étapes :

- a) **L'impact** : provoque un gonflement dans la surface de la pièce. (**Figure A**)
- b) **La pénétration** : Fibres superficielles coupées et Fibres internes en extension. (**Figure B**)
- c) **Le 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**)
- d) **La séparation** : Rupture par extension des fibres. (**Figure D**)
- e) **La 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**)
- f) **le 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**)

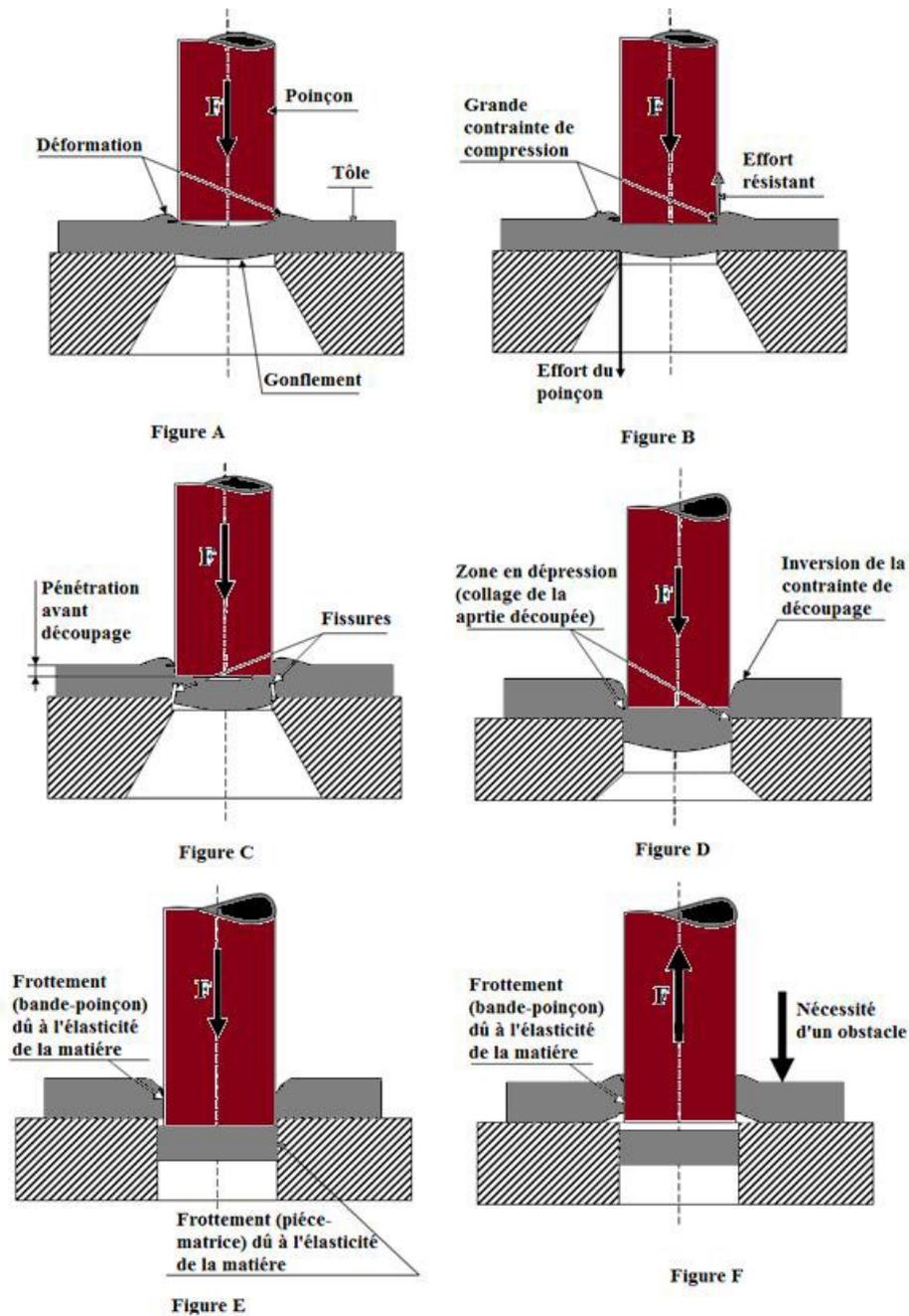


Fig. I.9 : Pièce poinçonnée. [4]

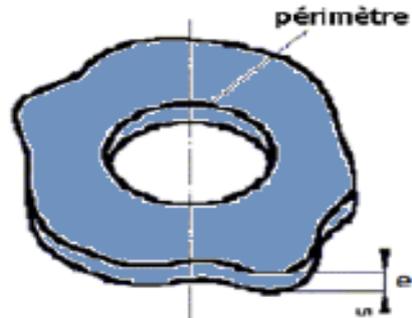
#### I.4.2 efforts de poinçonnage dans différentes matières

L'effort de poinçonnage dépend de l'épaisseur, du périmètre de la section du trou, de la résistance du métal et des frottements qui sont généralement négligés. Une lubrification est conseillée pour ne pas user prématurément les outils.

Par conséquent:

La force à appliquer est donnée par :

$$F = L \cdot e \cdot Rm$$



**Avec :**

**L** : le périmètre découpé

**e** : l'épaisseur de la tôle

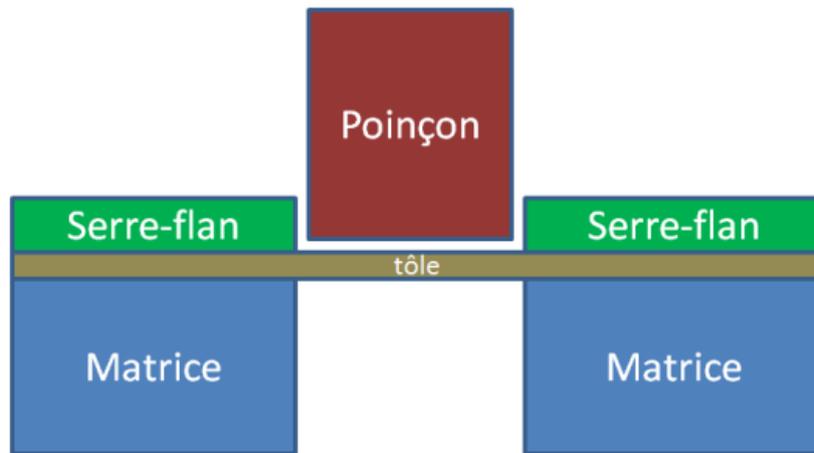
**Rm** : la résistance à la rupture par traction du matériau.

### I.4.3 Efforts et contraintes sur l'outil

Il est important de pouvoir connaître les efforts que devra fournir la presse destinée à la fabrication de la pièce et de connaître la répartition des efforts sur l'outil pour situer la position de l'effort résultant. Afin d'éviter le basculement du coulisseau, on cherchera à placer la résultante des efforts dans l'axe de la presse. L'effort de découpage est un effort majeur parmi les opérations de mise en forme des tôles. Des formules de calcul permettant de l'estimer avec plus ou moins de précision existent.

#### I.4.3.1 Effort de découpage pour les poinçons

La plupart des découpages sont réalisés avec un poinçon plat, c'est-à-dire dont la face d'attaque du poinçon est parallèle au plan de la tôle (**Fig. I.12**)



**Fig. I.10:** Découpage avec un poinçon plat. [2]

L'effort vertical de découpage est calculé à partir de la formule suivante :

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

Avec :

**P** : Périmètre découpé,

**e** : Épaisseur de la tôle,

**F** : Effort de découpage,

**K**: Coefficient d'ajustement de la formule de calcul. Ce coefficient varie de 0,5 à 1 selon la nature du matériau découpé,

**R<sub>m</sub>**: Résistance à la traction de la tôle.

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

#### I.4.3.2 Effort de dévêtissage

L'effort d'extraction du poinçon du trou découpé peut être non négligeable. Cet effort résulte de deux phénomènes propres au découpage: (**Fig. I.13**)

- **Contrainte exercée par le bord découpé de la tôle sur le flanc de l'outil.**

Cette contrainte est liée à une contraction sur le poinçon du trou découpé cumulée à des phénomènes de flexion du bord découpé.

- **Frottement lié au contact entre le flanc du poinçon et le bord du trou.**

Il est habituellement caractérisé par un coefficient de frottement et Il dépend des paramètres suivants :

- l'état de surface du poinçon.
- la nature de la tôle travaillée et du matériau à outil utilisé.
- la qualité de la lubrification réalisée.

On constate que l'effort de dévêtissage est habituellement faible lorsque l'outil est neuf.

Il devient véritablement important avec son usure.

Une méthode de calcul de l'effort de dévêtissage avec la prise en compte de l'ensemble des paramètres influents cités précédemment a été développée. Cette méthode n'est cependant pas applicable industriellement du fait que l'on ne connaît pas la valeur du coefficient de frottement.

Aussi, dans la pratique, cet effort ( $F_{dev}$ ) est calculé forfaitairement comme égal à une fraction de l'effort de découpage ( $F$ ) avec un poinçon plat :

$$F_{dev} = C \cdot F(2)$$

Avec :

$C$  : 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.

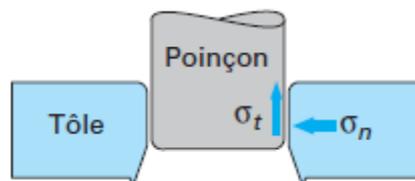
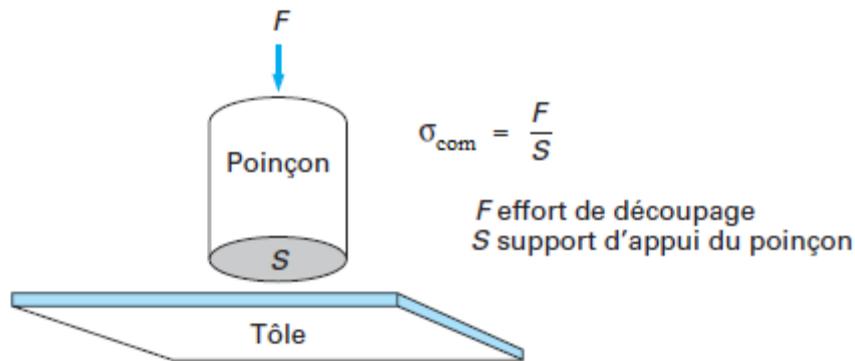


Fig. I.11: Contraintes à l'origine de l'effort de dévêtissage [1].

### I.4.3.3 Contraintes sur les outils

La contrainte de compression des outils est calculée comme indiqué sur la (figure I.12). On peut vérifier alors que cette contrainte ne dépasse pas la limite d'élasticité ( $Re$ ) du matériau en compression.

$$\sigma_{com} < Re$$



**Fig. I.12:** Contrainte de compression sur le poinçon [1].

Dans le cas de poinçonnage de petites dimensions, la contrainte de compression peut provoquer le flambement du poinçon, comme on peut le voir sur la (**fig.13**)

Il est alors important de pouvoir prévoir le risque de flambement d'un tel poinçon. Pour cela, on détermine la charge critique (***P<sub>cr</sub>***) en utilisant la formule de flambement d'Euler avec les conditions d'encastrement d'un côté et de mouvement libre de l'autre :

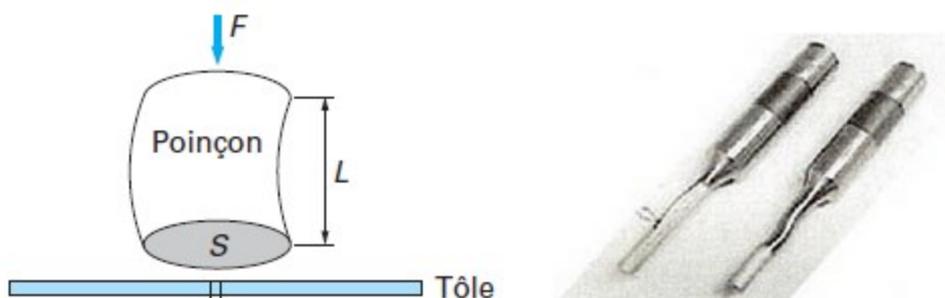
$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2}$$

**Avec :**

**E :** Module d'élasticité du matériau à outil,

**I :** Moment d'inertie du poinçon,

**l:** Longueur libre de flambement.



**Fig. I.13:** Exemple de flambement d'un poinçon de découpage [1].

## I.4.4 Paramètres influents en découpage

Le découpage est influencé par différents paramètres, tant liés à l'outil de découpage qu'au processus de réalisation de la pièce. Parmi ces paramètres, nous avons choisi de présenter ceux qui paraissent majeurs.

### I.4.4.1 Le 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 un découpage, le jeu est à prendre sur le poinçon. Pour le poinçonnage, le jeu est à prendre sur la matrice.

Le jeu varie selon la nature et l'épaisseur du matériau à découper :

- $1/20 \times e$  pour laiton et acier doux.
- $1/15 \times e$  pour acier dur.
- $1/10 \times e$  pour l'aluminium.

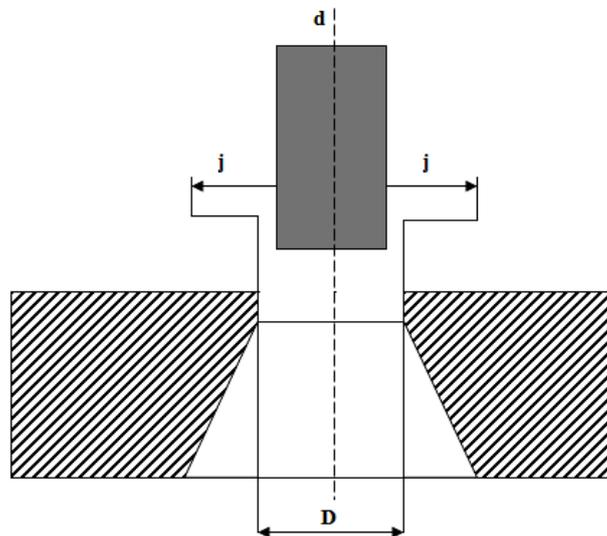


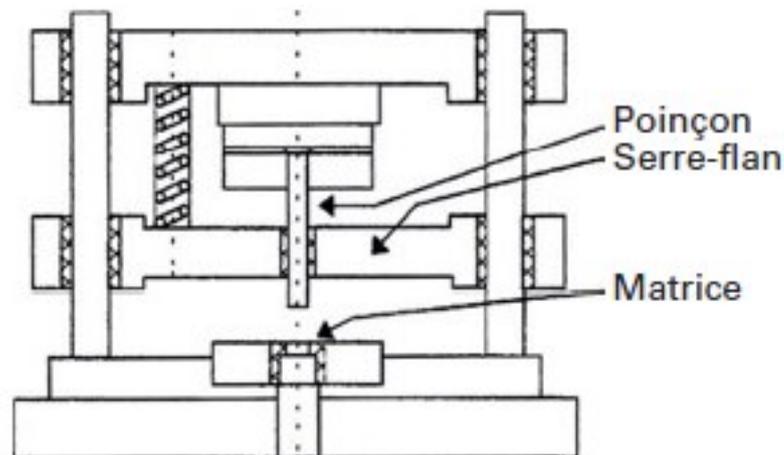
Fig. I.14: Jeu de découpage. [1]

### I.4.4.2 Paramètres liés au réglage de l'outil et de la presse

Le serre-flan, la pénétration du poinçon en matrice et la vitesse de découpage sont des paramètres qui touchent respectivement au réglage de l'outil et de la presse.

#### a-Serre-flan :

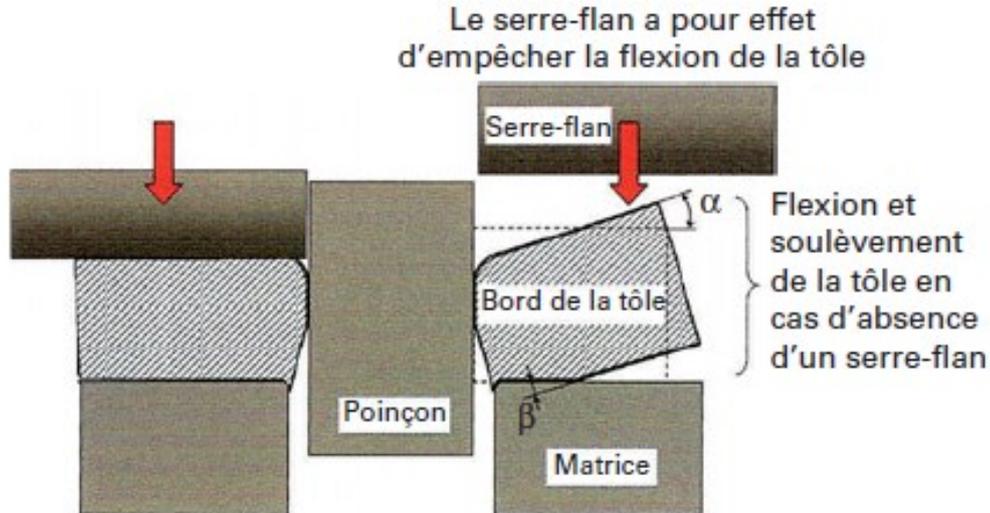
La figure ci-dessous illustre une architecture d'outil de découpage avec un serre-flan. Le serre-flan plaque la tôle sur la matrice pendant l'opération de découpage. Il diffère du dévêtitseur fixe sur lequel la tôle ne vient en butée qu'à la remontée du poinçon.



**Fig. I.15:** Schéma d'un outil de découpage avec un serre-flan. [1]

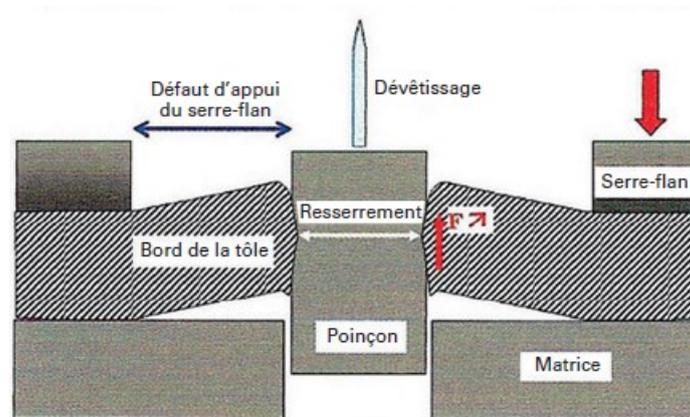
La plupart des outils de découpage sont pourvus d'un serre-flan qui offre une meilleure précision de la géométrie du découpage et une réduction de l'usure de l'outil :

- L'opération de découpage crée une flexion de la tôle. Le serre-flan permet d'empêcher cette flexion et d'assurer ainsi une meilleure planéité de la pièce.



**Fig. I.16:** Effet du serre-flan sur la flexion de la tôle. [1]

- La déformation du bord du trou peut accroître la pression qu'exerce celui-ci sur les flans du poinçon et accélérer ainsi l'usure de l'outil. Bien qu'un serre-flan ait été utilisé, on constate une déformation du bord du trou qui n'apparaissait pas à chaque coup de presse. Cette déformation est liée à un défaut d'appui du serre-flan.



**Fig. I.17:** Usure accélérée du poinçon liée à un mauvais appui du serre-flan. [1]

### **b-Pénétration du poinçon en matrice :**

La pénétration du poinçon dans la matrice est déterminée au moment de la conception de l'outil et elle est ajustée au besoin lors de la mise au point. La distance de pénétration du poinçon dans la matrice est généralement choisie égale à l'épaisseur de la tôle. Dans certains cas, cette valeur est plus réduite et peut même être nulle. L'intérêt d'avoir une pénétration

importante est d'éviter les problèmes de remontée de celle-ci en cours de fabrication grâce à un meilleur maintien de la débouchure en matrice. En revanche, les inconvénients sont :

- la cadence de la presse sera plus réduite car une partie plus importante du cycle de la presse sera consommée par la poussée de la débouchure.
- la maintenance de l'outil sera plus importante. En effet, la hauteur d'usure du poinçon (longueur frottée le long du bord découpé) sera accrue, nécessitant des opérations de réaffûtage plus profondes et des changements de poinçon plus fréquents.

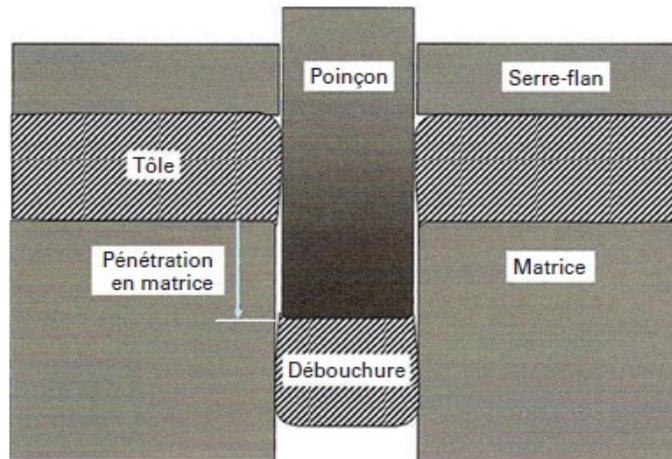


Fig. I.18: Définition de la pénétration en matrice. [1]

### c-Vitesse de découpage :

Dans le travail des tôles sur presse, on parle plus volontiers de cadence que de vitesse. Or, si la cadence est le paramètre que l'on règle sur la presse, c'est implicitement la vitesse d'impact du poinçon de découpage sur la tôle que l'on va changer.

Cette vitesse n'est pas seulement dépendante de la cadence de la presse, mais également des réglages de la course et de la distance de travail par rapport au point mort bas.

La vitesse s'exprime habituellement en millimètre par seconde (mm/s) et correspond à la vitesse de pénétration du poinçon dans la tôle. Les vitesses typiques, dans le découpage traditionnel, varient entre 40 et 400 mm/s.

### I.4.4.3 Paramètres liés à l'usure de l'outil

#### a- Lubrification :

La lubrification des outils, bien que l'on cherche à la réduire fortement actuellement, voire à l'éliminer pour des raisons économiques (réduction ou suppression du dégraissage des pièces), est d'autant plus importante dans le procédé de découpage que les contraintes exercées par la tôle sur les flancs de l'outil sont élevées. Son action reste donc essentielle pour accroître la durée de vie de l'outil.

#### b-Matériaux à outil :

Du fait des très fortes contraintes appliquées aux outils de découpage, les matériaux utilisés pour fabriquer les poinçons et les matrices sont choisis parmi les plus résistants à l'usure.

Les matériaux à outil habituellement utilisés en découpage se composent d'aciers fortement alliés et de carbures.

### I.4.5 Avantages et inconvénients du poinçonnage

#### a)Avantage :

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

#### b) Inconvénients :

- Limité dans les épaisseurs.
- Section minimale du poinçon limitée.

**I.5 Conclusion**

Les techniques de mise en forme des matériaux : découpage, poinçonnage et pliage ont pour objectif de donner une forme déterminée au matériau tout en lui imposant une certaine microstructure, afin d'obtenir un objet ayant les propriétés souhaitées. C'est un travail qui nécessite de maîtriser parfaitement certains paramètres expérimentaux tels que : la composition du matériau et ses différentes caractéristiques mécaniques. Le découpage traditionnel réalisé sur presse est une opération importante dans la mise en forme des tôles. Effectué seule ou accompagnant une opération de formage comme l'emboutissage et le pliage, elle influence fortement la qualité des pièces fabriquées.

Ce chapitre nous a permis de voir les différents procédés de mise en forme des pièces mécaniques effectués sur presses.

# **CHAPITRE II**

Généralités sur les presses et  
les outils de presses

## II.1 Introduction :

Pour la transformation des tôles, l'industrie a besoin des machines spécifiées dans le cas de coupe, pliage ou bien le poinçonnage. Les machines utilisées sont généralement des presses dotées d'outils spécifiques.

Les presses sont des machines constituées d'un ensemble d'organes mécaniques conçus pour la réalisation des différents travaux industriels. Elles sont utilisées pour la réalisation des pièces à partir des matériaux en feuille.

Ces presses sont formées d'une partie mobile (coulisseau) qui porte le poinçon et d'une partie fixe (bâti) qui porte la matrice.

## II.2. Définition :

Les presses, sont des machines destinées aux travaux des métaux en feuilles et d'autres matériaux (plastiques, cuire...).

Elles sont composées de deux parties essentielles à savoir :

- Une partie fixe, appelée bâti ;
- Un mécanisme de travail qui anime un ou plusieurs coulisseaux de mouvement rectiligne perpendiculaire à la table solidaire au bâti.

Elles sont aussi caractérisées par :

- Le mode de transmission d'énergie
- La forme du bâti
- Selon le nombre de coulisseaux.

## II.3. Classification des presses :

### II.3.1 Selon la nature de transmission de l'énergie :

On distingue deux types :

Les presses mécaniques et les presses hydrauliques

#### A. Presse mécanique :

Dans ce type de presse, l'énergie fournie par le moteur est emmagasinée dans un volant d'inertie sous forme d'énergie cinétique. Cette énergie est ensuite transmise au coulisseau en un mouvement de translation.

Les presses mécaniques sont d'une plus grande rapidité de fonctionnement et généralement d'un prix moindre que celui des presses hydrauliques équivalentes, elles sont plus répandues car elles permettent d'atteindre des cadences élevées.



**Fig.II.1** : Presse mécanique

## B. Les presses hydrauliques :

Ses structures sont comparables à celles des presses mécaniques, ce qui diffère c'est le mode d'action du coulisseau. Elles sont actionnées par la pression d'un liquide (huile) qui entraîne le coulisseau par l'intermédiaire d'un vérin.

Comme toutes les machines hydrauliques, elles offrent par rapport aux machines mécaniques l'avantage d'une plus grande souplesse qui est due aux possibilités de :

- Modifier la course du coulisseau.
- Avoir de très longues courses.
- Régler la pression exercée sur le coulisseau.
- Contrôler constamment la pression et la vitesse de descente du coulisseau.



**Fig.II.2 :** Presse hydraulique

## II.3.2 Selon la forme du bâti :

### II.3.2.1 Presses à col de cygne :

Ce type de presse est employé pour tous les travaux de découpage, d'ajourage, de pliage et souvent pour des petites pièces et des grandes séries.

Les presses à col de cygne sont moins encombrantes à simple ou à double effet, équipées d'un bâti inclinable vers l'arrière de 20° degré sur les trois axes (3). Leur puissance varie entre 20 et 130 tonnes.



**Fig.II.3** : Presse à col de cygne.

### II.3.2.2 Presses à arcade :

Ces presses ont un bâti monobloc coulé ou parfois soudé, ce qui leur permet de supporter des efforts importants tout en assurant une grande précision dans le guidage des outils. Elles peuvent être à simple ou à double effets.



**Fig. II.4 :** presse à arcade

### **II.3.2.3 Presses à montant droit :**

Leur bâti est composé de trois parties, liées entre elles par des tirants en acier (la table, les montants et le chapiteau). Elles ont une puissance allant jusqu'à 1000 tonnes.



**Fig. II.5 :** Presse à montant

### II.3.2.4 Presses à table mobile et bigorne :

Elles sont équipées d'une table mobile réglable en hauteur, ce qui autorise le montage de l'outil très haut. La bigorne permet d'effectuer des poinçonnages latéraux de gros emboutis.



**Fig. II.6 :** Presse à table mobile et bigorne.

### II.3.2.5 Presses à colonnes :

Ces presses sont employées pour le forgeage et le matriçage. Elles sont équipées de quatre colonnes cylindriques liant la partie supérieure et la partie inférieure (table) et d'un coulisseau guidé par les colonnes.



**Fig. II.7 :** Presse à colonne.

### **II.3.3 Selon le nombre de coulisseau :**

#### **II.3.3.1 Presse à simple effet :**

Ce type de presse comporte un seul coulisseau actionné par une ou plusieurs bielles. Elles sont spécifiquement destinées aux opérations de reprise équipées d'un coussin inférieur logé sous la table qui est destiné à assurer l'effet du serre-flan.

#### **II.3.3.2 Presse à double effets :**

Ce type de presse comporte deux coulisseaux indépendant l'un de l'autre, l'un central porte le poinçon et l'autre extérieur porte le serre-flan.

Le coulisseau qui porte le serre-flan entre en contact en premier avec la tôle pour assurer le serrage avant que le poinçon amorce sa descente. Il doit rester immobile durant tout le travail du poinçonnage.

Les deux coulisseaux sont actionnés par le même arbre moteur à l'aide d'un mécanisme complexe qui procure deux cinématiques différentes.

### **II.3.3.3 Presse à triple effets :**

Elle est similaire à la précédente. Elle possède en plus un troisième coulisseau inférieur qui a sa propre cinématique.

Ce type de presse est souvent utilisé pour la carrosserie qui nécessite des contre-emboutis peu profonds ce qui permet d'éviter une opération de reprise sur une autre presse.

## **II.4 Caractéristique d'une presse :**

Sur une presse on peut effectuer une ou plusieurs opérations, mais elle ne peut être universelle. La presse porte certains nombres de caractéristiques qui peuvent se résumer à :

- Sa capacité (tonne)
- La course de son coulisseau (mm)
- La cadence (nombre de coupe/minute)
- La dimension du coulisseau (mm<sup>2</sup>)
- La hauteur de l'outil fermé (mm)

## **II.5 Exigence de choix d'une presse :**

La sélection d'une presse pour la réalisation d'une opération est en fonction des critères ci-dessous :

- Type de travail à envisager
- L'effort nécessaire (nature de transmission de mouvement)
- Dimension de l'outil et de la pièce
- Longueur de course des coulisseaux
- Cadence nominale de fonctionnement.

## II.6 outils de presse :

Les travaux mécaniques des métaux en feuille se font à l'aide d'outils composés de deux blocs :

- Bloc matrice
- bloc poinçon.

En plus de la matrice et du poinçon ; l'outil est équipé d'autres éléments telles que : Porte-poinçon, Serre-flan, semelles ; etc...

On peut classer les outils suivants les opérations auxquels ils sont destinés : découpage, poinçonnage, détournage, etc...

### II.6.1 Poinçon :

Le poinçon est un outil de presse qui permet de donner une forme à un flan découpé. Cette forme de flan est celle de poinçon. Il est nécessaire de vérifier les poinçons à la compression et au flambement pour déterminer leur longueur.

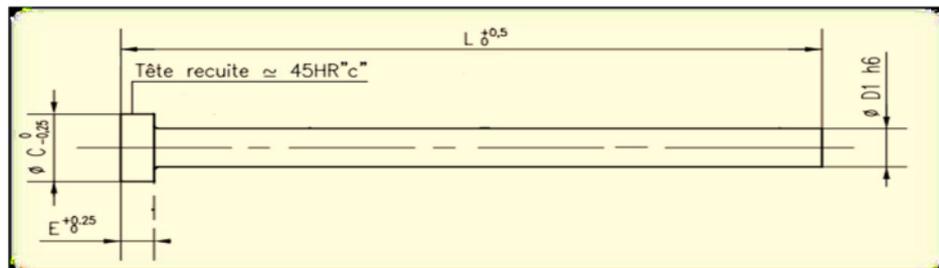


Fig.II.8 : Poinçon

### II.6.2 Matrice :

La matrice est une pièce qui porte l'empreinte qui représente la forme à créer, réalisée à partir d'un bloc de matière très robuste pour éviter toute déformation. La matrice est dépendante de poinçon, elle sert d'appui à la tôle, et elle réduit les déformations dues au cisailage.



**Fig.II.9 :** Illustration de matrice.

### II.6.3 Dépouille :

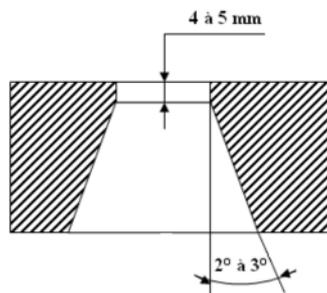
- **Poinçon**

Aucune dépouille sur le poinçon, il a une section constante pour conserver exactement ses dimensions après affûtage.

- **Matrice**

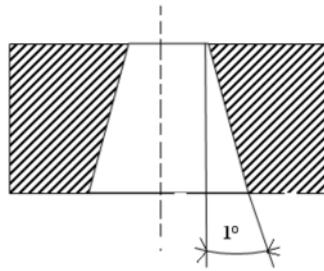
L'angle de dépouille dépend de la matière qui forme la matrice :

Pour les matrices trempées on laisse (4 à 5 mm) de la partie constante, dit cylindrique, pour Permettre l'affûtage. La dépouille fait un angle de (2 à 3°) avec la verticale.



**Fig.II.10 :** Angle de dépouille de la matrice de 2° à 3°

Pour les matrices non trempées qui servent pour le découpage des métaux, le dépouille commence de la partie supérieure.

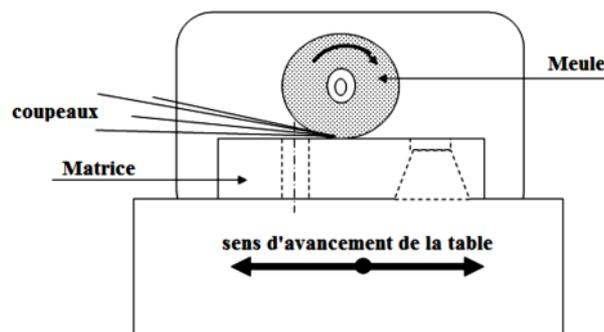


**Fig.II.11:** Angle de dépouille de la matrice de 1°

## II.6.4 Affutage :

Après découpage de nombreuses pièces (de 50 à 200000 pièces pour les outils en acier) les arrêtes coupantes s'émousent et s'arrondissent.

Après démontage de l'outil, poinçon et matrice sont affutés par rectification plan.



**Fig. II.12:** Affutage de la matrice.

## II.7 Types d'outils de presse :

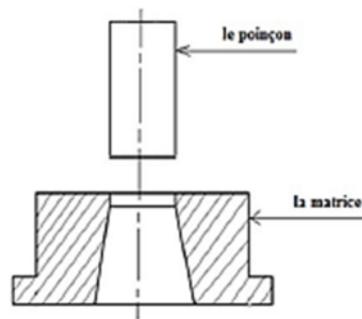
### II.7.1 Outils à découper :

#### II.7.1.1 Outil découvert :

- Outil découvert simple :

Cet outil est constitué uniquement d'un poinçon et d'une matrice. Il ne peut être employé dans les travaux de série du fait de la remonter de la bande de tôle avec le poinçon.

En outre, cette bande n'est pas guidée sur la matrice et doit être déplacée à vue après chaque de presse.

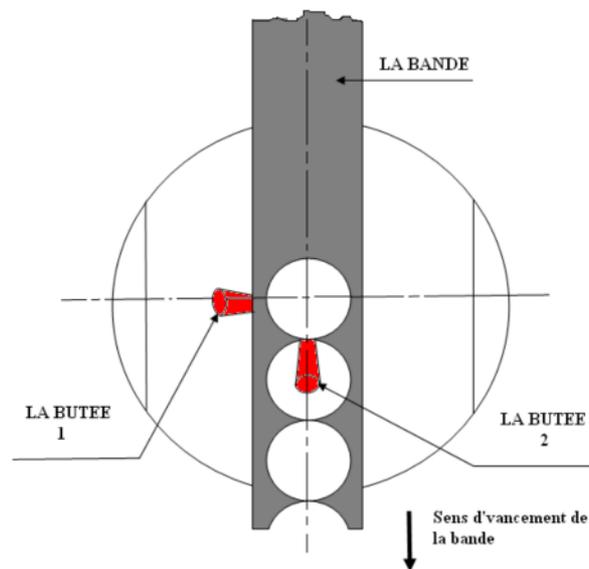


**Fig. II.13 :** Outil découvert simple.

- Outil découvert à butées :

Utilisé pour le découpage de flans circulaires. Deux butées sont placées, une assure le guidage de la bande et l'autre le contrôle de l'avance.

Cet outil ne peut se monter que sur une presse en bon état de fonctionnement (pas de jeu dans les glissières du coulisseau).



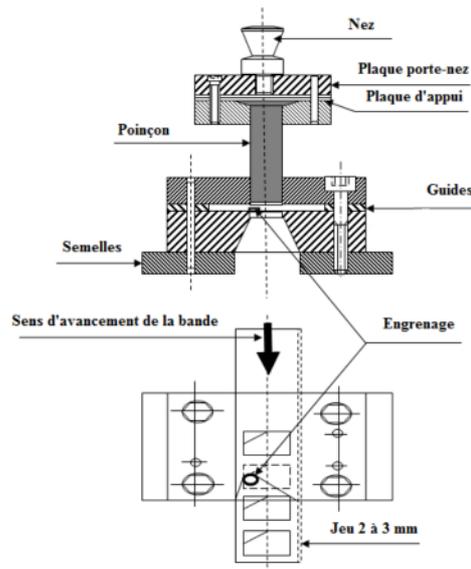
**Fig. II.14:** Outil découvert à butées.

### II.7.2.2 Outil à contre plaque:

Utilisé pour les tôles d'épaisseur inférieure à 2mm. On distingue deux types d'outil :

- **À engrenage :**

L'avance de flan sur la matrice est assurée par un engrenage, malgré son manque de précision pour contrôler l'avance, on envisage une butée de départ qui met la tôle en position du premier coup de presse.

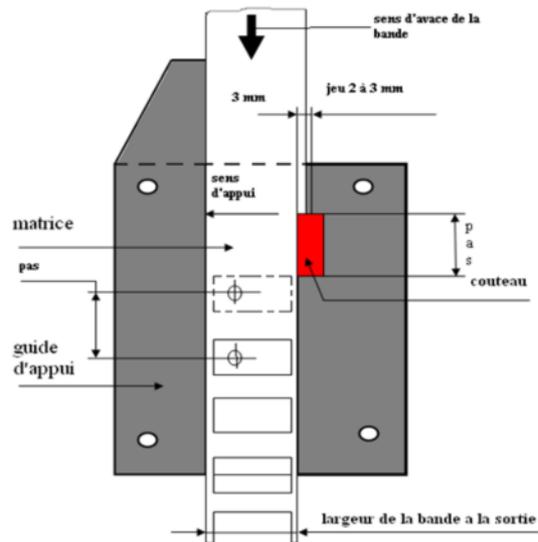


**Fig.II.15 :** Outil à contre-plaque muni d'un avancement du flan par engrenage

- **A couteau**

Sa conception est identique à celle de l'outil précédent sauf en ce qui concerne le contrôle de l'avance. L'engrenage est supprimé ; il est remplacé par un poinçon latéral appelé couteau et sa longueur est égale au pas.

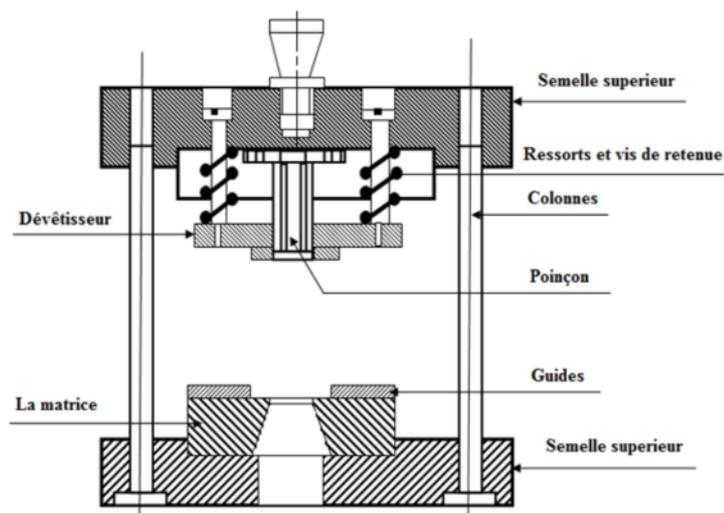
Entre deux coups successifs de presse, la bande est poussée ou tirée et vient buter contre le guide. Cette butée assure un contrôle de l'avance plus précis qu'avec l'engrenage.



**Fig.II.16:** Outil à contre-plaque muni d'un avancement du flan par couteau.

#### II.7.2.4 Outil à presse-bande :

Il est aussi appelé outil à colonne, la contre plaque est remplacée par une pièce analogue montée sur ressorts, c'est le presse bande (devêtisseur), cette dernière fait maintenir la bande pendant l'opération afin d'éviter toute déformation. Le guidage de l'ensemble poinçon- matrice est assuré par deux ou quatre colonnes de guidage selon les dimensions de l'outil.



**Fig.II.17:** outil à presse-bande

### II.7.2.4 Outil suisse :

Outil à presse-bande mais inversé : le poinçon est à la partie inférieure, la matrice à la partie supérieure, appelé aussi outil bloc, qui découpe et poinçonne en un seul coup de presse. La pièce terminée reste dans la matrice et elle est extraite en haut de course par un éjecteur.

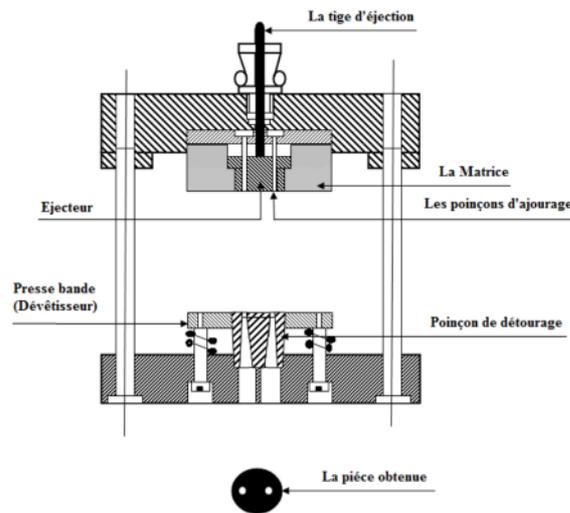
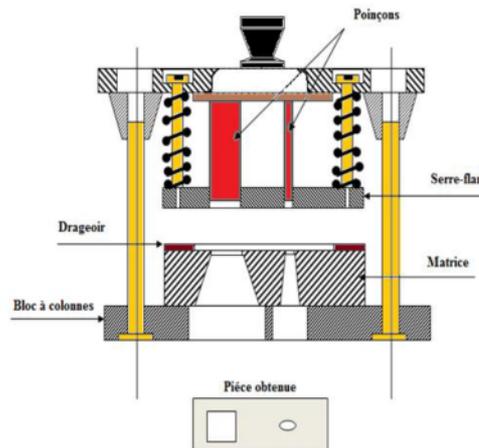


Fig.II.18: Outil suisse.

### II.7.2 Outil de poinçonnage à serre-flan :

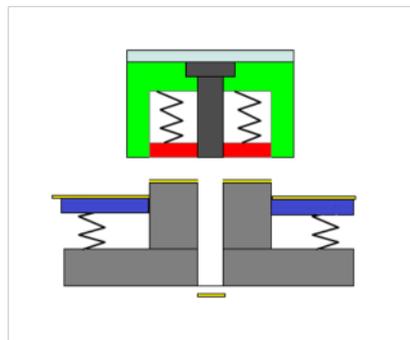
Cet outil convient pour les flans de faible épaisseur. Comporte des colonnes de guidage pour assurer le centrage des poinçons par rapport à la matrice.



**Fig.II.19** : Outil de poinçonnage à serre-flan

### II.7.3 Outil combiné :

Cet outil convient pour les tôles d'épaisseurs inférieures à 1 mm .  
Le poinçonnage et le détournage de pourtour de la pièce est simultanées.



**Fig.II.20** : Outil combiné

### II.7.4 Outils d'emboutissage :

L'outil d'emboutissage nous permet de formé des corps creux par déformation plastique des métaux en feuille.

On trouve des outils avec ou sans serre-flan.

### II.7.4.1 Outil sans serre-flan :

Le plus simple se compose d'un poinçon et d'une matrice, il est également appelé outil d'emboutissage par passe à travers.

Le poinçon entraîne la pièce formée à travers la matrice. Au cours de l'opération les parois de l'embouti augmentent légèrement l'épaisseur de la sortie de la matrice. A la remontée du coulisseau de la presse, la pièce est décrochée du poinçon par la face inférieure de la matrice.

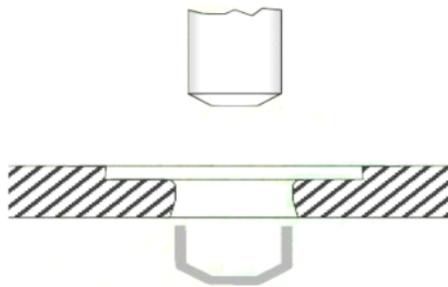


Fig.II.21: Outils d'emboutissage sans serre-flan.

### I.7.4.2 Outil à serre-flan :

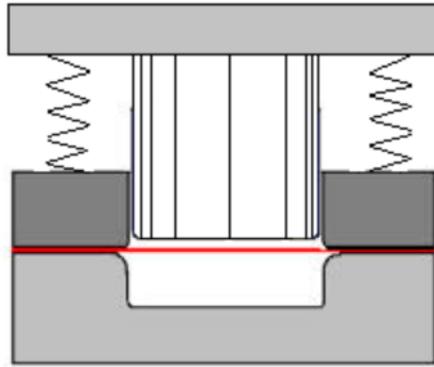
Il existe deux genres d'outil à serre flan, suivant qu'il est destiné à une presse simple effet ou à une presse à double effets.

- **Outil monté sur presse à simple effet :**

Cet outil se compose simplement d'une matrice, d'un poinçon et d'un serre-flan qui est actionné le plus souvent par des ressorts situés sous le plateau de la presse.

En conséquence, l'outil est inversé au précédent ; le poinçon et le serre-flan constituent la partie inférieure de l'outil tant dis que la matrice occupe la partie supérieure.

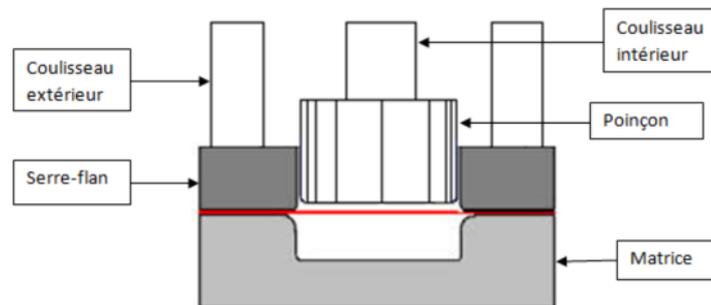
Les pièces embouties remontent avec la matrice et sont chassées par un éjecteur actionné par la presse en haut de course.



**Fig.II.22:** Outil à serre-flan monté sur presse à simple effet.

- **Outil monté sur presse à double effets :**

Dans les presses à double effets, le coulisseau extérieur porte le serre-flan qui maintient la tôle pendant que le poinçon fixé au coulisseau intérieur déforme le métal.



**Fig.II.23:** Outil à serre-flan monté sur presse à double effets.

### II.7.5 Outil de cambrage :

Les outils de cambrage sont variés à l'infini et sont déterminés par la pièce à produire. Tous les cambrages, aussi compliqués soient-ils, peuvent toujours se décomposer en opérations élémentaires qui sont :

Cambrage en V ou en équerre, cambrage en U et roulage.

### II.7.5.1 Outil de cambrage en V :

Utilisé pour obtenir des pièces en forme de cornière, elle se compose d'un poinçon et d'une matrice épousant, tous deux, l'angle de la cornière à former, et d'un drageoir fixé sur la matrice qui centre le flan à cambrer.

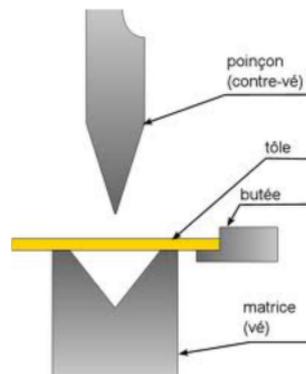


Fig.II.23: Outil de cambrage en V.

### II.7.5.2 Outil de cambrage en U :

C'est le même principe avec l'outil précédent, ce qui change c'est la forme de la matrice et du poinçon. Cet outil relève simultanément les deux ailes de U et il travaille symétriquement.

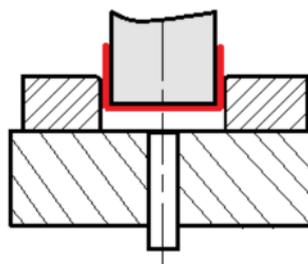


Fig.II.24: Outil de cambrage en U.

### II.7.5.3 Outil de cambrage en équerre :

Utilisé pour le cambrage à 90°, il se compose d'un poinçon, d'une matrice et d'un fond de matrice qui joue le rôle d'un éjecteur.

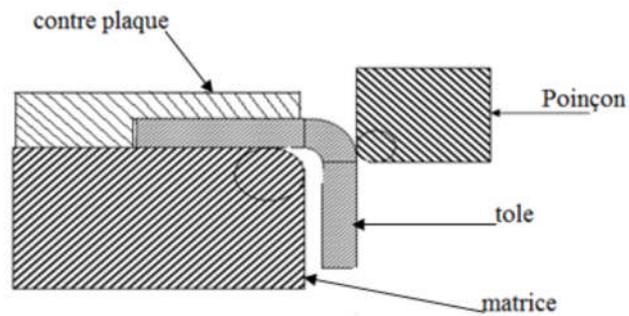


Fig.II.25: Outil de cambrage en équerre.

### II.7.6 Les matériaux utilisés :

Les matériaux utilisés pour la conception des outils doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- Résistance à l'usure,
- Résistance aux chocs et à la traction,
- Aptitude de subir des traitements thermiques et une bonne usinabilité.
- 

Le tableau suivant indique les matériaux qu'on utilise pour la fabrication de quelques pièces de l'outil :

**Tableau II.1:** Les différents matériaux utilisés.

<b>PIECES DE L'OUTIL</b>	<b>OBSERVATION</b>	<b>MATIERE</b>
Semelle porte outil, Semelle inferieur, Semelle supérieur, Plaque porte, Poinçons, cales, porte matrice.	Acier à la limite d'élasticité dont Re= 235 daN/mm <sup>2</sup> Une bonne ténacité (Rmin = 34 daN/mm <sup>2</sup> )	S235 E 24
Serre flan, buté	Acier doux cémenté à 0,22 de Carbone	C22 (XC 18)
Matrices à lames Rapportées, Poinçons.	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 daN/mm <sup>2</sup> )	X200Cr12 (Z200C12)
Colonnes de Guidage, Bagues.	C'est un extra – dur cémenté à une résistance à l'usure et aux efforts interrompus. HRC ≥ 57.	C65 (XC65)
Plaque d'appui, Brides.	Une bonne ténacité (R min = 57 daN/mm <sup>2</sup> ).	C35 (XC38)

**II.7.7 Graissage des outils :**

Les outils sont des petites machines qui nécessitent le graissage pour assurer sa durée de vie et éviter l'usure. Toutes les parties frottant seront lubrifiées avec soin.

**II.8 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons fait un aperçu global sur les différents types de presses utilisées dans l'industrie, leur classification, leur principe de fonctionnement, les différents mécanismes de commande et ainsi que les différents outils qui existent dans l'industrie, ce qui nous donnera une idée générale sur la conception de notre outil.

La connaissance des outils de presse doit permettre de développer une réflexion constructive pour répondre au mieux aux problèmes qui pourraient se poser au cours d'un projet.

Pour permettre d'atteindre les objectifs de production, le choix d'une presse mécanique est basé sur les besoins spécifiques des applications.

# **CHAPITRE III**

Etude, conception et  
réalisation de l'outil

### III.1 Introduction :

Le passage de l'idée à la réalisation effective d'une pièce mécanique fait intervenir trois fonctions principales :

- La conception – construction.
- L'étude et la préparation de la fabrication.
- La fabrication. [8]

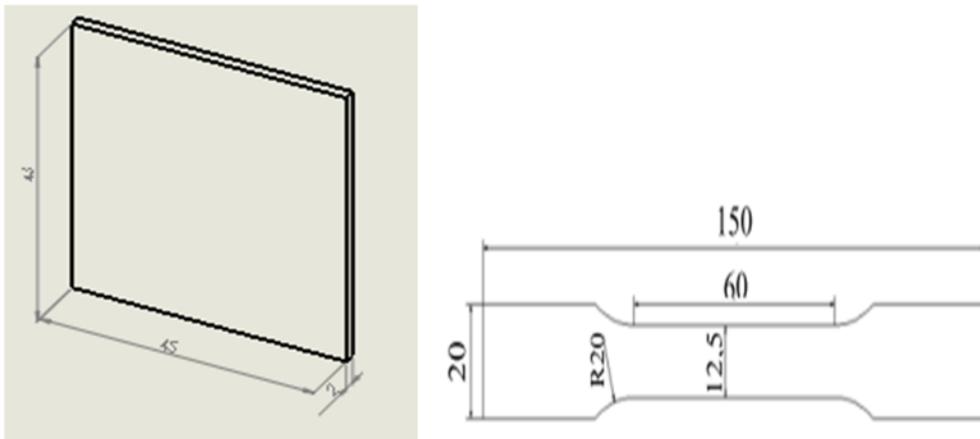
Dans ce chapitre, nous allons présenter notre sujet d'étude en premier temps. On se propose d'entreprendre les différentes phases qui nous conduisent à la réalisation de l'outil pour le poinçonnage de différentes éprouvettes en aluminium.

Tout d'abord, nous allons commencer par la partie d'étude et conception, en suite nous entamerons aux étapes suivies pour la réalisation.

#### ❖ **Partie 1 : Etude et conception**

### III. 2 Cahier des charges

Dans les travaux des métaux en feuilles, il existe une grande variété de presse, et leur choix dépend des opérations à effectuer, dans ce travail les pièces à étudier sont : **«des éprouvettes en alliage de l'aluminium»**. Dont les caractéristiques dimensionnelles et géométriques sont présentées sur les figures ci-dessous.



**Fig.III.1** : dimensionnement de chaque éprouvette

### III.2.1 Travail demandé

Le travail qui nous a été confié est l'étude, conception, et la réalisation d'un outil de poinçonnage des tôles en aluminium.

### III.3 Choix du matériau

Le choix d'un matériau mécanique repose sur l'aptitude à la mise en forme, et un compromis entre ses propriétés intrinsèques (la résistance élastique, le module de Young et sa dureté), et les contraintes qu'il doit satisfaire. Le concepteur passe ensuite de ce schéma de faisabilité à une étape de conception détaillée dans laquelle les spécifications de chaque élément sont précisées. [9]

Les composants critiques (du point de vue mécanique et thermique), des méthodes d'optimisation sont utilisées pour maximiser la performance de composants ou de groupe de composant.

### III.3.1 PROPRIETES PHYSIQUES

- Pour l'aluminium 1050 :

Tableau.III.1 : Caractéristique mécanique AL 1050 [8]

NUANCE	EPAISSEUR mm		Rm (MPa)		Rp 0.2 min (Mpa)	ALLONGEMENT		Dureté HB*	État matière
	min	max	min	max		A50 % min	A100 % min	≈	
W7	0.35	3.00	65	95	≤ 55	40	35	20	mou
F9	0.35	3.00	90	130	60	9	6	30	laminé à froid
G9	0.35	3.00	90	130	60	13	10	30	détendu
F11	0.35	3.00	110	150	90	6	4	35	laminé à froid
G11	0.35	3.00	110	150	90	9	6	35	détendu
F13	0.35	3.00	130	170	110	4	3	40	laminé à froid
G13	0.35	3.00	130	170	110	6	4	40	détendu
F15	0.35	3.00	150	-	130	3	2	45	laminé à froid

- Pour l'aluminium 7075 :

Tableau.III.2 : Caractéristique mécanique AL 7075

Dureté-Brinell	Elongation a la rupture (%)	Resistance à la traction (MPa)	Résistance au cisaillement (MPa)
150	5-8%	510-538	331

## III.4 La CAO (conception assistée par ordinateur)

### III.4.1 Définition de la CAO

La conception assistée par ordinateur (CAO) comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir des systèmes dont la complexité dépasse la capacité de l'être humain comme en micro ou nanoélectronique.

Chaque corps de métier peut disposer d'un outil CAO. En mécanique, on peut concevoir une pièce où chaque forme répond à un besoin de fonctionnement ainsi qu'un

mécanisme regroupant plusieurs pièces. D'une certaine façon, la CAO s'inscrit dans cet ensemble d'outils d'aide à la conception (création de documents). La conception virtuelle permet l'appréciation globale du comportement de l'objet créé avant même que celui-ci n'existe. Le résultat, appelé maquette numérique constitue alors un véritable prototype évolutif.

Durant notre conception nous avons utilisé le logiciel de conception appelé «SolidWorks ».

### III.4.2 Application

#### a. Conception des pièces de l'outil :

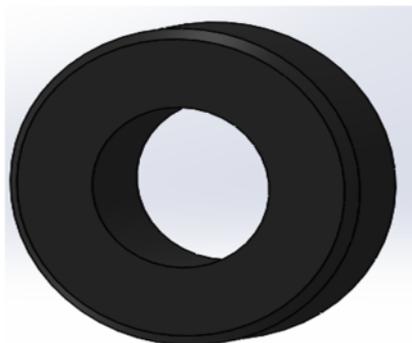
En premier lieu nous avons utilisé les commandes du logiciel SolidWorks tel que : Esquisses, fonctions pour concevoir les différentes pièces de l'outil. Parmi les pièces les plus importante nous a avons :

- **Le poinçon :**
- 



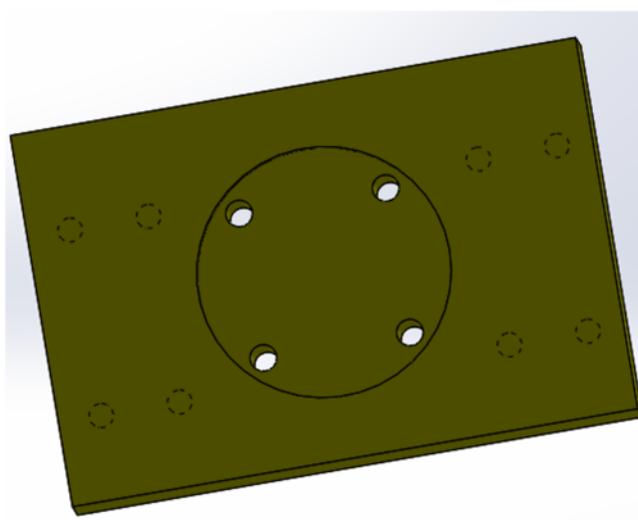
**Fig.III.2 :** Conception du poinçon.

- **La matrice :**



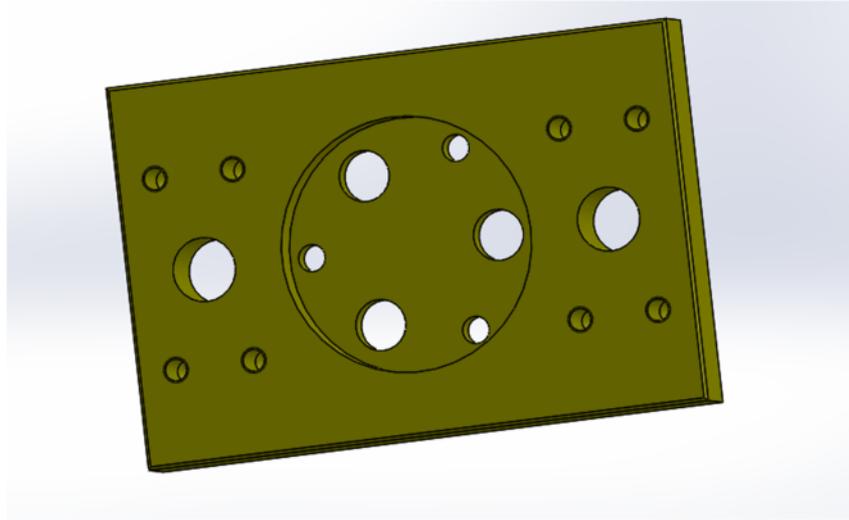
**Fig.III.3 :** Conception de la matrice.

- **Semelle inferieure :**



**Fig.III.4 :** Conception de la semelle inferieure

- **Semelle supérieure :**



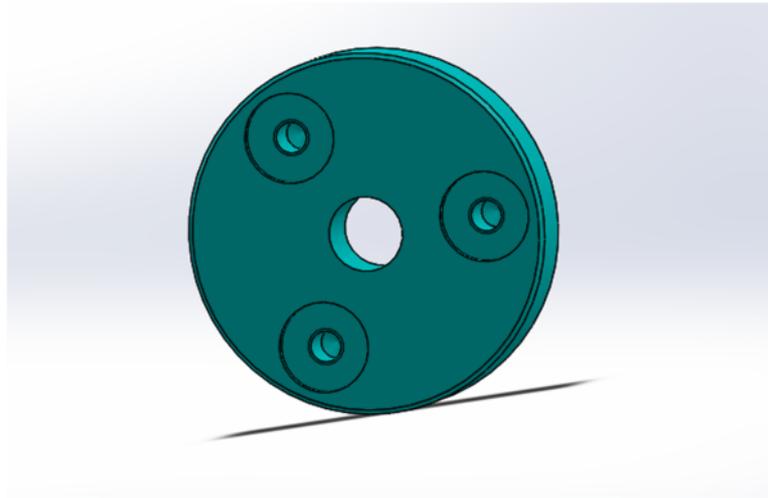
**Fig.III.5 :** Conception de la semelle supérieure

- **Porte poinçon :**



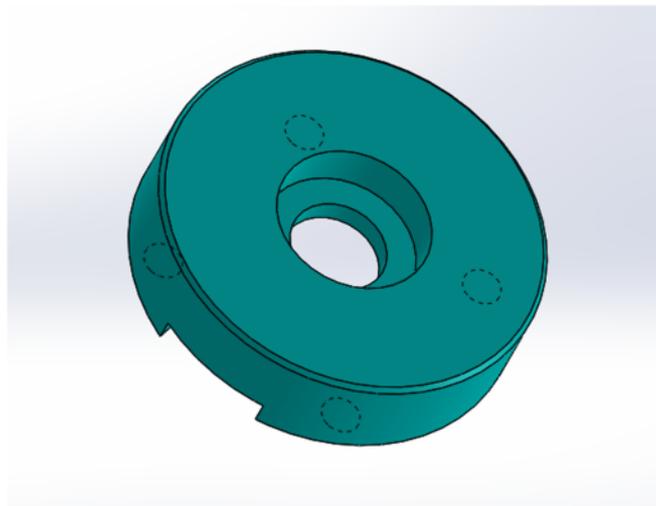
**Fig.III.6 :** Conception du porte poinçon.

- Serre flan :



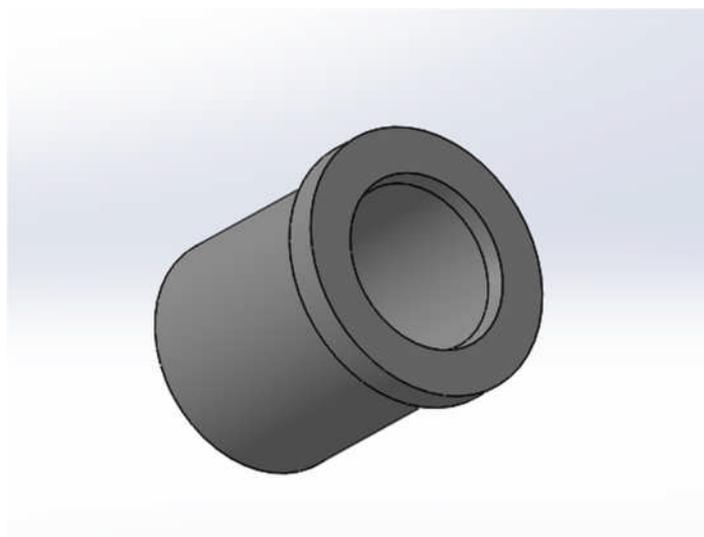
**Fig.III.7** : Conception du serre flan.

- Porte matrice :



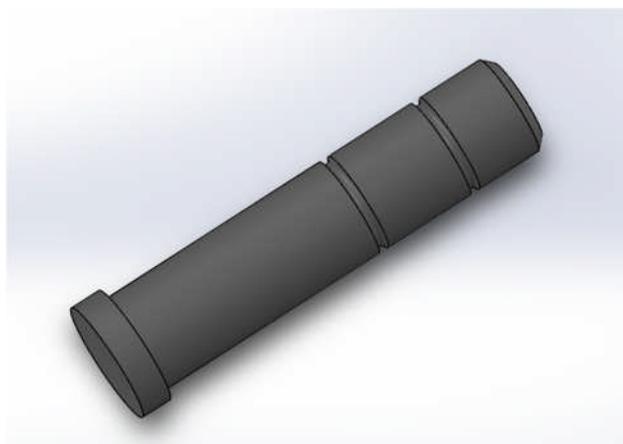
**Fig.III.8** : Conception du porte matrice.

- **Douille de guidage :**



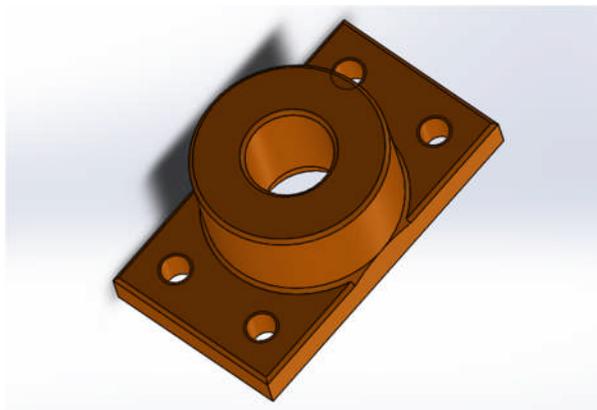
**Fig.III.9 :** Conception de douille de guidage

- **Colonne de guidage :**



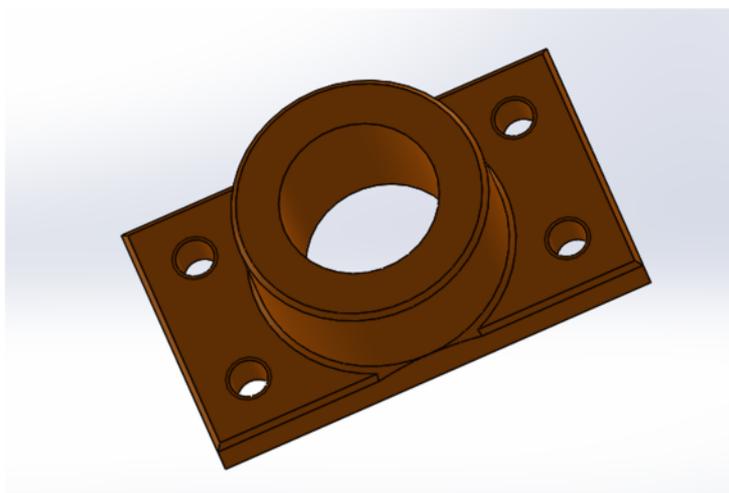
**Fig.III.10 :** Conception de colonne de guidage

- **Embase supérieure :**



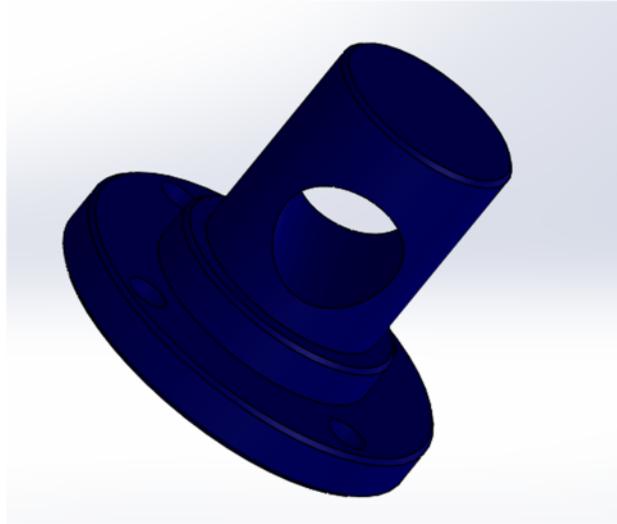
**Fig.III.11:** Conception de l'embase supérieure

- **Embase inférieure :**



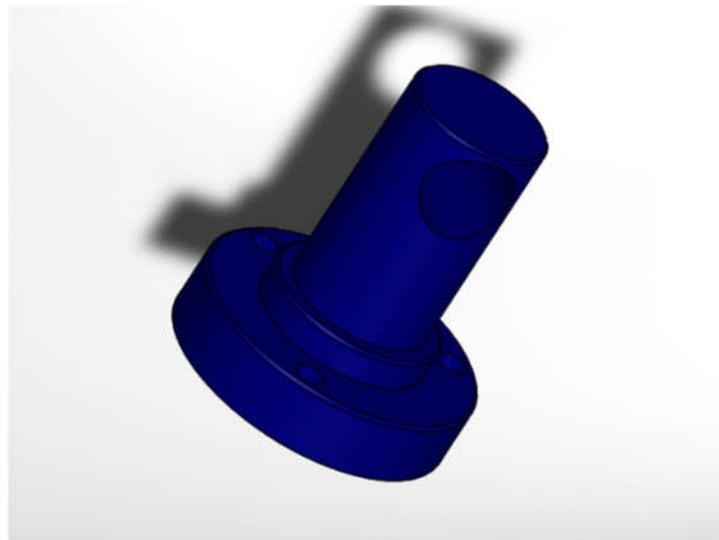
**Fig.III.12 :** Conception de l'embase inférieure

- **Nez de fixation inférieure**



**Fig.III.13** : Conception du nez de fixation inférieure

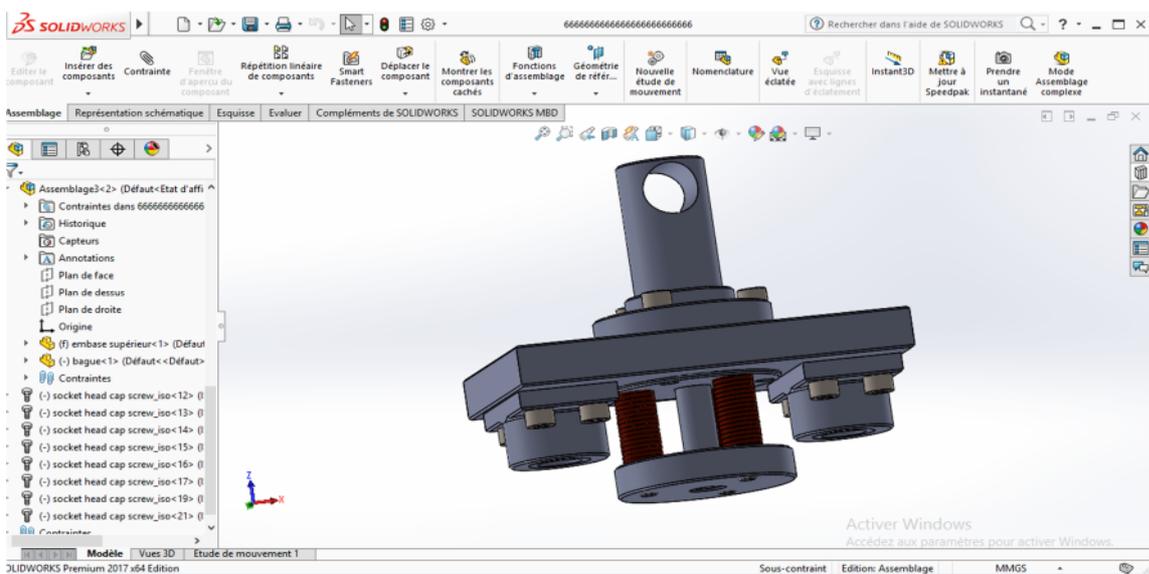
- **Nez de fixation supérieure**



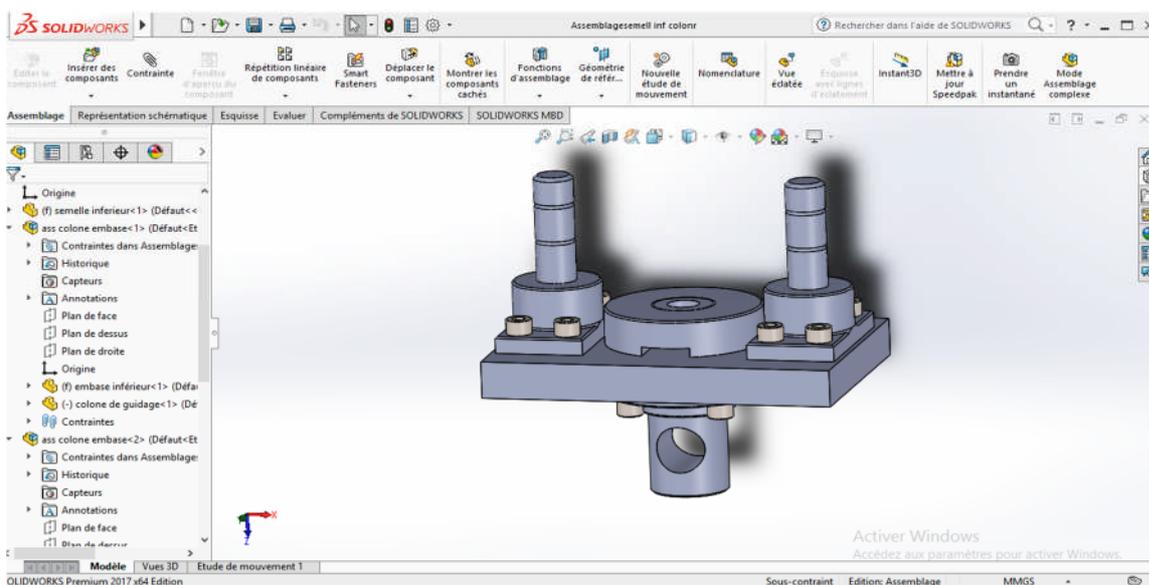
**Fig.III.14** : Conception de nez de fixation supérieure

**b. Assemblage des pièces de l'outil :**

L'utilisation de la commande assemblages nous a permis d'effectuer le montage de toutes les pièces en formant l'outil complet, et la détection des interférences qui peuvent exister entre les pièces assemblées, le poinçon et la matrice au complet.



**Fig.III.15 :** Assemblage de la partie supérieure



**Fig.III.16 :** Assemblage de la partie inférieure.

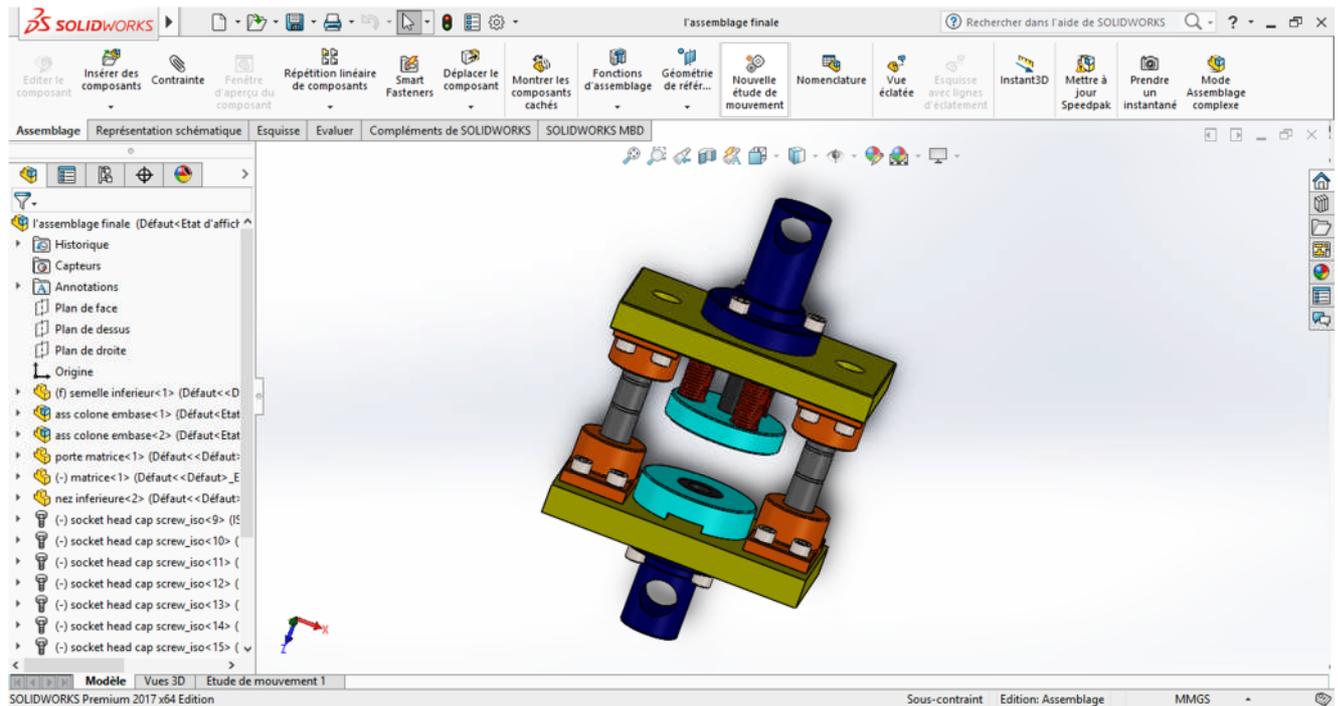


Fig. III.17 : Assemblage poinçon matrice.

### c. Mise en plan :

Les mises en plan concernent à la fois les pièces (dessin de définition) ou les assemblages (dessin d'ensemble). Pour aboutir à un plan fini d'une pièce, on peut estimer mettre deux fois moins de temps qu'avec un outil DAO.

En effet, en DAO, chaque trait est indépendant, c'est au dessinateur de savoir quelles entités graphiques sont concernées par une modification. Le logiciel 3D ne fait qu'une projection de l'objet. Les modifications éventuelles sont opérées sur l'objet représenté, et ne concernent pas directement le plan. [8]

Le **DAO** (Dessin Assisté par Ordinateur) consiste à représenter l'objet technique ou manufacturé en tenant compte de ses spécificités géométriques, et de quelques relations fonctionnelles (esthétiques, confort d'usage...).

De nombreux logiciels libres sont disponibles et simples d'utilisation et d'usage, les utilisateurs ont souvent l'accès à des bibliothèques d'objets qui sont constituées en réseau et dans l'esprit communautaire. Les logiciels sont souvent spécialisés : mécanique, architecture, jeux d'animation...etc. [8]

### III.5 Calcul des efforts

#### III.5.1 Les données :

- a. **La plaque 1** : une éprouvette en aluminium 1050 de l'épaisseur de 2 mm
  - $R_c = 10 \text{ daN/mm}^2$  (résistance au cisaillement)
  
- b. **La plaque 2** : une éprouvette en aluminium 7075 de l'épaisseur de 2.5 mm
  - $R_c = 33.1 \text{ daN/mm}^2$
  
- c. **Poinçon et la matrice** : Ils sont en **Z 200 C12**. C'est un acier de très haute résistance à l'usure, selon la norme NF 35-590 de décembre 1992, il est classé dans le groupe 22.

N°	Nuance	Eléments (%)			
		C	Mn	Si	Cr
2233	Z200C12	1,90	0,15	0,10	11,00
		2,20	0,45	0,40	13,00

**Tab.III.3** : Composition chimique du matériau Z200C12. [9]

#### III.5.2 Le jeu de découpage

La valeur du jeu s'évalue en fonction de l'épaisseur de la bande :

$$e = 2 \text{ mm}$$

Application numérique :

$$J = 2 \div 10$$

$$J = 0.2 \text{ mm}$$

### III.5.3 Détermination des diamètres des poinçons et des matrices [1]

Afin de tenir compte de l'élasticité du métal que l'on poinçonne, il faut utiliser un facteur  $\phi$ , fonction de l'épaisseur de la pièce travaillée, lorsqu'on cherche à déterminer le diamètre du poinçon et de la matrice à utiliser. Ce facteur  $\phi$  est donné dans le tableau ci-après.

$\phi$  (mm) : le jeu qui est entre l'outil et la matrice.

**Tab.III.4 :** Le facteur  $\phi$  en fonction de l'épaisseur de la pièce travaillée [1]

e (mm)	$\phi$ (mm)
0.5	0.03
1	0.05
1.5	0.08
2	0.08
$\geq 3$	0.1

Pour réaliser un trou de diamètre D :

- Diamètre du poinçon en mm :  $\emptyset P = D + \phi$
- Diamètre du trou de la matrice en mm :  $\emptyset M = \emptyset P + je$

Pour obtenir une pièce de diamètre D :

- Diamètre du trou de la matrice en mm :  $\emptyset M = D - \phi$
- Diamètre du poinçon en mm :  $\emptyset P = \emptyset M - jeu$

**AN :**

$$\emptyset M = 16 + 0.08 = 16.08 \text{ mm}$$

$$\emptyset P = 16.08 + 0.2 = 16.1 \text{ mm}$$

### III.5.3 Calcul de l'effort de poinçonnage

$$F = P \times e \times Rc \text{ (daN) [9]}$$

Tels que :

- **F** = effort de poinçonnage (daN) ;
- **P** = périmètre du poinçon (mm) ;
- **e** = épaisseur de tôle (mm) ;
- **Rc** = résistance du matériau au cisaillement (daN/mm<sup>2</sup>).

- Calcul du périmètre pour la forme :

$$P = 3.14 * 16$$

$$P = 50.24 \text{ mm}$$

a. Calcul de l'effort du poinçon pour la plaque 1 :

$$F_{p1} = P * e * Rc$$

AN:

$$F_{p1} = 50.24 * 2 * 10$$

$$F_{p1} = 1004.8 \text{ daN}$$

b. Calcul de l'effort du poinçon pour la plaque 2 :

$$F_{p2} = 50.24 * 2.5 * 33.1$$

$$F_{p2} = 4157.36 \text{ daN}$$

**III.5.4 Calcul d'effort total de découpage-poinçonnage :**

$$F_T = \sum F_p \quad [9]$$

**AN :**

**Pour la plaque 1 :**

$$F_T = F_{P1} = 1004.8 \text{ daN}$$

**Pour la plaque 2 :**

$$F_T = F_{P2} = 4157.36 \text{ daN}$$

**III.5.5 Effort de dévêtissage ( $F_{dév}$ ) [9]**

C'est l'effort nécessaire pour dégager le poinçon du bond après découpage ou poinçonnage,

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

- 7% de l'effort quand la chute est plus grande de deux ou trois fois que l'épaisseur de la tôle
- 5% de l'effort quand la chute est moyenne par rapport à l'épaisseur de la tôle.
- 2% de l'effort quand la chute est faible.

$$F_{dév} = 7\% \times F_t \quad [9]$$

**a. pour la plaque 1 :**

- $F_{dév} = 0.07 \times 1004.8$
- $F_{dév} = 70.336 \text{ daN}$

**b. pour la plaque 2 :**

- $F_{dév} = 0.07 \times 4157.36$
- $F_{dév} = 291.0152 \text{ daN}$

### III.5.6 Calcul de l'effort fourni par la presse $F_{pr}$

La source de production de la force est une presse qui doit produire un effort supérieur ou au moins égale à la somme des efforts.

$$F_{pr} > F_t + F_{dév}$$

#### a. pour la plaque 1 :

- $F_{pr} > 1004.8 + 70.33$
- $F_{pr} > 1075.136 \text{ daN}$

#### b. pour la plaque 2 :

- $F_{pr} > 4157.36 + 291.0152$
- $F_{pr} > 4448.3752 \text{ daN}$

Donc le choix de la presse se fait comme suit :

- $F_{pr} > 1.075136 \text{ tonne-force}$
- $F_{pr} > 4.4483752 \text{ tonne-force}$

### III.6 Choix de ressort

La raideur des ressorts doit assurer le dévêtissage, et pour des raisons d'encombrement de l'outil on utilise 3 ressorts

$$F_{\text{ressort}} = F_{dév} \div 3 \quad [25]$$

#### a. pour la plaque 1 :

- $F_{\text{ressort}} = 70.336 \div 3$
- $F_{\text{ressort}} = 23.44533 \text{ daN}$

**b. pour la plaque 2 :**

- $F_{\text{ressort}}=291.0152 \div 3$
- $F_{\text{ressort}}=97.005 \text{ daN}$

**III.6.1 Calcul de la raideur des ressorts :**

$$F_{\text{ressort}}=K*x \quad [25]$$

**Avec :**

**K :** La raideur du ressort, (en N/mm).

**x :** La course de compression du ressort ( $x = 9$ ).

$$K=F_{\text{ressort}}/x$$

**AN :**

**a. pour la plaque 1 :**

$$K_1=234.4533/9=26.05 \text{ N/mm}$$

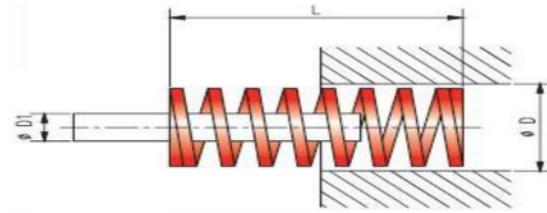
**b. pour la plaque 2 :**

$$K_2=970.05/9=107.78 \text{ N/mm}$$

La course du ressort comprimé est égale à la course de l'outil.

Une règle générale à observer dans le choix d'un ressort, est de toujours utiliser autant de ressorts que la matrice peut adapter, ce qui fournira la charge recherchée, avec une déflexion minimum. En découlera, une augmentation de la durée de vie du ressort, réduire les risques de rupture et l'arrêt des machines, des pertes de production et l'augmentation des frais de maintenance.

Pour le dimensionnement du ressort qui supportera l'effort  $F_{\text{ressort}}$ , il est nécessaire de consulter le RABOURDIN [26]. Les ressorts classent par leur couleur, ce qui correspond au type de charge, comme la montre les figures ci-dessous.



**Fig.III.18** : Schéma de dimensionnement d'un ressort [26]



**Fig.III.19** : Classification des ressorts par couleur [26]

- **les caractéristiques du ressort choisi :**

Les caractéristiques du ressort choisi selon les calculs pour chaque plaque

**Tableau.III.5** : Caractéristiques du ressort choisi

	D (mm)	D1 (mm)	L (mm)	K (N/mm)	x (mm)	Fressort (N)
Plaque 1	16	8	25	26.05	9	234
Plaque 2	20	10	44	107.78	9	970.05

**Tableau.III.6** : ressorts à charge légère [26]

16	8	25	23,4	176	7,5	234	10	304	13
		32	22,9	220	9,6	293	12,8	389	17
		38	19,3	220	11,4	293	15,2	386	20
		44	17,1	226	13,2	301	17,6	428	25
		51	15,7	240	15,3	320	20,4	424	27
		64	10,7	205	19,2	274	25,6	385	36
		76	10	228	22,8	304	30,4	430	43
		89	8,6	230	26,7	306	35,6	447	52
		102	7,8	239	30,6	318	40,8	452	58
		305	2,5	229	91,5	305	122	415	166

**Tableau.III.7** : ressorts à charge forte [26]

20	10	25	216	1080	5	1620	7,5	1944	9
		32	168	1075	6,4	1613	9,6	1848	11
		38	129	980	7,6	1471	11,4	1677	13
		44	112	986	8,8	1478	13,2	1792	16
		51	94	959	10,2	1438	15,3	1880	20
		64	72,1	923	12,8	1384	19,2	1803	25
		76	59,7	907	15,2	1361	22,8	1731	29

D'où nous avons choisis la raideur le plus grand

### III.7 Calcul des poinçons au flambement : [12]

Le flambage intervient lorsqu'une poutre droite de grande longueur se déforme sous l'action de deux forces axiales opposées dirigées l'une vers l'autre. C'est un phénomène qui se produit pour une certaine valeur de charge appelée charge critique.

Si :

- $P < P_{cr}$  : la poutre reste rectiligne et ne subit qu'un faible raccourcissement qui est dû à la compression.
- $P > P_{cr}$  : la poutre se plie, les déformations deviennent très importantes et la rupture peut intervenir très rapidement.

P : l'effort du poinçonnage.

$P_{cr}$  : Charge critique qui se calcule comme suit par la loi d'EULER :

$$P_{cr} = \pi^2 * E * I / L^2$$

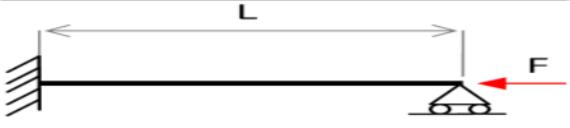
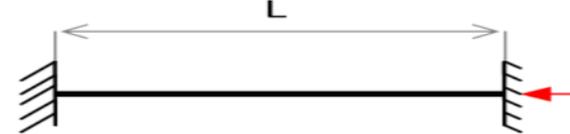
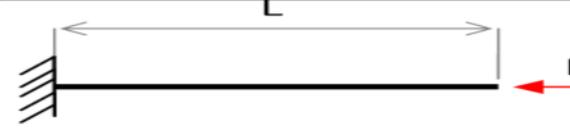
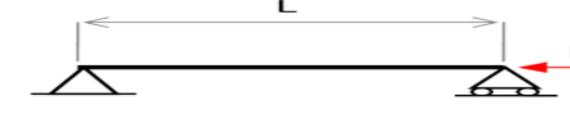
Avec :

**E** : Module d'élasticité (210 000 N/mm<sup>2</sup>).

**I** : Moment d'inertie.

- La longueur libre de flambage  $l$  est donnée en fonction du type d'appui

**Tableau.III.8** : Longueur libre de flambement. [12]

Type de liaisons	Figure	Valeur de $l$
Encastré – Pivot		$l = 0.7L$
Encastré des deux Cotés		$l=0.5L$
Encastré – Libre		$l=2L$
Pivot des deux cotés		$l=L$

Dans le cas de notre outil, le poinçon est encastré d'un côté, et libres de l'autre côté, La longueur libre du flambement est donc égale à :  $l=2L$

- Poinçon circulaire :

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

A.N :

- $I = 3.14 \cdot (16)^4 / 64$
- $I = 3215.36 \text{ mm}^4$
- $F_{cr} = (3.14^2 \cdot 210000 \cdot 3215.36) / 4 \cdot 61$
- $F_{cr} = 665745432.58 / 4 \cdot 61 = 2728464.8876 \text{ N}$

Alors la condition est vérifiée  $F_{cr} > F_t + F_{dév}$

- **Calcul de poinçon à la compression : [8]**

- Condition de résistance:

$$\sigma_{\text{com}} < Re$$

**Avec :**

$$\sigma_{\text{com}} = F/S$$

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

**F** : effort de poinçonnage.

**S** : section du poinçon.

**A.N :**

$$S = \pi d^2 / 4 = 3.14 * 16^2 / 4 = 200.96 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\text{com}} = 10048 / 200.96 = 50 \text{ N/mm}^2$$

D'après les résultats précédents, les contraintes de compression sont inférieures à la limite élastique du matériau, donc la condition de compression est vérifiée.

### III.8 Détails de l'outil

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

#### a. Porte poinçon :

C'est une plaque dans laquelle le poinçon est monté avec un ajustement légèrement pressé, son épaisseur doit être suffisante pour assurer une bonne tenue de poinçon. Il sert à fixer et guider le poinçon pendant son travail et aussi à maintenir le devêtisseur. Il est exécuté en A60.

#### b. Serre flan

Le serre flan a deux rôles à assurer ; serrer le flan au cours de l'opération de poinçonnage et aussi guider le poinçon ainsi que les vis d'écartement qui jouent le rôle de relais entre le porte poinçon et le serre flan. Il est exécuté en acier fortement allié A60.

**c. Poinçon**

C'est l'élément qui travaille le plus au sein de l'outil, il est nécessaire de vérifier le poinçon à la compression et au flambement pour déterminer sa longueur. Il est exécuté en acier fortement allié Z200 C12.

**d. Matrice :**

La matrice est exécutée en acier fortement allié Z200 C12 pour le découpage des métaux tendres tels que le laiton l'aluminium et en acier fondu. Elle doit résister à l'effort de découpage.

**e. Semelle inferieure :**

C'est une plaque sur laquelle le porte matrice est ajusté, ainsi les colonnes de guidage, son épaisseur doit être suffisante pour résister à l'effort de découpage. Elle est exécutée en aluminium.

**f. Semelle supérieure :**

Elle sert à porter le porte poinçon ainsi que les embases supérieures, sert aussi de lien avec le nez de fixation supérieure de la presse. Elle est exécutée en aluminium.

**g. Colonne de guidage :**

Celles-ci sont au nombre de deux pour les petits outils, de quatre pour les grands outils, elles assurent le guidage de la partie supérieure par rapport à la partie inferieure ; sont fixées sur la semelle inferieur avec un ajustement légèrement pressé. Elles sont exécutées en z200 c12.

**h. Les embases :**

C'est des éléments qui assurent le guidage entre la semelle supérieure et la semelle inférieure par l'interprétation des colonnes de guidage.

**III.8.1 Les éléments constituant l'outil :**

L'outil conçu se compose de deux parties (supérieure et inférieure).

**a. Partie supérieure :**

- nez de fixation supérieure
- Semelle supérieure
- Serre flan
- Porte poinçon
- Poinçon
- Ressorts
- les guides de ressorts
- Embases supérieures
- Douilles de guidage

**b. Partie inférieure :**

- Semelle inférieure
- Porte Matrice
- matrice
- Deux colonnes de guidage
- nez de fixation
- Embases inférieure

### III.8.2 Le choix du matériau de l'outil

Pour un choix judicieux des matériaux à utiliser pour chaque pièce de l'outil, il faut tenir compte de toutes les sollicitations mécaniques et physiques pour avoir une durée de vie optimale et l'utilisation de l'outil dans de meilleures conditions (voir le tableau ci-dessous).

**Tableau.III.9** : Nomenclature pour les différents composants de l'outil.

<b>PIECES DE L'OUTIL</b>	<b>OBSERVATION</b>	<b>MATIERE</b>
<b>Poinçon 1</b> <b>Matrice 1</b>	Une bonne résistance à l'usure et aux chocs ( $R_r=218 \text{ daN/mm}^2$ )	X200Cr12 (Z200C12)
<b>Semelle inférieure</b> <b>Semelle supérieure</b>		Aluminium
<b>Serre flan</b> <b>Porte poinçon</b> <b>Porte matrice</b>	il offre une bonne résistance mécanique ( $R_m = 590 / 770 \text{ N/mm}^2$ )	A 60
<b>Colonnes de guidages</b> <b>Embases</b>	Une bonne résistance à l'usure et aux chocs ( $R_r=218 \text{ daN/mm}^2$ )	X200Cr12 (Z200C12)
<b>Ressorts</b> <b>Douilles de guidage</b>		
<b>Nez de fixation</b>	il offre une bonne résistance mécanique ( $R_m= 590 / 770 \text{ N/mm}^2$ )	A60

### III.9 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 poinçonnage.

Une presse mécanique est mieux indiquée.

A partir de l'effort que nous avons trouvé, on a optée pour une presse "**ibertest**".

#### a. Ibertest :

Est une machine universelle permet d'exécuter des essais de traction et de compression, flexion, pliage, cisaillement, dureté, etc.

Sa capacité est de 200 KN, en traction et compression, utilisant un seul espace de travail.

Les forces d'essais sont exécutées par un système de transmission actionné par un servomoteur qui provoque des sollicitations à compression en montant et à traction en descendant.

#### b. Les caractéristiques techniques :

**Tableau.III.10** : Les caractéristiques techniques de la machine **Ibertest**

<b>Modèle</b>	<b>ELIB-200E/W</b>
Force maximum	200 KN
Mesure de force	Cellule de charge universelle (traction-compression) à jauges de contraintes
Nb de canaux de mesure	5 canaux de mesure répartis de la façon suivante : 1 canal pour la cellule de charge, 3 canaux libres pour le montage des transducteurs, 1 canal numérique pour

	l'encoder
Nb d'échelles	2 pour les cellules de 200 KN et 10Kn :1/1 et 1/10 de la maximum
Nb de cellules de charge	2 cellules de charge : 1de 200Kn.
Etendue de mesure	De 2% à 100% de la capacité nominale de charge de 200Kn de 10%à 100% de la capacité nominale des cellules de charge de capacité inférieure
Classe de machine selon EN 10002-2	Classe 1 dans l'étendue de mesure
Résolution(en force)	5chiffres avec virgule flottante en fonction de la capacité de la cellule et de l'échelle
Distance libre entre colonnes	520 mm
Hauteur de la machine	2550 mm
Dimensions au sol de la machine	1050*610mm
N° de colonnes guide	2 de 60 mm de diam. Chromées et rectifiées
N° de vis	2 vis à billes, de hautes précisions, dotées de racleurs
Actionnement	Moteur en courant continu et basse inertie de puissance =2200 W
Vitesse de déplacement	Programmable par le clavier entre 0.05 et 500 mm/min
Vitesse de charge	Programmable par le clavier entre 0.05et 10 kN/s
Contrôle de vitesse	Par dynamo tacométrique
Transmission	Par pignon-chaine dentée
Ancrage du bâti d'essais	Par ancrages incrustés dans le béton
Mesure du déplacement	Par encoder (capteur d'impulsions numériques) de 2500 impulsion/tour, avec résolution en mesure de mouvement linéaire de la traverse de 0.004 mm
Dimensions de la table de travail	1400*800*740 mm

## ❖ **Partie 2 : réalisation de l'outil**

L'obtention des formes requises d'une pièce par enlèvement de matière est encore à ce jour le procédé de fabrication le plus répandu. Malgré les progrès réalisés par les procédés de mise en forme des matériaux (formage, fonderie...). L'usinage se révèle nécessaire pour l'obtention des produits finaux [10]. L'objectif principal de l'usinage est l'augmentation du taux de productivité par la diminution du temps et du coût de production.

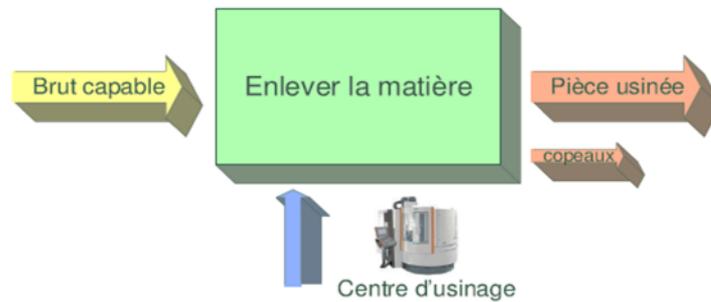
### **III.1 Généralité sur l'usinage**

L'usinage est un procédé de fabrication, consiste à réduire progressivement les dimensions de la pièce, par enlèvement de la matière à froid et sans déformation. La quantité de matière enlevée est dite copeaux, et l'instrument avec lequel est enlevée la matière est appelé outil de coupe. L'opérateur utilise des machines dites machines-outils pour réaliser l'usinage d'une pièce. [11]

### **III.2 Machine-outil utilisées**

#### **III.2.1 Procédés d'usinage**

L'usinage s'effectue dans le but de donner aux pièces brutes la forme, les dimensions et la précision nécessaire demandée par le concepteur dans son dessin de définition, par enlèvement de copeau (surépaisseur) sur des machines-outils appropriées. En fonction de la forme à donner à la surface et du type de la machine-outil, on distingue les opérations de coupe suivantes : le tournage, le perçage, la rectification, le fraisage, le rabotage,...etc. [12]



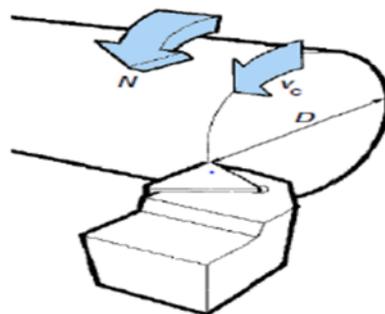
**Fig.III.19:** Enlèvement de matière.

### III.2.2 Tournage

Pendant le tournage, la pièce tourne autour de son axe, tandis que l'outil s'engage dans sa surface à une profondeur déterminée. L'outil est animé d'un mouvement d'avance continu parallèle ou perpendiculaire à l'axe de la pièce. Le tournage s'effectue sur une machine dite tour. [13]

#### III.2.2.1 Procédé de tournage

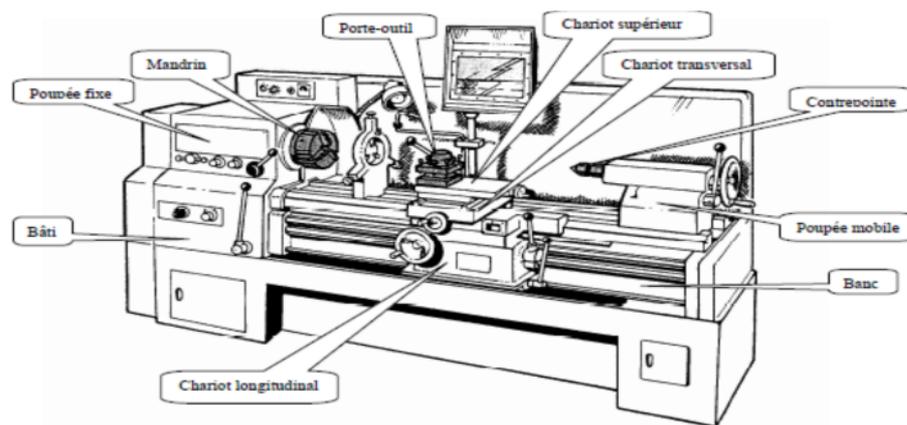
Le tournage est un procédé de fabrication mécanique par coupe (enlèvement de matière) mettant en jeu des outils à arête unique. La pièce est animée d'un mouvement de rotation (mouvement de coupe), qui est le mouvement principal du procédé, l'outil est animé d'un mouvement complémentaire de translation appelé mouvement d'avance, permettant de définir le profil de la pièce. La combinaison de ces deux mouvements, ainsi que la forme de la partie active de l'outil, permettent d'obtenir des usinages de formes de révolution (cylindres, plans, cônes ou formes de révolution complexes). [14]



**Figure III.20 :** Mouvements de coupe et d'avance en tournage. [15]

### III.2.2.2 Les tours

Les tours permettent de réaliser des surfaces de révolution et hélicoïdales (filetage) : cylindres, cônes et plans (génératrice perpendiculaire à l'axe de révolution). L'utilisation principale de ces machines est l'usinage des arbres. La pièce, généralement tenue par le mandrin, a un mouvement de rotation (mouvement de coupe) transmis par la broche. L'outil peut se déplacer en translation suivant deux directions. Ces deux directions, perpendiculaires entre elles, appartiennent à un plan auquel l'axe de la broche est parallèle. Le premier mouvement de translation est parallèle à l'axe de la broche. Le deuxième mouvement de translation est perpendiculaire à l'axe de la broche. [13]



**Fig. III.21** : Schéma d'un Tour. [13]

### III.2.2.3 Classification des machines de tournage : [16]

Les machines-outils les plus courantes utilisées pour le tournage sont :

- Les tours parallèles à charioter et à fileter
- Les tours semi-automatiques
- Les tours automatiques
- Les tours automatiques multibroches
- Les tours à commande numérique
-

### **a. Les tours parallèles à charioter et à fileter**

Ces machines sont utilisées pour les travaux unitaires ou de petites et moyennes séries sur des pièces très simples. Ces tours sont peu flexibles. Seules les surfaces dont les génératrices sont parallèles ou perpendiculaires à l'axe de la broche sont réalisables en travail d'enveloppe. [16]

#### **III.2.2.4 Régimes de coupe**

##### **a. Ebauche**

C'est l'opération qui consiste à enlever le maximum de copeaux en un minimum de temps sans s'intéresser à l'état de surface. Il faut donc choisir de grandes profondeurs de passe et de grandes avances. [17]

##### **b. Finition**

C'est l'opération qui consiste à finir la pièce aux cotes prescrites. Il faut donc choisir des grandes vitesses de coupe et de petites avances en obtiens des surfaces de grandes qualité. [17]

#### **III.2.2.5 Support et entraînement des pièces sur le tour**

Il existe trois principaux montages de la pièce à usiner sur le tour :

- Montage en l'air
- Montage mixte
- Montage entre pointe. [17]

##### **a. Montage en l'air :**

C'est un montage sur mandrin effectué pour les pièces courtes ( $L < 4D$ ). Une des extrémités est fixée sur le mandrin alors que l'autre reste libre. [17]



**Figure.III.22 :** Montage en l'air.

**b. Montage mixte :**

Il est utilisé pour des pièces relativement longues ( $4D < L < 8D$ ). Une des deux extrémités est fixée sur le mandrin alors que l'autre extrémité est soutenue par de la poupée mobiles. [17]



**Figure. III.23 :** Montage mixte

### III.2.2.6 Opérations utilisés en tournage

Tab III.11 : Les opérations utilisées en tournage.

<p><b>Chariotage</b></p> <p>Le mouvement d'avance (mouvement de l'outil) est une translation rectiligne Parallèle à l'axe de révolution de la pièce, et cet usinage aura pour effet de réduire le diamètre de la pièce. [16]</p>	
<p><b>Alésage</b></p> <p>Cette opération consiste à usiner une surface cylindrique ou conique intérieure. Le mouvement d'avance est similaire à celui en chariotage. [16]</p>	
<p><b>Dressage</b></p> <p>Opération qui consiste à usiner une surface plane perpendiculaire à l'axe de la broche extérieure ou intérieure, ce qui diminue la longueur. [16]</p>	
<p><b>Perçage</b></p> <p>Opération qui consiste à usiner un trou à l'aide d'une forêt. [16]</p>	
<p><b>Chanfreinage</b></p> <p>Opération qui consiste à usiner un cône de petite dimension de façon à supprimer un angle vif. [16]</p>	

### III.2.3 Perçage

Pendant le perçage, la pièce est fixe tandis que l'outil est animé de deux mouvements continus simultanés, le mouvement de coupe et le mouvement d'avance suivant l'axe de l'outil. Le perçage s'effectue sur des machines à percer appelées perceuses, voir (**Fig. III.13**)



**Fig. III.24** : Perceuse [18]

- Les perceuses les plus fréquemment rencontrées dans la pratique sont :
  - Perceuses sensibles
  - Perceuses à colonne
  - Perceuses radiales
  - Perceuses horizontales
  - Perceuses multibroches
  - Perceuses C.N.C. [18]

### III.2.4 Fraisage

Le fraisage est un procédé d'usinage réalisé au moyen d'un outil multiple (à plusieurs arêtes de coupe) qui est animé d'un mouvement de rotation.

- Mouvement de rotation de la fraise qui est entraîné par la broche de la machine,  $M_c$  (mouvement rapide circulaire de coupe)

- Mouvement de translation de la pièce qui est fixée sur la table de la machine, Ma (mouvement lent rectiligne uniforme d'avance).

Le mouvement de translation est orienté de façon à pousser la pièce contre la fraise suivant une direction généralement perpendiculaire par rapport à son axe.

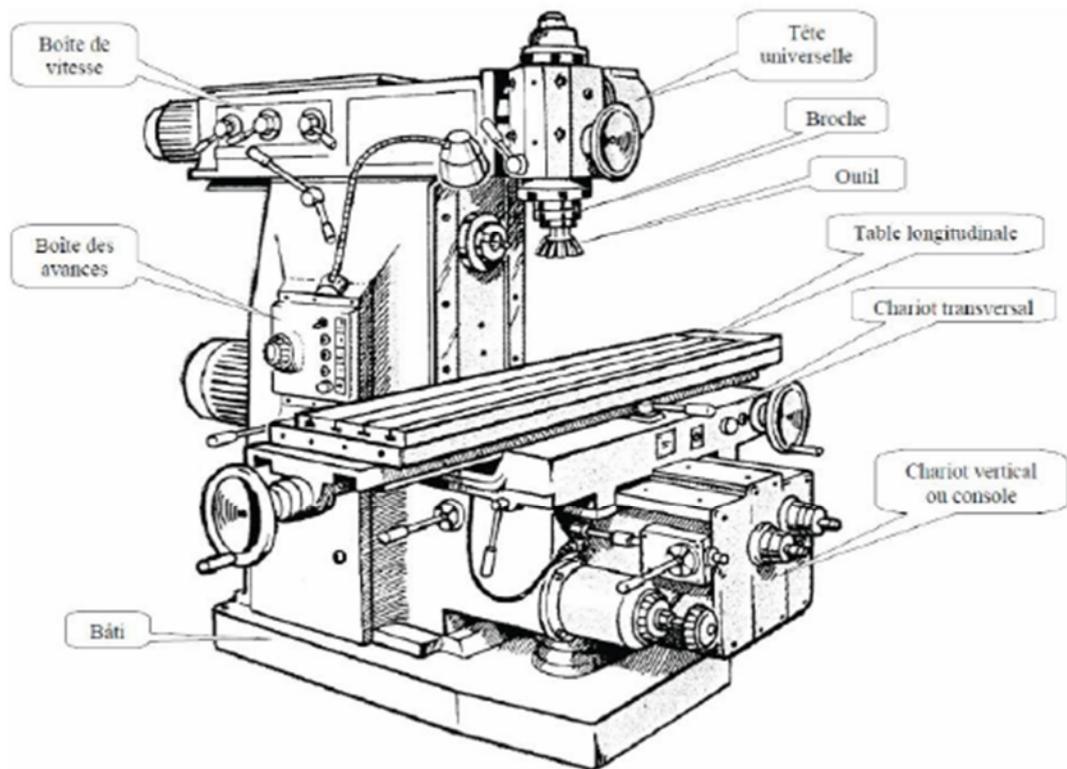
Le fraisage permet la réalisation de pièces : prismatiques, de révolution intérieure et extérieure, de profils spéciaux, hélices, cames, engrenages...etc. [17]

#### **III.2.4.1 Classification des fraiseuses**

- a. Les fraiseuses d'outillage (universelles)
- b. Fraiseuse horizontale
- c. Fraiseuse verticale
- d. Les fraiseuses de production (a programme, commande numérique)
- e. Les fraiseuses spéciaux (a reproduire, multibroches,...etc.)

##### **a. Fraiseuses d'outillage (universelles) :**

Cette machine sert principalement à usiner des pièces prismatiques. La pièce est fixée dans l'étau. L'outil est mis en rotation par le moteur de broche, il suit une trajectoire qui interfère avec la pièce. L'outil est muni d'une arête coupante, il en résulte un enlèvement de matière : les copeaux (figure I.8). Ces petits éléments de matière sont appelés les copeaux [24]



**Fig. III.25 :** Fraisage universel. [19]

**b. Fraiseuse verticale :**

La fraiseuse verticale : l'axe de la broche est perpendiculaire à la table, voir (Fig.III.26)



**Fig.III.26 :** Fraisage verticale. [17]

### III.2.4.2 Caractéristique de la fraiseuse

➤ **Fonctionnelles :**

- a. Puissance du moteur.
- b. Gamme des vitesses de broche et d'avances
- c. Orientation de la broche.

➤ **Dimensionnelles :**

- a. Type et numéro du cône de la broche (SA 40, Cm 4...)
- b. Longueur et largeur de la table.
- c. Courses de table, chariot transversal et console.
- d. Hauteur entre table et broche.
- e. Distance entre table et glissière verticale. [22]

### III.2.4.3 Procédés de fraisage

- Fraisage en bout
- Fraisage en roulant

➤ **Fraisage en bout :**

L'axe de la fraise est placé perpendiculairement à la surface à usiner. La fraise coupe avec son diamètre, mais aussi avec sa partie frontale. Les copeaux sont de même épaisseur, ainsi la charge de la machine est plus régulière.

La capacité de coupe est supérieure à celle réalisée par le fraisage en roulant. La qualité de l'état de surface est meilleure. [23]



**Fig. III.27 :** Fraisage en bout.

#### III.2.4.4 Opérations de fraisage utilisées

**Tab.III.12 :** les opérations utilisées en fraisage.

<p><b>Surfaçage :</b> Le surfaçage c'est l'usinage d'un plan par une fraise. [23]</p>	
<p><b>Rainurage :</b> C'est l'association de 3 plans. Le fond est perpendiculaire au deux autres plans. [23]</p>	

**Perçage** : Ce sont des trous. Ils sont débouchant ou Borgnes. [23]



#### III.2.4.5 Caractéristiques des fraises [22]

- **La taille** : Suivant le nombre d'arêtes tranchantes par dent, on distingue les fraises : une taille deux tailles ou trois tailles.
- **La forme** : Suivant le profil des génératrices par rapport à l'axe de l'outil, on distingue Les fraises cylindriques, coniques (**Fig.III.28**) et les fraises de forme.
- **La denture**. Suivant le sens d'inclinaison des arêtes tranchantes par rapport à l'axe de la fraise, on distingue les dentures hélicoïdales à droite ou à gauche (**Fig.III.28**) et les dentures à double hélice alternée. Si l'arête tranchante est parallèle à l'axe de la fraise, la denture est droite. Une fraise est également caractérisée par son nombre de dents.
- **Les dimensions** : Pour une fraise deux tailles : diamètre et hauteur taillée. Pour une fraise trois tailles : diamètre de l'outil, épaisseur, diamètre de l'alésage. Pour une fraise conique pour queue d'aronde : l'angle, le diamètre de l'outil et l'épaisseur.
- **Le mode de fixation** : A trou lisse ou taraudé, à queue cylindrique ou conique.
- **Construction** : Les fraises peuvent être à denture fraisée (ex. : fraise conique deux tailles  $\alpha 60^\circ$ ), ou à denture détalonnée et fraisée (ex. : fraise-disque pour crémaillères). Elles sont en acier rapide. Pour les fraises à outils rapportés sur un corps de fraise, les dents fixées mécaniquement sont en acier rapide, ou le plus souvent en carbure métallique. [22]

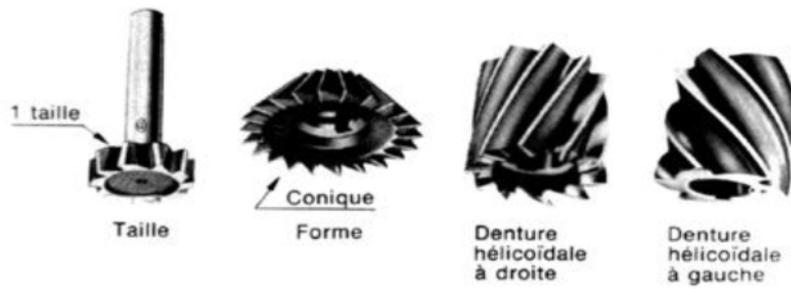


Fig. III.28: Caractéristiques des fraises. [22]

### III.2.4.5 Différents outils utilisés

- Les outils de fraisage :

Tab.III.13 : les outils utilisés en fraisage.

				
Foret à centrer	Foret à pointer	Foret	Alésoir	Fraise 2 tailles ARS
A utiliser pour situer l'axe d'une pièce	A utiliser pour positionner un perçage	Pour percer des trous	Pour la finition d'un trou de bonne qualité	Rainurage

• Les outils de tournage :

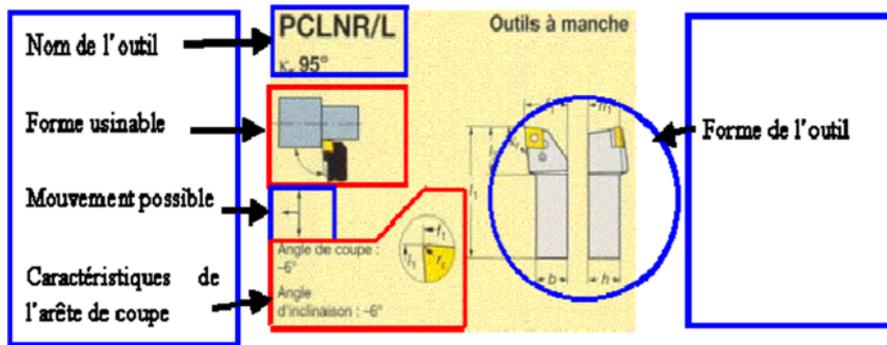


Fig.III.29 : Outil de tournage. [21]

Ebauche	Finition	Alésage	Perçage
L'ébauche permet d'enlever le maximum de matière en un minimum de temps.	La finition est le dernier usinage d'une surface. On cherche le plus souvent une bonne qualité de la surface	Pour la finition d'un trou de bonne	Pour percer des trous

Tab III.14: les outils utilisés en tournage. [16]

- **Outils manuels :**

- a. **Taraudage :**



**Fig. III.30 :** Les outils manuels de taraudage

- b. **Filetage :**



**Fig.III.31 :**Les outils manuels de perçage

### III.3 Principe de recherche de gamme de fabrication

Toute pièce mécanique évolue d'un état initial, correspondant à la pièce brute, vers un état final, représentatif du contrat de départ qui est le dessin de définition. La valeur ajoutée représente l'ensemble des opérations (usinages, traitement, etc.) à effectuer. [20]

- **La gamme de fabrication** est un document d'archives dans lequel sont consignées, de manière chronologique et globale, les différentes phases de la transformation d'un produit.
- Une **phase** représente l'ensemble des opérations effectuées à un même poste de travail.
- Une **opération** met en œuvre un seul des moyens dont est doté ce poste de travail.

La chronologie de la démarche de conception des gammes de fabrication permettant d'aboutir au document d'archives est présentée figure 1. La variété des modes d'obtention des bruts et la diversité des regroupements et enchaînements d'opérations sont tels que le processus de fabrication envisageable pour un même produit est loin d'être unique.

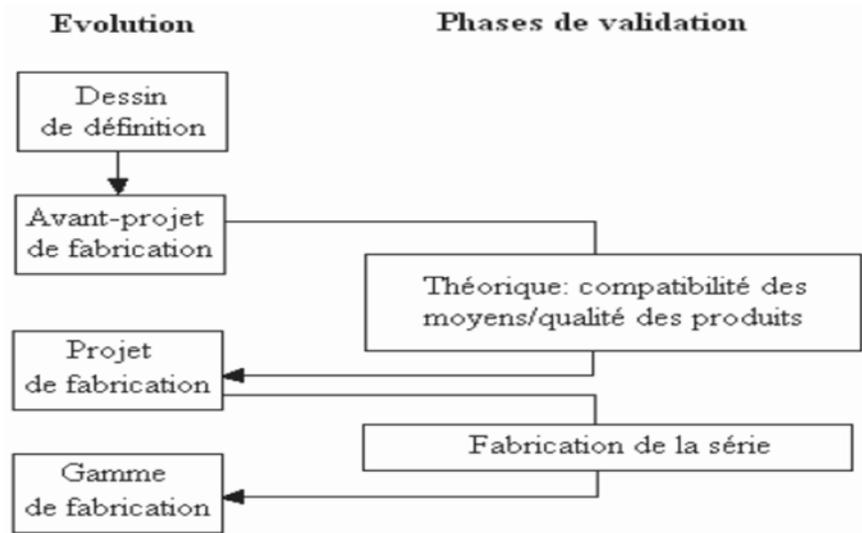


Fig. III.32 : Chronologie de la démarche d'industrialisation. [20]

### III.3.1 Classification des pièces mécaniques

La classification est basée sur une analyse morfo-dimensionnelle des pièces. Il est possible de distinguer trois grandes catégories.

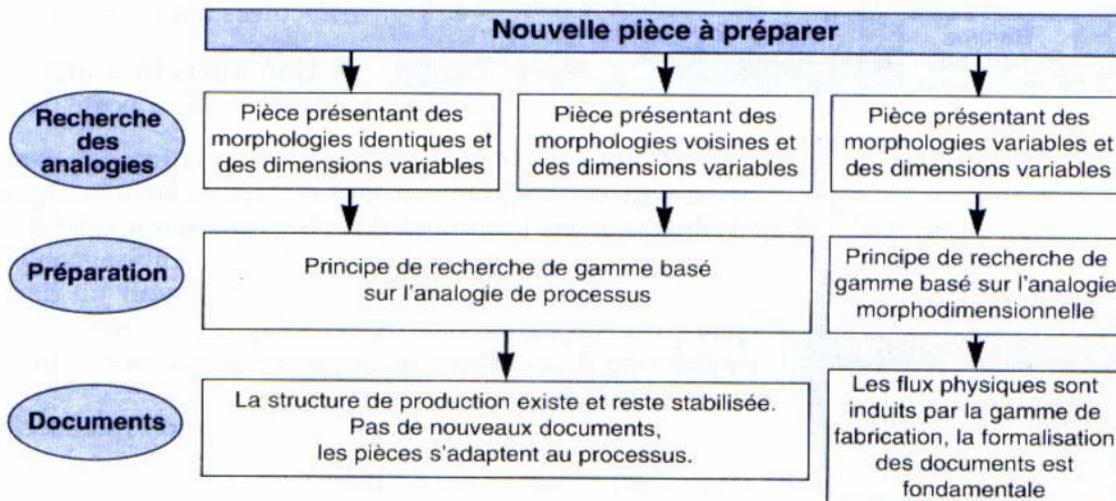


Fig. III.33 : Classification des pièces mécaniques. [20]

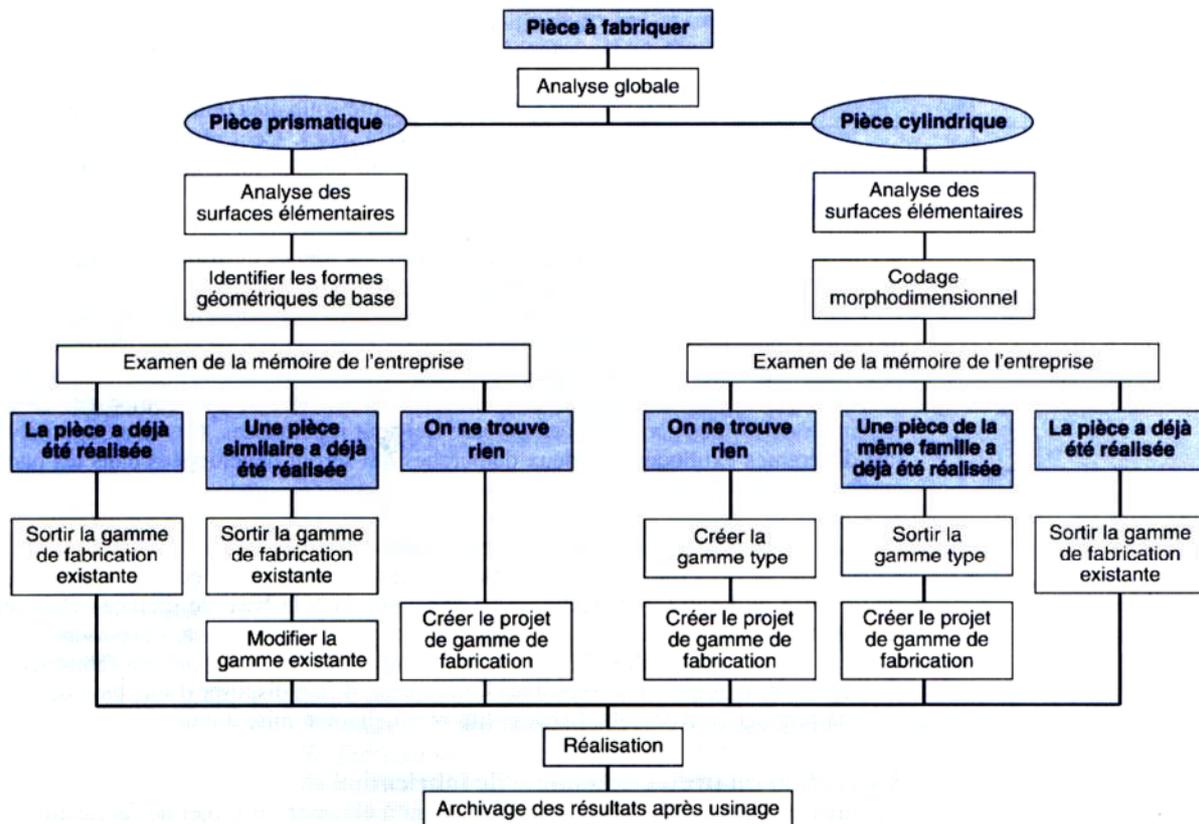
**III.3.2 Démarche d'élaboration**

Les analyses morphologiques montrent que l'on peut séparer les pièces mécaniques en deux grands groupes qui sont :

- Le groupe des pièces cylindriques.
- Le groupe des pièces prismatiques.

La figure ci-dessous présente, selon le groupe d'appartenance des pièces et le savoir-faire de l'entreprise, les principales démarches d'élaboration des gammes de fabrication. Elle fait apparaître :

- une similitude globale de la démarche, quelle que soit la nature des pièces, qui conduit après réalisation et validation à un archivage représentant un nouveau savoir-faire pour l'entreprise
- une différence concernant le mode d'accès à la mémoire (le codage n'intéresse que les pièces cylindriques);
- l'existence de structures types pour les gammes de pièces cylindriques avec en conséquence une étape particulière notée 5 pour ce type de pièces. [19]



**Fig. III.34 :** Démarche d'élaboration de gamme de fabrication. [19]

### III.3.3 Élaboration des gammes des pièces

Afin de faire apparaître l'ensemble des réflexions qui conduisent à l'écriture de la gamme, on se place dans le cas où aucune pièce du type proposé n'a été précédemment réalisée dans l'entreprise.

Les figures suivantes montrent le cheminement de réflexion menant au résultat final.

Comme pour les pièces prismatiques, on se place dans le cas où aucune pièce du type proposé n'a déjà été réalisée dans l'entreprise.

Une pièce de forme globale cylindrique est composée d'un ensemble de surfaces de révolution (cône, cylindre, plan, tore;...), auxquelles viennent s'ajouter des surfaces complémentaires qui peuvent être des plans, des rainures, des trous, des taraudages, etc. [19]

### III.3.4 Construction du projet gamme

Les figures résument le cheminement de réflexion conduisant au projet de gamme. A partir du dessin de définition de la pièce, on dresse un inventaire des surfaces élémentaires auxquelles on attribue en général un numéro d'identification.

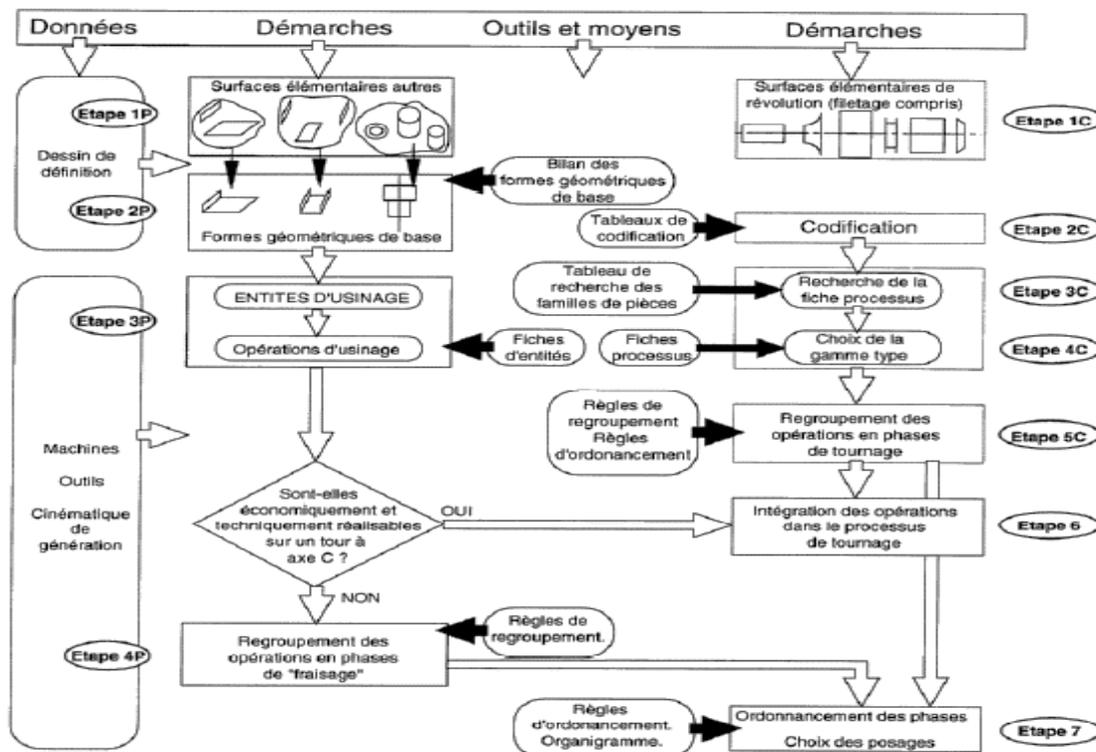


Fig. III.35 : Recherche d'un projet de gamme pour une pièce cylindrique [19]

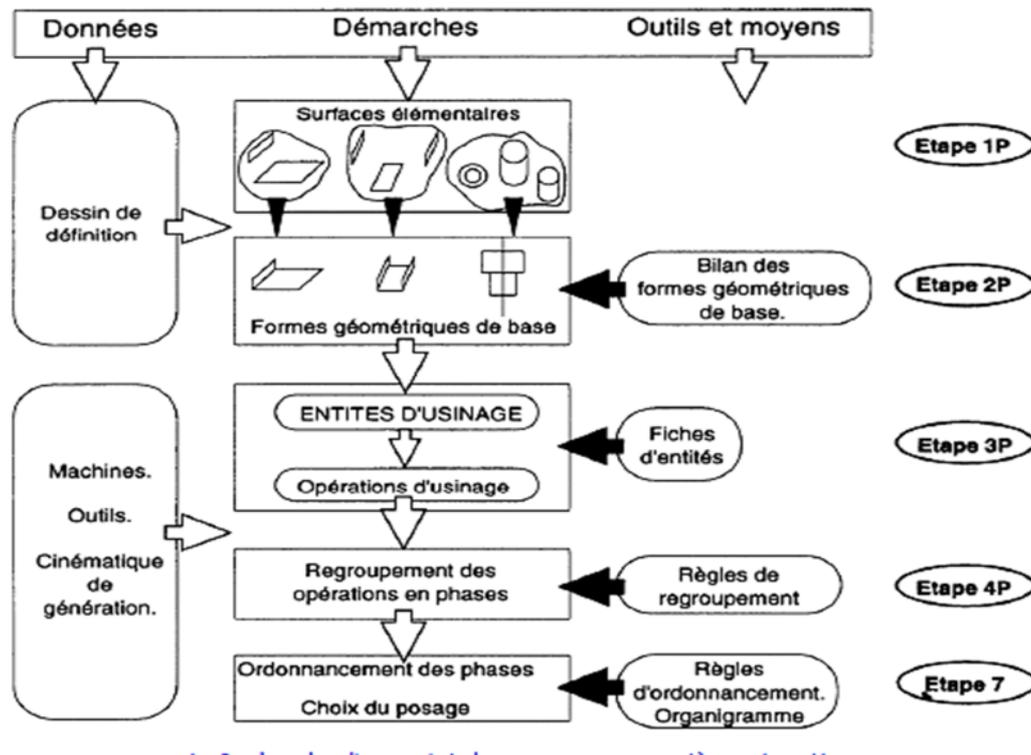


Fig. III.36 : Recherche d'un projet de gamme pour une pièce prismatique. [20]

### III.3.5 Analyse des surfaces élémentaires

La réalisation des surfaces selon les opérations élémentaires peut exiger jusqu'à trois passes en fonctions de la qualité de l'état de surface et de la précision de l'intervalle de tolérance, il s'agit :

- De l'ébauche, notée E, qui élimine la couche superficielle brute avec ses défauts physiques et géométriques, ainsi que l'excédent de matière ;
- De demi-finition, notée /F, qui permet d'obtenir une finition partielle de la pièce (position géométrique).
- De la finition, notée F, qui fait apparaître la surface usinée définitive : qualité dimensionnelle, état de surface

Les deux tableaux permettent d'analyser chacune de ces surfaces et de connaître le nombre d'opérations (ébauche, demi - finition, finition) nécessaires. [20]

**1. Dimensionnelles :**

**Tab III.15 :** dimensionnelles des surfaces.

Qualité	IT	Eb	½ Fin	Fin
≥13	IT>0.5			
9-10-11	0.5>IT >0.05			
8-9	IT<0.05			

**2. D'état de surface :**

**Tab III.16 :** la rugosité des surfaces.

Rugosité	Eb	½ Fin	Fin
Ra ≥ 6,3			
Ra > 0,8 Ra ≤ 3,2	I		
Ra < 0,8			

**3. Tolérances, rugosités et défauts :**

Le tableau permet de mettre en relation différents procédés d'usinage avec la qualité qui est atteignable.

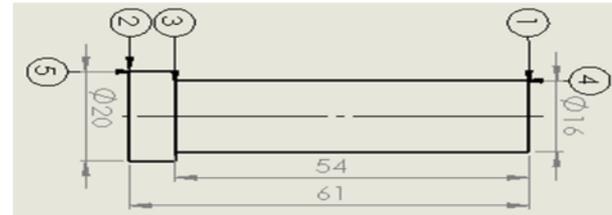
**Tab III.17 :** Tolérances, rugosités et défauts de différents procédés d'usinage.

Techniques		Qualité des surfaces	État de surface Ra (µm)	Défauts de position			
Procédés	Outils			//	⊥	⊙	∠
Fraisage en bout	HSS	16 à 7	25 à 0,8	0,01 à 0,02	0,02	/	0,01
	Carbure	12 à 6	12 à 0,4	0,02			
Fraisage en roulant	HSS	16 à 9	25 à 3,2	0,01 à 0,02	0,02	/	0,01
	Carbure	12 à 8	12,5 à 0,8				
Tournage (ébauche)	HSS	16 à 10	3,2 à 0,8	0,04 à 0,05	0,04 à 0,05	0,04 à 0,05	0,04 à 0,05
	Carbure	12 à 8	1,6 à 0,2				
Tournage ( finition)	HSS	8 à 6	3,2 à 0,8	0,01 à 0,02	0,01 à 0,02	0,01 à 0,02	0,01 à 0,02
	Carbure	8 à 5	1,6 à 0,2	0,02	0,02	0,02	0,02
Perçage	Foret	16 à 9	6,3 à 0,8	0,2	0,1	0,1	0,1
	Foret alésoir	10 à 8	1,6 à 0,4	0,02	0,02	0,02	0,02
Perçage	Profond	10 à 8	3,2 à 0,4	0,02	0,02	0,02	0,02
Alésage à l'alésoir	HSS	10 à 7	3,2 à 0,4	0,01	0,01	0,01	0,01
	HSS	10 à 7	0,8 à 0,2	0,005	0,01	0,01	0,01
Alésage à l'outil	HSS	10 à 7	0,8 à 0,2				
	Carbure	10 à 6	1,6 à 0,2				

### III.3.7 Gammes d'usinage

#### III.3.7.1 Gammes d'usinage du poinçon

a. Le dessin de définition de poinçon :

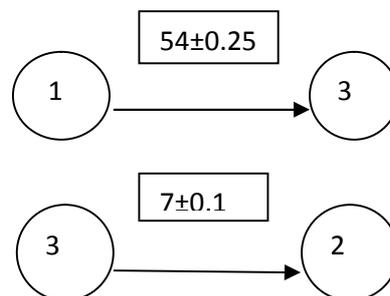


b. Inventaire des surfaces :

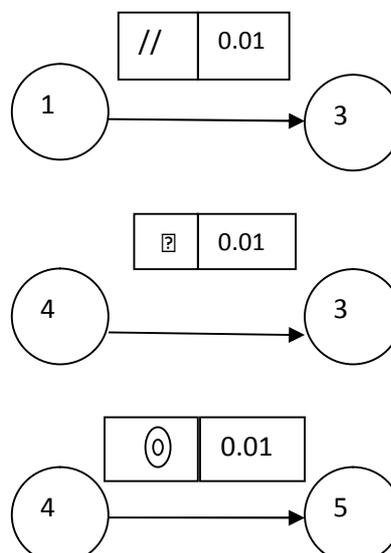
Cotes usinée : 1 2 3 4 5

c. Les contraintes suivant les axes :

Suivant OZ :

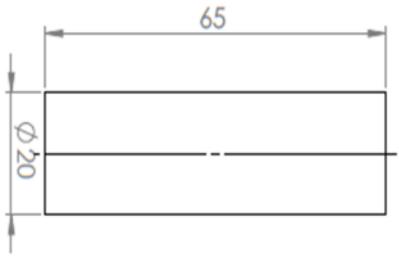
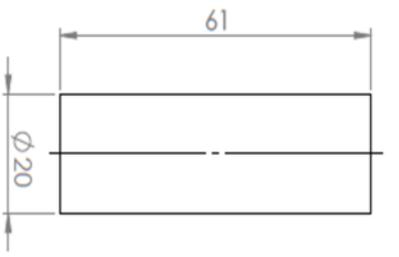


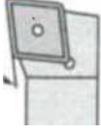
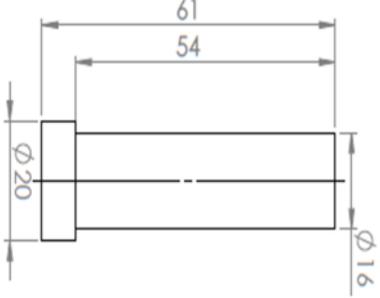
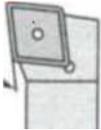
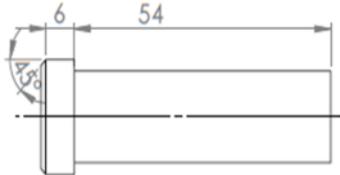
d. Contrainte géométrique :



### III.3.7.2 Phase d'usinage poinçon

Tab III.18 : Exemple de gamme de fabrication du poinçon

Exemple de gamme de fabrication		Nom de la pièce : Poinçon	Matériau : Z200 C12	Dimension du brut : 65*20
Phase	Désignation des phases	Machines Outillage	Les outils	Croquis
10	Découpage de brut  Vérification du brut. Contrôler les cotes 65*20		réglet ou pied à coulisse	
20	Dressage : (1 ; 2)	Tour conventionnelle	Outil à charioter dresser  	

30	Chariotage : (4)	Tour conventionnelle	Outil à charioter dressé 	
40	chanfreinage	Tour	Outil a charioter dresser 	

### III.4 Conclusion

Les différents calculs que nous avons effectués successivement nous a permis de savoir le choix de la presse utilisé, la contrainte de compression de poinçon est inférieure à la limite élastique du matériau donc la condition de compression est vérifiée. Un calcul de vérification au flambement de poinçon est vérifié. Les résultats des efforts appliqués sur le poinçon ainsi trouvés sont loin des valeurs critiques.

Nous avons présentés dans ce chapitre une revue générale sur les machines-outils utilisés au cours de la réalisation de l'outil, dont le but de montrer les différents organes et techniques de chaque machine.

# **CHAPITRE IV**

Résultats et interprétations

## IV.1 Introduction :

Ce chapitre est dédié à l'étude expérimentale du procédé de poinçonnage sur des échantillons en utilisant le dispositif de poinçonnage décrit dans le chapitre précédent. En effet, après la réalisation de ce dispositif il nous est paru nécessaire d'évaluer ce banc. On s'intéressera à ce stade à la mesure de l'évolution de l'effort de découpage en fonction de pénétration du poinçon. Pour cela nous avons effectué plusieurs essais sur deux alliages d'aluminium différents et d'épaisseurs différentes :

- Une tôle en alliage d'aluminium 1050 d'épaisseur 2 mm
- Une tôle en alliage d'aluminium 7075 d'épaisseur 2.5 mm.

## IV.2 Essai de poinçonnage sur la machine de compression/traction

Les essais, d'une manière générale, sont assurés en montant le dispositif de poinçonnage sur la machine de compression/ traction **Ibertest**. Notre objectif consiste donc à étudier et quantifier la variation de l'effort en fonction de la profondeur de pénétration du poinçon. Pour cela on a effectué plusieurs essais. Ces derniers sont effectués sur le dispositif de poinçonnage (poinçon, matrice), monté et adapté à la machine de traction/compression.



**Fig.IV.1** : La machine de compression/traction



**Fig.IV.2** : Les mors de fixation

### IV.3 Rappel sur l'aluminium

L'aluminium est un métal dont la structure est et reste cubique à faces centrées à toute température inférieure à sa température de fusion (660 °C).

Il est particulièrement apprécié pour certaines de ses caractéristiques :

- Sa faible masse spécifique; 2,7 kg/dm<sup>3</sup>;
- Sa faible résistivité électrique; 0,0265 μΩ · m à 20 °C;
- Sa forte conductivité thermique ; 237 W/(m · K);
- Sa bonne résistance à certaines corrosions et notamment à la corrosion atmosphérique.

Ces propriétés font que l'aluminium est très utilisé à l'état pur ou plus exactement à l'état non allié (dans les pays développés plus de 40 % de la consommation d'aluminium se fait à cet état) qui se définit selon les critères suivants :

- Cr, Mg, Mn, Ni et Zn; chacun ≤ 0,1 %;
- Cu ≤ 0,1 % (on admet ≤ 0,2 % si Cr ≤ 0,05 % et Mn ≤ 0,05 %);
- Fe + Si ≤ 1 %.

L'aluminium non allié ne possède pas des performances mécaniques très élevées; on peut donner les ordres de grandeur suivants :

- Limite d'élasticité  $R_p 0,2$ ; 20 à 35 N/mm<sup>2</sup> ;
- Résistance à la traction; 65 à 90 N/mm<sup>2</sup> ;
- Allongement à rupture; 23 à 43 %.

Pour de nombreux emplois il est nécessaire de recourir à des alliages d'aluminium présentant des caractéristiques mécaniques plus élevées.

Ces alliages sont, du point de vue de leur composition chimique définis par les critères suivants :

- Al prédomine en masse sur chacun des éléments d'alliage;
  - La teneur totale en masse des éléments d'alliage dépasse 1 %;
  - La teneur en masse de chaque élément satisfait aux conditions ci-dessous :
- pour Cr, Cu, Mg, Mn, Ni et Zn; teneur > 0,1 %,
  - Fe + Si > 1 %.

### IV.3.1 Alliages d'aluminium

L'aluminium non allié possède des propriétés mécaniques très réduites, pour les améliorer, on ajoute des éléments entrants en solution solide et/ou en formant des précipités qui entraînent des compositions d'alliages industriels de plus en plus complexes.

Cependant on peut considérer que ces alliages comportent :

- Une addition principale déterminante pour les propriétés de résistance
- Des additions secondaires en quantité plus faible qui ont une action spécifique

### IV.3.2 Désignation des différents alliages d'aluminium

La désignation des alliages d'aluminium s'effectue suivant un système de 4 chiffres. Le premier chiffre de la série indique le principal élément alliant en présence et les chiffres subséquents indiquent la composition.

Nous désignerons les alliages d'aluminium corroyés suivant les normes de l'association d'aluminium. Ces normes affectent à chaque type d'alliage un nombre de quatre chiffres qui permet de les classer en séries. Dans le tableau suivant on mettra en lumière les séries principales des alliages d'aluminium :

**Tableau IV.1** : Désignation des séries principales des alliages d'aluminium [28]

Série	Désignation	Elément d'addition principal	Phases principales présentes dans l'alliage
1000	1XXX	99% d'Aluminium	-
2000	2XXX	Cuivre (Cu).	Al <sub>2</sub> Cu, Al <sub>2</sub> Cu/Mg
3000	3XXX	Manganèse(Mn).	Al <sub>6</sub> Mn
4000	4XXX	Silicium(Si).	-
5000	5XXX	Magnésium(Mg)	Al <sub>3</sub> Mg <sub>2</sub>
6000	6XXX	Magnésium(Mg) et Silicium(Si).	Mg <sub>2</sub> Si
7000	7XXX	Zinc(Zn).	MgZn <sub>2</sub>
8000	8XXX	Autre élément	-
9000	--	Non utilisé.	-

Les alliages d'aluminium se répartissent en deux familles :

- Les alliages à durcissement par écrouissages (dislocation).
- Les alliages à durcissement structural (précipité).

Les alliages de la série 7000 (Al Zn Mg) font partie comme les alliages de la série 6000 (Al Mg Si) et la série 2000 (Al Cu) des alliages a durcissement structural ou trempent et dans notre travail nous allons utiliser la série 7075.

### IV.3.3 Traitements thermiques des alliages d'aluminium

Les traitements thermiques n'ont pas comme seul but d'agir sur le niveau de résistance mécanique, ils sont susceptibles d'influencer un grand nombre d'autres propriétés parfois très importantes pour les utilisateurs.

Dans la métallurgie des alliages d'aluminium, la tendance est de mettre au point ou de définir des traitements thermiques vraiment spécifiques en vue d'améliorer une propriété donnée d'un alliage bien déterminé.

#### IV.4 Allure de la courbe expérimentale effort/pénétration du poinçon

Chaque courbe expérimentale est décomposée en trois principales parties illustrées schématiquement dans la (Fig.IV.3)

**1- Partie OA :** L'effort du poinçon évolue linéairement. Le comportement du matériau est élastique ;

**2- Partie AB :** Il s'agit d'une phase non linéaire correspondant à la déformation plastique avec écrouissage du matériau de la zone de cisaillement entre le poinçon et la matrice ;

**3- Partie CD :** Dans cette partie, l'endommagement se développe et évolue rapidement. Une (ou des) fissure(s) s'amorce(nt) au niveau des arêtes coupantes du poinçon et/ou de la matrice. Le début de la chute de la courbe correspond à l'amorçage de fissure(s) qui se propage(nt) rapidement jusqu'à la rupture complète de la tôle.

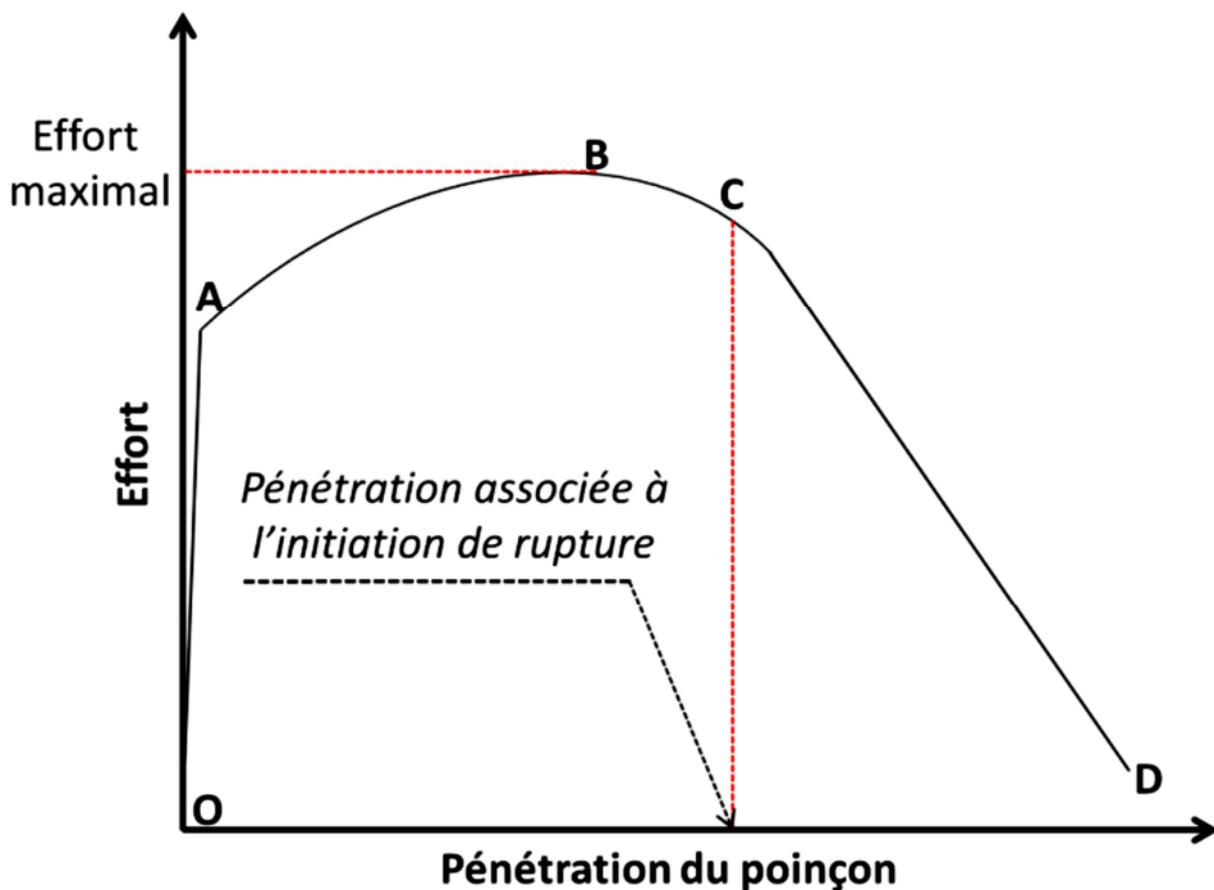


Fig.IV.3. Courbe typique effort/pénétration du poinçon [2]

## IV.5 Présentation de l'alliage 7000

Le zinc est utilisée dans les alliages de coulée et en moindre quantité, avec le magnésium et le cuivre dans les alliages de la série 7000, pour produire des alliages traitable thermiquement et dotés de propriétés mécanique nettement améliorées.

Les alliages de la série 7000 offrent les résistances mécaniques les plus élevées parmi tous les produits d'aluminium. Ils sont cependant difficiles à produire et à fabriquer.

Ils sont donc utilisés pour des applications spéciales requérant un niveau très élevé de résistance mécanique, telle la fabrication des avions et de pare-chocs d'automobiles.

En effet, l'alliage 7020 a servi dans la fabrication des premiers et deuxièmes étages de la fusée ARIANE. L'alliage 7075 qui possède une résistance a la traction de 580 MPA et qui est soudable, sert à la fabrication des plaques de blindage.

Les alliages de la série 7000 ne sont généralement pas considéré comme soudables et leur résistance à la corrosion n'est pas aussi bonne que celle de séries 5000 et 6000.

C'est la raison pour laquelle on utilise des rivets dans la construction des avions et que l'on recouvre généralement les alliages de la série 7000 d'une couche protectrice [27]

## IV.6 Présentation de l'alliage 1000 (aluminium pur)

Cette série ne peut pas être traitée thermiquement. La résistance à la traction de 69 à 186N/mm<sup>2</sup>.elle présente une excellente résistance à la traction dans un large domaine de température. Cette série est souvent désignée comme aluminium pur.

Ces alliages sont soudables mais ont un faible intervalle de fusion de sorte que des procédures de soudage acceptables. Comme ces alliages ont des propriétés mécaniques relativement faibles, ils sont rarement utilisés en raison de leur résistance élevée à la corrosion et leur bonne conductibilité électrique.

Ces alliages sont soudés avec un métal d'apport en aluminium pur ou de la série 4000 [27]

## IV.7 Etude expérimentale

Afin de décrire le comportement de la tôle durant le procédé de poinçonnage, plusieurs essais ont été effectués sur deux alliages d'aluminium en utilisant le dispositif présenté dans le chapitre précédent. Ce dispositif est monté sur la machine Ibertest, alors que l'effort de poinçonnage est appliqué en actionnant le mors mobile de la machine.

### But :

L'objectif de ces essais est d'étudier le comportement de **l'alliage l'aluminium 1050** et **7075** lors du procédé de poinçonnage en variant la vitesse de la machine pour chacun des matériaux utilisés pour obtenir des résultats de l'effort en fonction de pénétration du poinçon.

## IV.8 Outillage et conditions opératoires

Des essais de poinçonnage ont été faits en utilisant le montage réalisé. L'outillage est monté sur une presse Ibertest de capacité 200 KN. Le montage est constitué d'un poinçon et d'une matrice de formes circulaires. La (**Fig.V.5**) montre une représentation schématique de la presse et l'outillage de poinçonnage.



**Fig.IV.4** : Le montage de l'outil sur la machine

**D'où :**

- **La partie supérieure de l'outil :**



**Fig.IV.5 :** La partie supérieure de l'outil

- **La partie inférieure de l'outil :**



**Fig.IV.6 :** La partie inférieure de l'outil.

- **Assemblage poinçon/matrice :**



**Fig.IV.7 :** Assemblage poinçon/matrice

## **IV.9 Résultats et discussion**

Après chaque essai de poinçonnage, la machine post-traite des résultats numériques sous forme de tableaux. A partir de ces données, nous traçons des graphes de l'effort appliqué en fonction de pénétration du poinçon.

### **IV.9.1 Matériaux utilisés**

En premier lieu, nous avons effectués des essais sur des tôles en aluminium 1050 d'épaisseur 2 mm. Ensuite nous avons utilisé l'aluminium 7075 d'épaisseur 2.5 mm

#### **a) L 'Aluminium 7075 :**

Les résultats présentés dans ces essais sont obtenus sur un alliage d'aluminium du système Al-Mg-Zn dont la désignation et la composition chimique sont données dans les tableaux suivants :

**Tableau IV.2:** Désignation du matériau selon différentes normes.

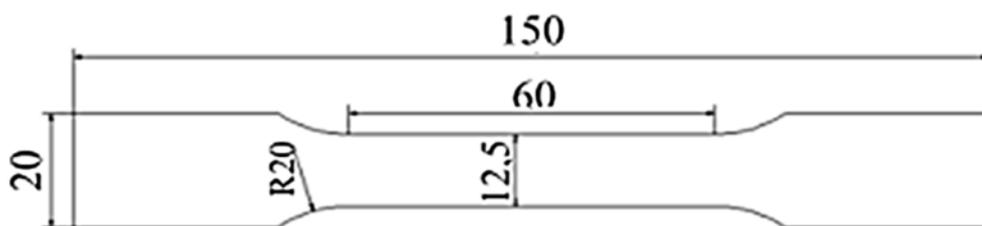
Normes	A.A. USA	AFNOR. France	DIN. Allemagne
Désignation	7075	AZ5GU	Al-Zn-Mg-Cu 1,5

**Tableau IV.3 :** Composition chimique de l'alliage 7075.

Eléments	Mg	Si	Mn	Cu	Zn	Al
Masse %	1,5	0,4	0,5	0,20	4,5	Reste

- **Eprouvette utilisée :**

Les éprouvettes utilisées pour la caractérisation du comportement en traction ont été découpé à l'aide d'une cisaille guillotine dans une tôle d'épaisseur 2,5 mm, de longueur 150 mm et de largeur 20 mm. Ensuite, elles ont été usinées avec une fraise afin d'obtenir les dimensions données sur la figure V.6.

**Figure IV.8 :** éprouvette utilisée en aluminium 7075

- **Résultat final des essais sur les éprouvettes**

**Fig.IV.9 :** Résultat des essais sur l'aluminium 7075

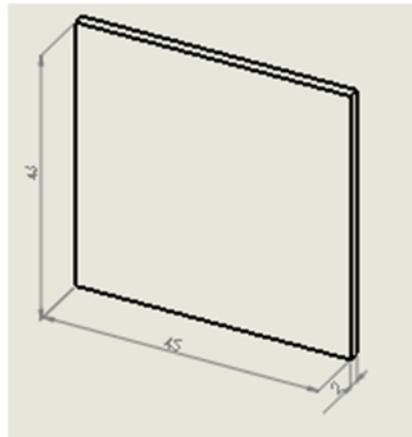
**b) Alliage d'aluminium 1050**

L'alliage 1050 est utilisé pour sa conductivité. Il est aussi souvent utilisé pour la fabrication de garnitures dans l'industrie automobile, les équipements de l'industrie chimique et alimentaire, les réflecteurs et les échangeurs thermiques.

**Tableau IV.4** : Composition chimique de l'alliage 1050.

Eléments	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Autres	Aluminium
Masse %	0.25	0.40	0.05	0.05	0.05	0.7	0.05	0.03	99.50

- **Eprouvette utilisée**

**Figure IV.10** : éprouvette utilisée en aluminium 1050.



**Fig.V.11** : Les éprouvettes avant le poinçonnage

- **Résultat final des essais sur les éprouvettes**



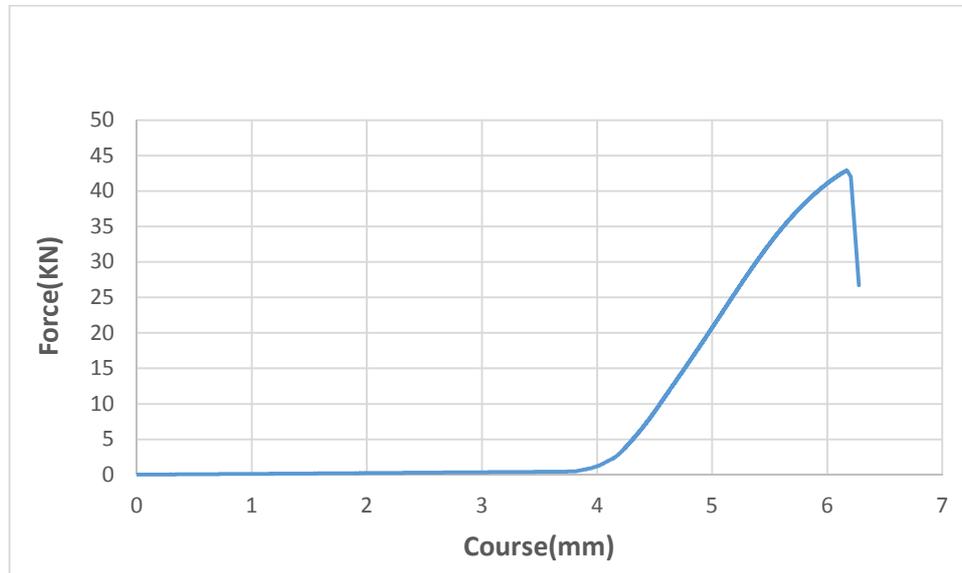
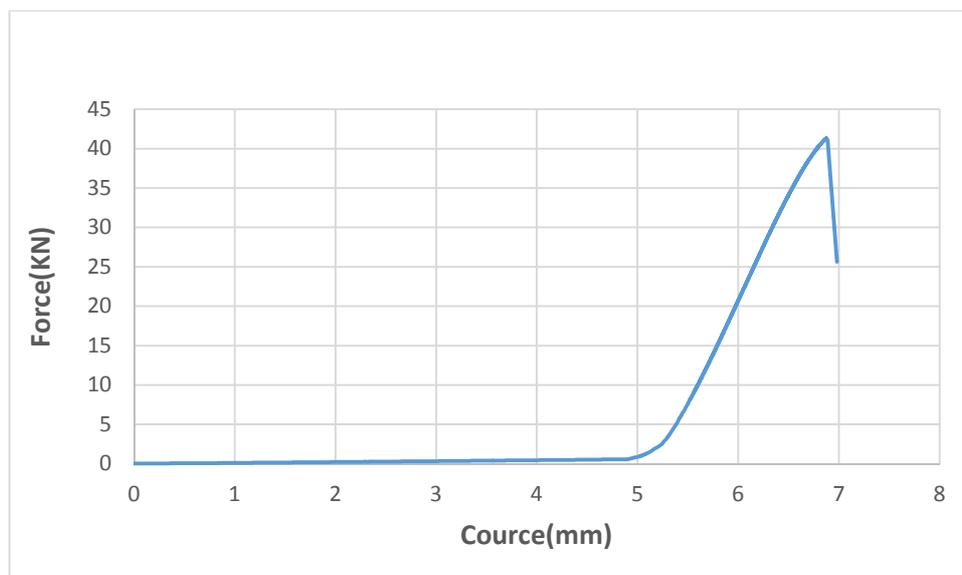
**Fig.IV.12** : Résultat des essais après poinçonnage.



**Fig.IV.13** : Les éprouvettes après le poinçonnage



**Fig.IV.14** : Les chutes

**IV.9.4 Résultats des essais****a. Aluminum 7075:****V=0.1 KN/mm:****Fig.IV.14** : La courbe force(KN)/Course (mm) à V=0.1 KN/mm**V=0.5 KN/mm :****Fig.IV.15** : La courbe effort/Course (mm) à V=0.5 KN/mm

V=1 KN/mm :

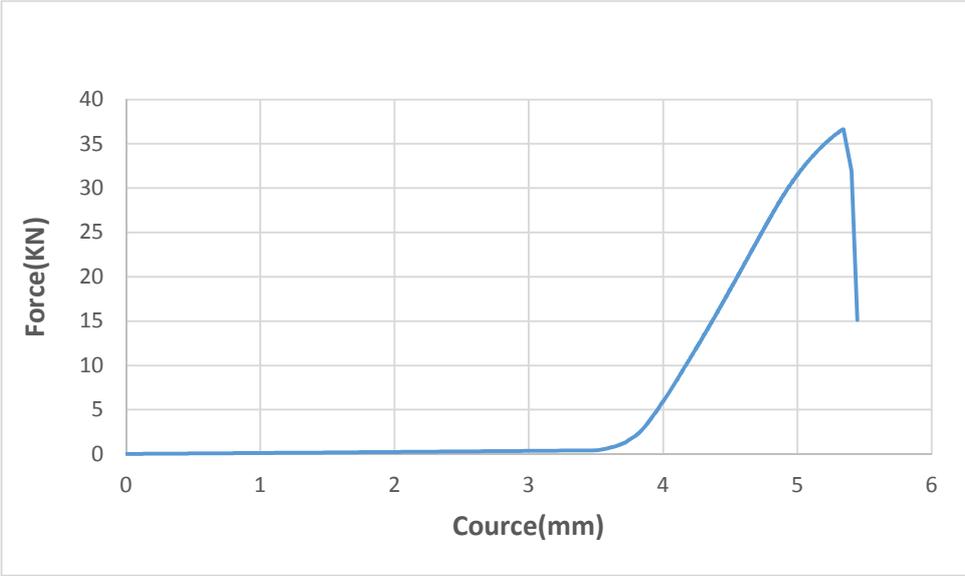


Fig.IV.16 : La courbe effort/Course (mm) à V=1 KN/mm

V=10 KN/mm

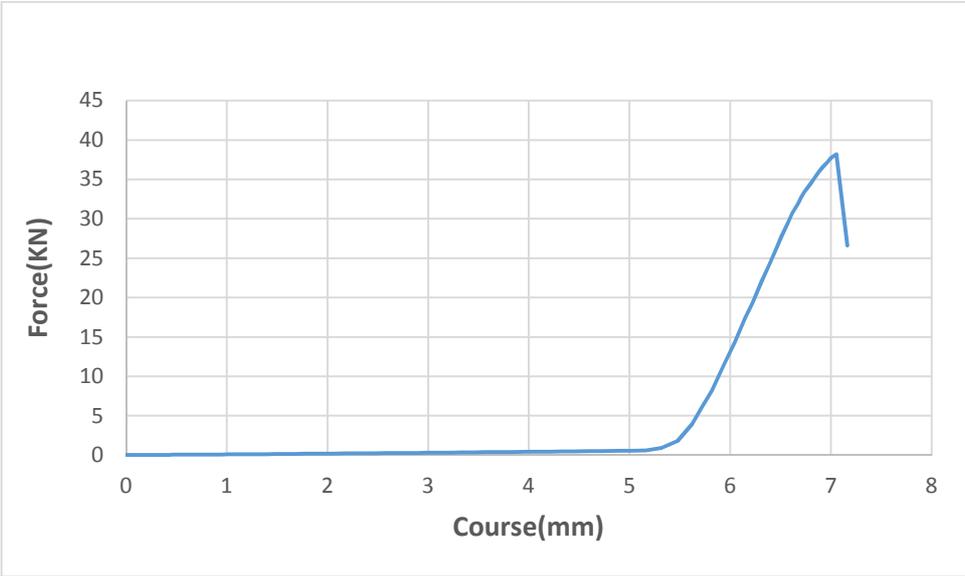
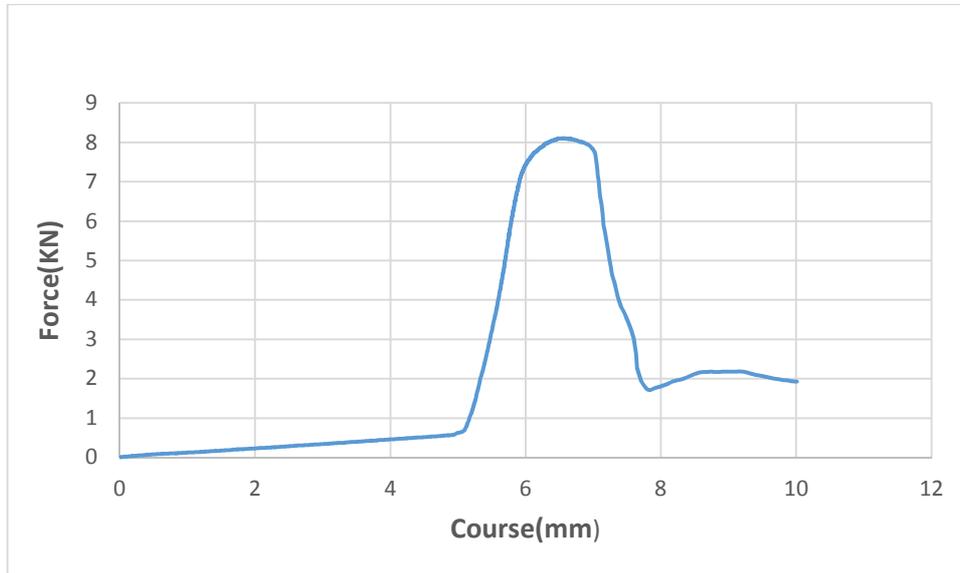
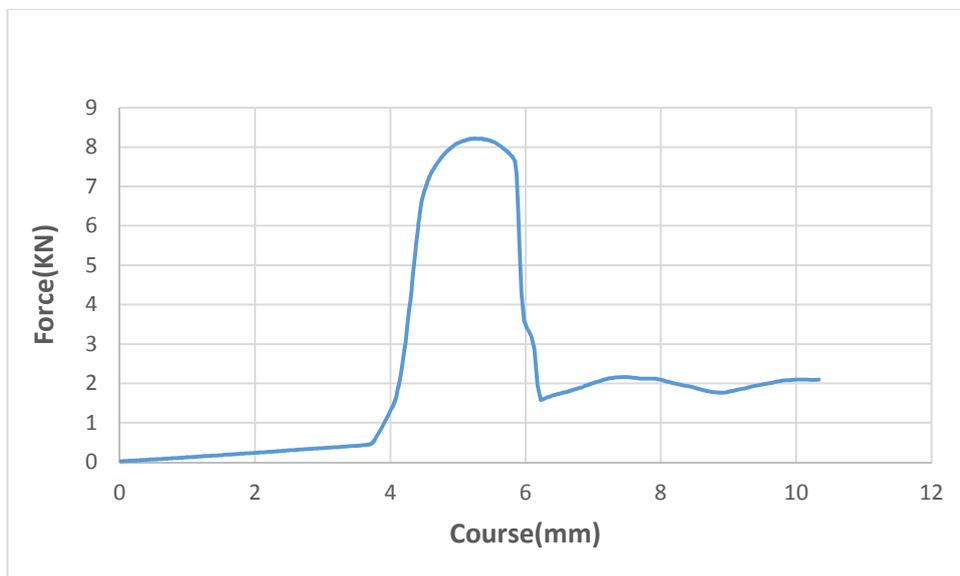
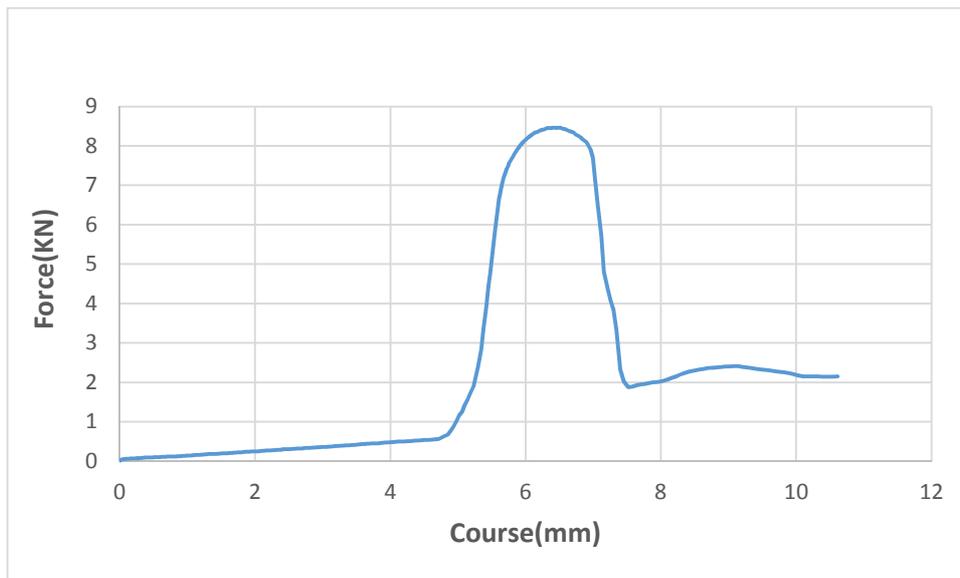


Fig.IV.17 : La courbe effort/Course (mm) à V=10 KN/mm

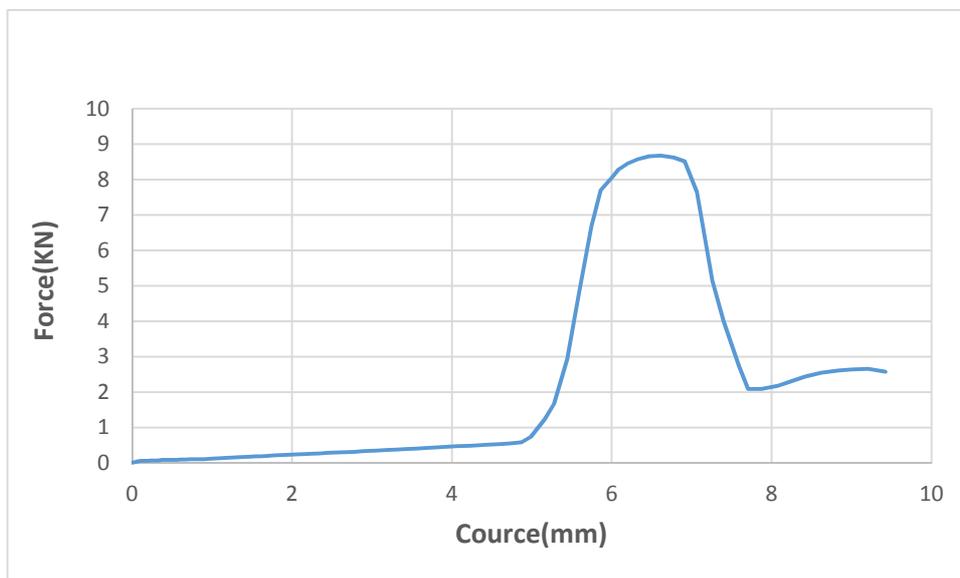
**b. Aluminium 1050 :****V=0.1 KN/mm :****Fig.IV.18 :** La courbe effort/Course (mm) à V=0.1 KN/mm**V=0.5 KN/mm :****Fig.IV.19 :** La courbe effort/Course (mm) à V=0.5 KN/mm

**V=1KN/mm :**



**Fig.IV.20 :** La courbe effort/Course (mm) à V=1 KN/mm

**V=10KN/mm :**



**Fig.IV.21 :** La courbe effort/Course (mm) à V=10 KN/mm

### Remarque

On remarque que la variation de la vitesse de la machine conduit pratiquement aux mêmes qualités de résultats sur les deux matériaux.

## **IV.10 Conclusion**

Des études expérimentales de poinçonnage ont été faites pour caractériser les efforts nécessaires à la découpe de deux nuances de tôle en aluminium (1050, et 7075) permettant ainsi une validation du travail. L'étude de l'influence de la vitesse de déplacement et la vitesse de charge a aussi été concluante. En effet, nous avons constaté que la vitesse n'influence pas vraiment sur l'effort de découpage.

### Conclusion générale

Lors de la préparation de notre mémoire de fin d'études de master, nous avons été amenés à étudier les aspects liés aux procédés de mise en forme, aux méthodes de conception de produits, à l'étude et réalisation d'un outil de poinçonnage. La réalisation du dispositif au sein du HALL Technologie de Oued-Aissi nous a donné une expérience supplémentaire puisqu'au-delà de la familiarisation avec les machines et outils de fabrications mécaniques, nous avons pu développer une certaine analyse dans le domaine de l'usinage des métaux et alliages. Finalement, les tests de poinçonnage ainsi que les interprétations de ces résultats expérimentaux ont permis de valider notre travail.

En conclusion, nous pouvons résumer les différentes phases que nous avons suivies durant notre stage comme suit :

- Conception de l'outil, à l'aide d'un logiciel de conception assistée par ordinateur (SolidWorks), qui nous a permis d'avoir les caractéristiques dimensionnelles et géométriques des différents composants d'un outil du dispositif de poinçonnage. Nous avons aussi achevé notre travail par des dessins de définition des différents organes du dispositif pour permettre une meilleure illustration de son fonctionnement.
- Au cours de cette étude, nous avons conçu un outil de dimensions répondant au cahier de charges, à savoir une utilisation avec la machine «**Ibertest**» se trouvant dans notre faculté.
- Les choix des dimensions de chaque élément du dispositif de poinçonnage sont effectués selon les conditions de résistances, les contraintes d'encombrement ainsi que les efforts fournis par la presse «**Ibertest**».
- Les plans d'exécution de l'outil qui nous ont aidés durant la réalisation.
- Des études expérimentales de poinçonnage ont été faites pour caractériser les efforts nécessaires à la découpe de deux nuances de tôle en aluminium (1050, et 7075) permettant ainsi une validation du travail. L'étude de l'influence de la vitesse de

déplacement et la vitesse de charge a aussi été concluante. En effet, nous avons constaté que la vitesse n'influence pas vraiment sur l'effort de découpage.

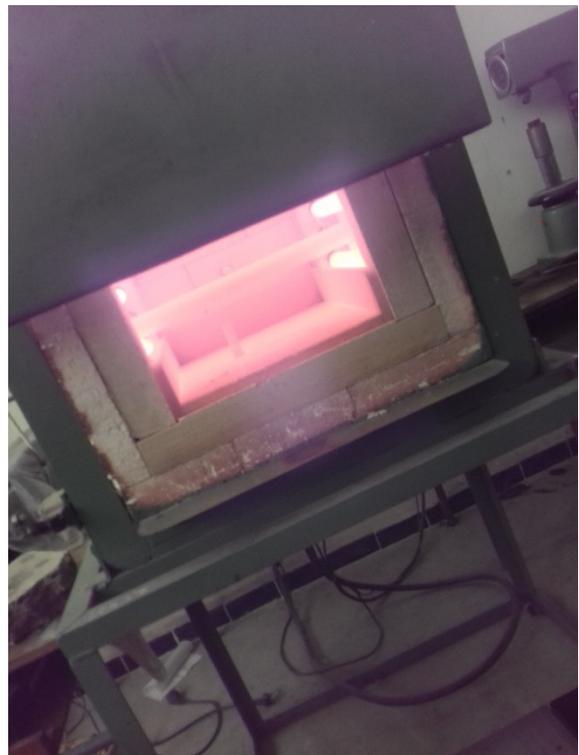
Comme perspective à ce travail, nous prévoyons :

- ✓ De réaliser des simulations numériques pour compléter les résultats. Notamment afin d'estimer le champ de contrainte au niveau de la zone de découpage.
- ✓ De testé ce dispositif pour d'autres matériaux (composites tissés ...).

# Annexe 1

## La trempe

La trempe est une opération nécessaire pour effectuer un traitement thermique. Cette opération consiste en un refroidissement suffisamment rapide de la solution solide obtenue dans la première étape, pour que les précipités intermétalliques stables n'aient pas le temps d'être formés. Elle ne prend pas de temps, puisqu'elle a une très courte durée. Elle peut être faite à l'eau, à l'air, à l'huile ou dans des métaux en fusion à différents intervalles. Son but est de supprimer la formation de la phase à l'équilibre  $Mg_2Si$  pendant le refroidissement et de préserver la solution soluble solide formée lors de la mise en solution, par un refroidissement rapide ( $\sim 260 \text{ }^\circ\text{C/s}$ ) à basse température, habituellement près de la température de la pièce. Le résultat de cette opération est une solution solide sursaturée en éléments d'alliages, et également en lacunes



## A 60

AFNOR	DIN	AISI	NF EN 1027-1
A 60-2	ST 60-2		E335 (1.0060)

### Composition chimique en %

C	S	Mn	P	Si
<b>Non communiqués</b>	0,045 maxi	Non communiqués	0,045 maxi	Non communiqués

### Propriétés

Acier à usage courant en mécanique générale. Non traité, il offre une bonne résistance mécanique (Rm).

Acier de construction non allié d'usage général, non effervescent. L'analyse chimique n'est pas définie par la norme et ne garantit pas d'éventuels traitements thermiques.

### Domaines d'application

Pièces soumises à de fortes pressions de surface, vis sans fin, pignons, clavettes, axes, bagues.....

### Caractéristiques mécaniques moyennes (état normalisé)

Rm N/mm <sup>2</sup>	Re N/mm <sup>2</sup>	A%	Dureté HB
<b>590 / 770</b>	305 / 335	6 / 16	

# FICHE TECHNIQUE AL1050

## ▪ DESIGNATIONS NORMALISEES

AFNOR : 1050 A

DIN : Al 99.50

UNI : 4507

## ▪ COMPOSITION CHIMIQUE

Composition chimique	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti
%	99,50	0,52	0,40	0,05	0,05	0,05	0,07	0,05

## ▪ PROPRIETES PHYSIQUES

Masse volumique 20° C 2.71 Kg/dm<sup>3</sup>

Point de fusion 640-660 °C

Module d'élasticité longitudinal 69 Gpa/mm<sup>2</sup>

Conductivité thermique 210-230 W/M . K

Conductivité électrique  $\geq 34$  M/ $\Omega$  mm<sup>2</sup>

Résistivité électrique  $\leq 0.029$   $\Omega$  mm<sup>2</sup>/M

## ▪ APTITUDE AU FACONNAGE ET COROSION

Déformation à chaud Très bon

Usinage Médiocre

Soudure-brasure Très bon sous protection

Soudure par résistance Très bon

Polissage Médiocre

Température de recuit 350-450°C

Température pour le traitement de détente ~150°C

Corrosion à atmosphère normale Très bon

Corrosion à atmosphère industrielle et marine Très bon

## ▪ APPLICATIONS

Matériel pour industrie chimique ou alimentaire, décoration, matériel électro-ménager, emboutissage, chaudronnerie.

Beau poli, polissage aisé, pliage, repoussage.

## ▪ MASSE VOLUMIQUE

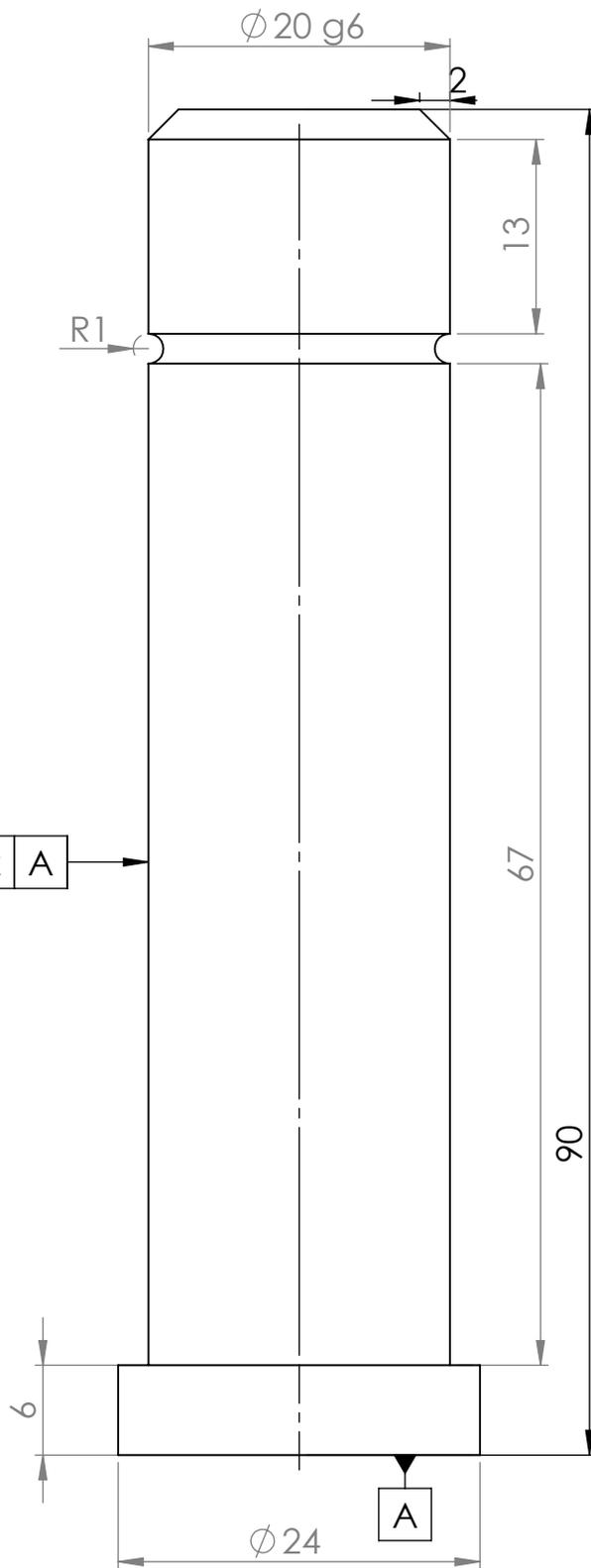
2,70 kg/dm<sup>3</sup>.

## Les références bibliographiques

---

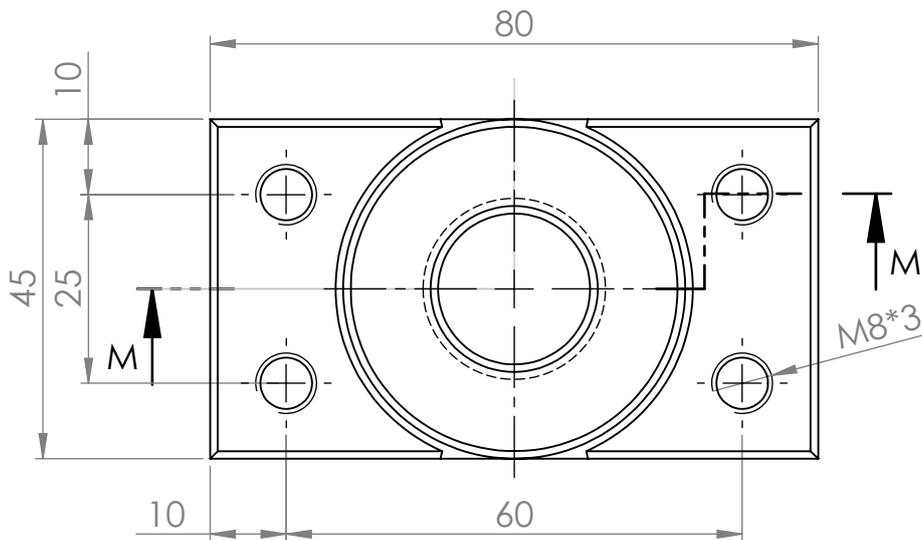
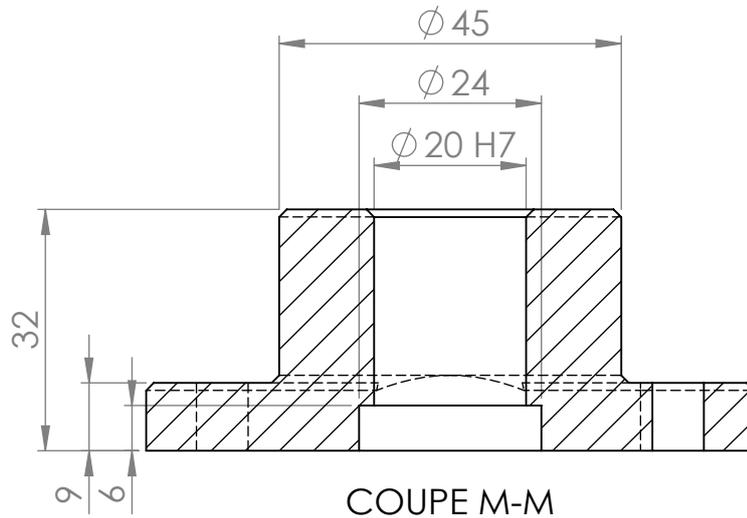
- [1] TECHNIQUE DE L'INGENIEUR (SNDL).
- [2] La THESE ACHOURI\_- \_Mohamed 2012
- [3] Etude et conception d'un outil à suivre pour la fabrication d'un panneau latéral autonettoyant d'une cuisinière ENIEM. UMMTO 2013/2014
- [4] Étude et conception d'un outil à suivre à bande. UMMTO 2014
- [5] Presses mécanique pour le travail à froid des métaux amélioration de la sécurité sur les presses. Institut national de recherche et de sécurité (inrs) deuxième édition 2004 (édition 2004 (Edition INRS ED 782)
- [6] Thèse de Souleymane RAMDE Le 16/12/2010 université de Toulouse III. PAUL SABATIER  
Titre : Simulation numérique d'une opération de découpage et méthodologie de Calcul pour optimiser la qualité de la pièce découpée et les sollicitations de l'outillage
- [7] Déformation plastique des tôles à l'usage des techniciens en génie mécanique. Par R.QUATREMER. Edition DELAGRAVE. 1962
- [8] **Mr : BOUCHA Athmane, Mr : MAHTOUT Mustapha**, « Etude et réalisation d'un outil à poinçonner pour les plaques signalétiques et plaquettes de graissages », **2015/2016**
- [9] **Mr MAKHLOUF Yazid, Mr MEDAH Djamel**, Etude et conception d'un outil de détournage et poinçonnage pour table de travail cuisinière extra-plate, 2011
- [10] **P.Padila**, « Production Mécanique », DUNOD 1986.
- [11] **DEBBACHE Abdellatif BENGLIA Mohammed Bakar**, «**Optimisation Multi-Passe des Régimes de Coupe En Chariotage** », 2011
- [12] **G. Spinnler**, « Conception des machines principes et applications », tome 3, presses polytechniques et universitaires romandes, 1998.
- [13] **Hachem Mohammed Chérif, Laimeche hadj abdellah**, Présentation d'une gamme d'entretien préventive d'une fraiseuse de type 6 P 13, **2011**.
- [14]. **Passeron**, Tournage, Techniques de L'Ingénieur, BM7086, 1997

- [15]. **M. Rahou, F. Sebaa**, Automatisation des Instruction d'Usinage Cas Paramètres de Coupe, Mémoire de Master Université, Abou Baker Belkaid, Tlemcen, 2007
- [16]. **Rocdacier**, Cours sur le Tournage - Usinage Cours Technologie, 2011
- [17]. **S. Benlahmidi, H. Aouici**, Tournage, TP Production/ 2ème année GM&P, Ecole Nationale Supérieure de Technologie
- [18]. **.Y. Schoefs, S. Fournier, J. C. Leon**, « Productique mécanique », Delagrave, 1994, France.
- [19]. Hachem Mohammed Chérif Mr, Laimèche hadj abdellah. MEMOIRE DE FIN D'ETUDE, Master maintenance industrielle, Présentation d'une gamme d'entretien préventive d'une fraiseuse de type 6 P 13,2011
- [20] : guide de travaux pratique pour l'analyse de fabrication et gammes d'usinage
- [21]. B. Vieille. METHODES & FABRICATION. Conservatoire national des arts et métiers
- [22]. **Passeron**, Tournage, Techniques de L'Ingénieur, BM7086, 1997
- [23] **A. Toumine**, éléments de cours : usinage v1.1, Cours de Fabrication, « usinage par enlèvement de copeaux ».
- [24] H. LONGEOT, L. JOURDAN Construction industrielle, 1982.
- [25] **SAADI Toufik**, « Etude et conception d'un outil à suivre à bande », mémoire de master il en fabrication mécanique, UMMTO 2014.
- [26] Juliette et Guillaume RABOURDIN, [Industrie@rourdin.fr](mailto:Industrie@rourdin.fr)
- [27] **Denis beaulieu** : les caractéristiques de l'aluminium structural.
- [28] Cahier IBS classification des alliages d'aluminium 2<sup>ème</sup> partie

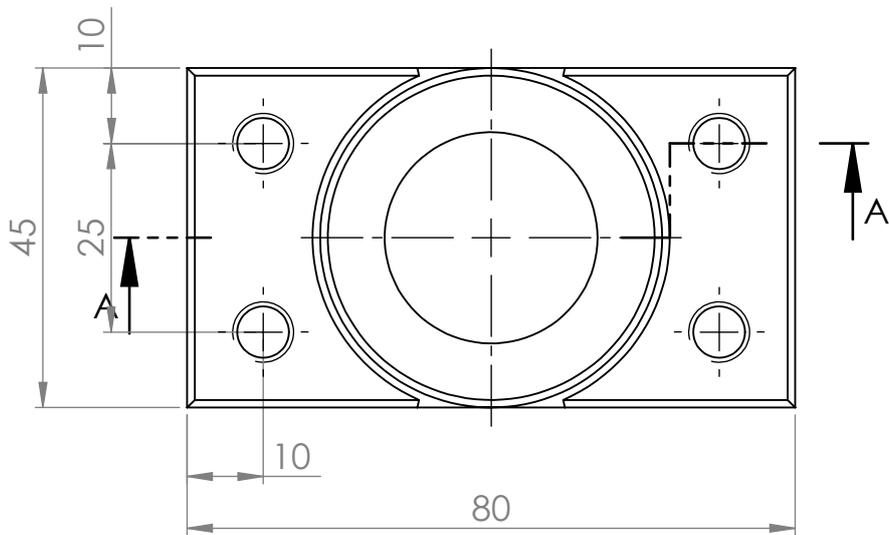
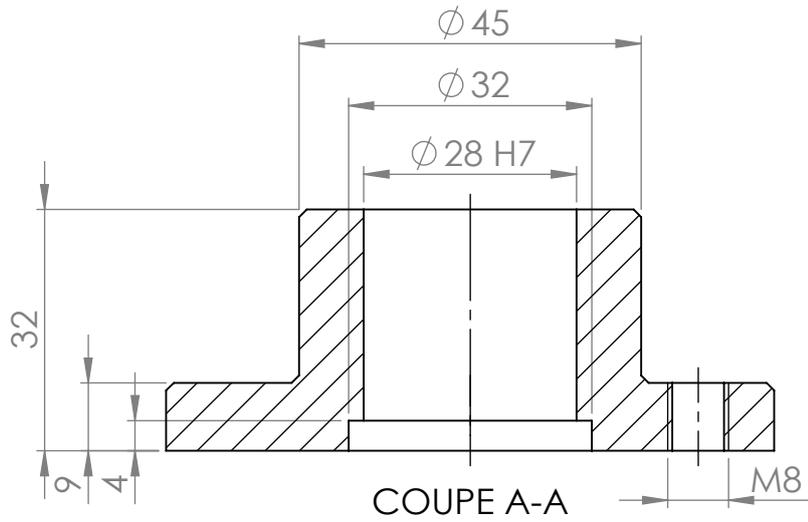


Tolérance: 0.01  
Ra = 0.4  
sauf spécification

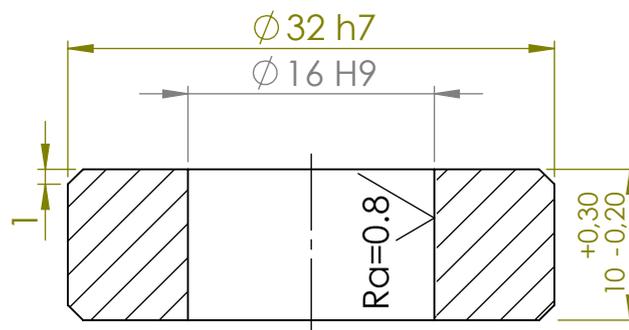
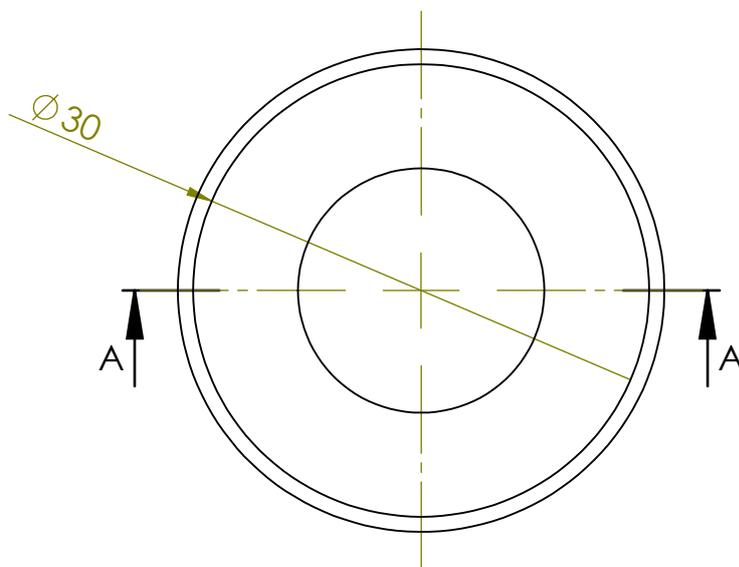
02	03	colonne de guidage	XC65	Traitée
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 2/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				



02	02	<b>Embase inférieur</b>	z200 c12	Ra=3.2
<b>Rep</b>	<b>Nbr</b>	<b>Désignation</b>	<b>Matière</b>	<b>Observation</b>
Ech : 1/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA.T ADDADI.A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				

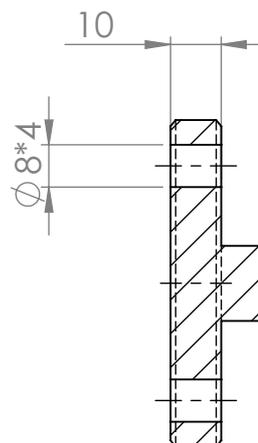
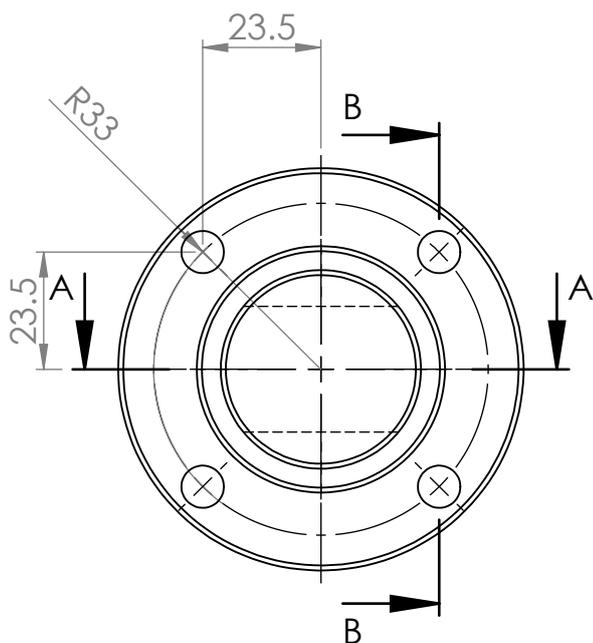


02	16	Embase supérieur	z200 c12	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 2/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA.T ADDADI.A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				

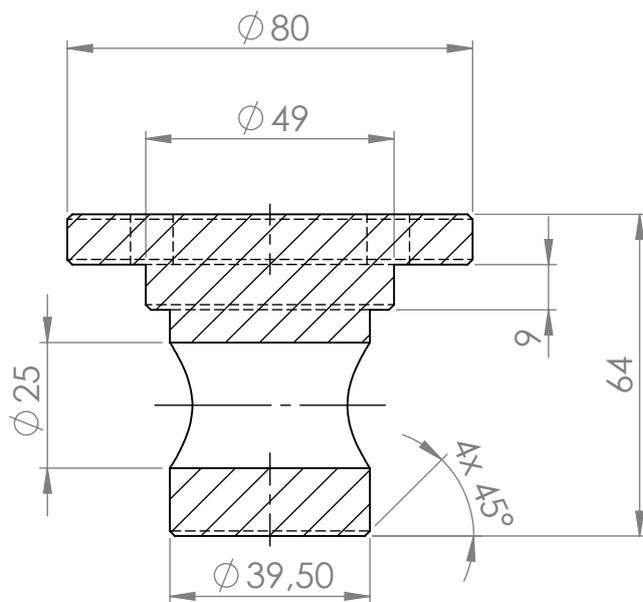


COUPE A-A

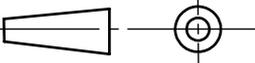
01	05	matrice	Z200c12	Ra=1.6
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 2/1		<h1>Outil de poinçonnage</h1>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				

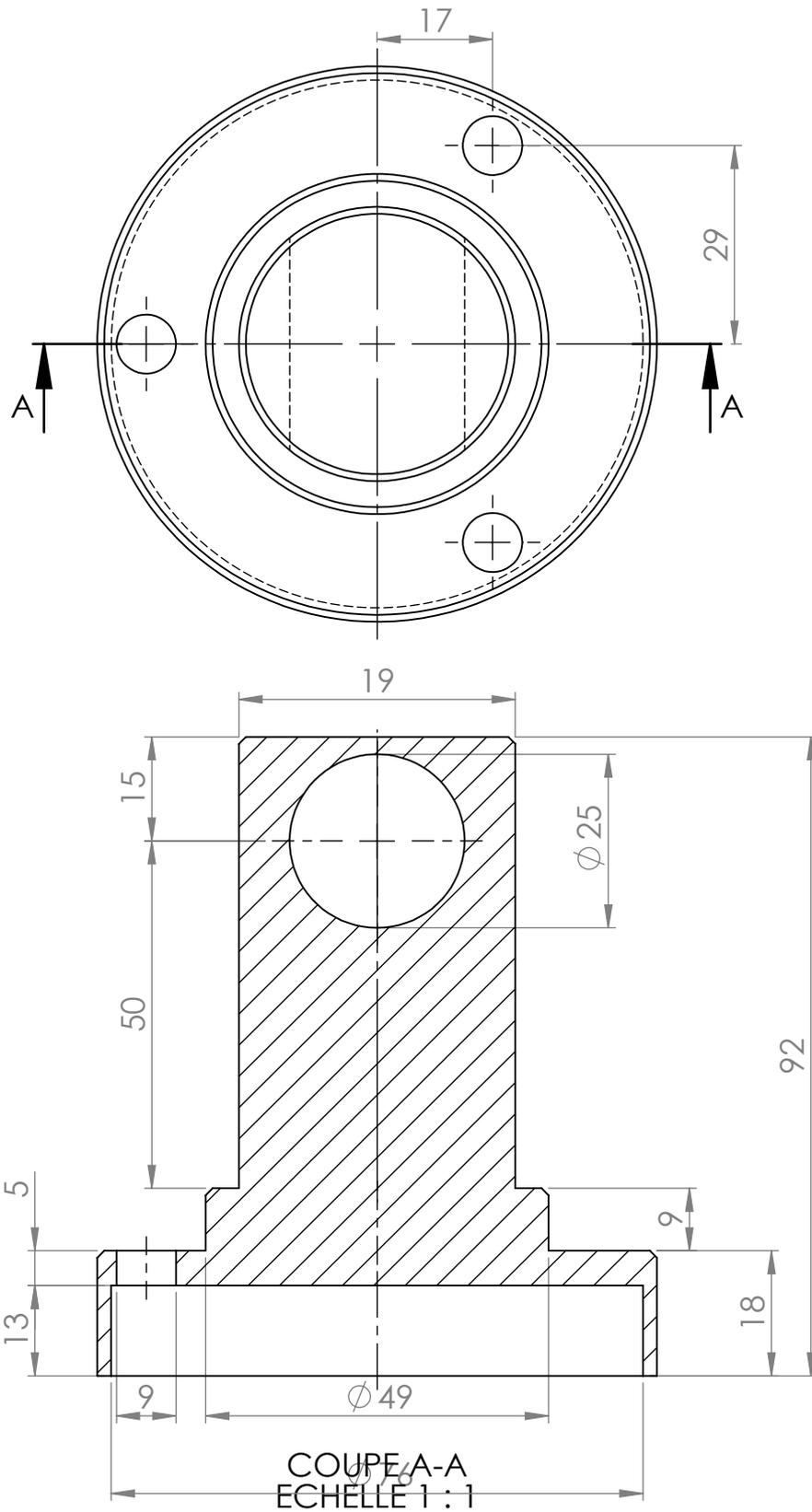


COUPE B-B  
ECHELLE 2 : 3

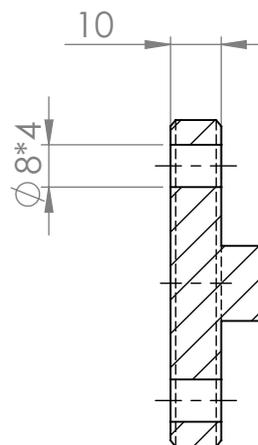
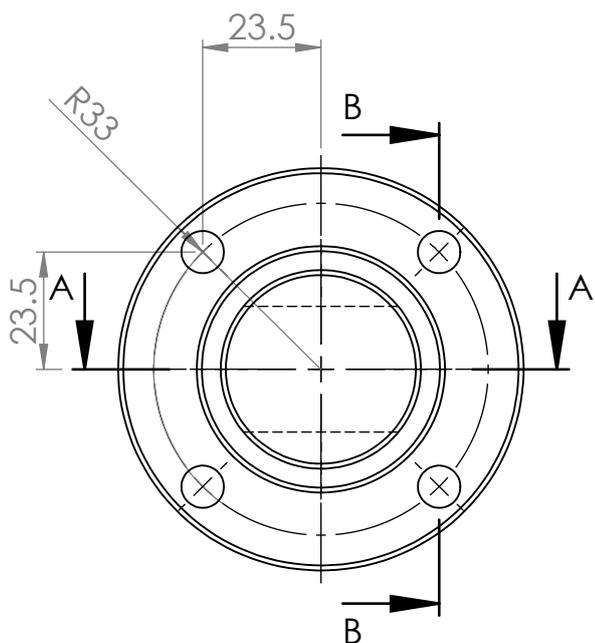


COUPE A-A  
ECHELLE 2 : 3

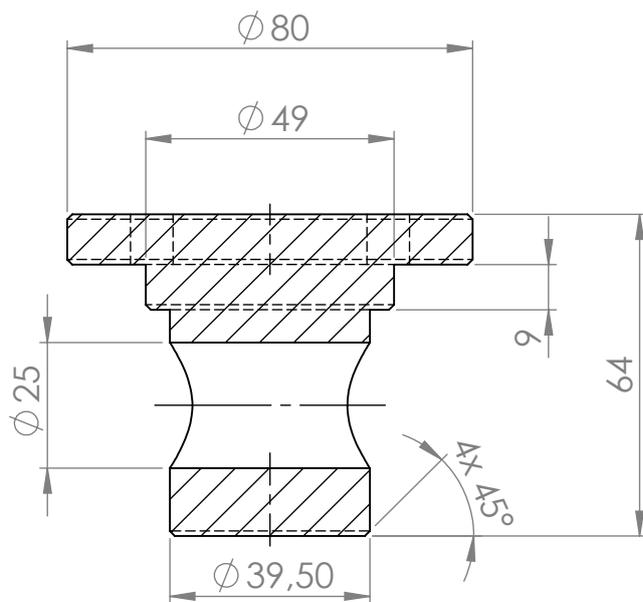
01	06	Nez de fixation inférieur	A60	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
2:3			<h1>Outil de poinçonnage</h1>	AMARA T ADDADI A
				2017/2018
UMMTO - FGC - GM - CM				



01	10	nez de fixation supérieur	A60	Ra=3.2
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 1/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				

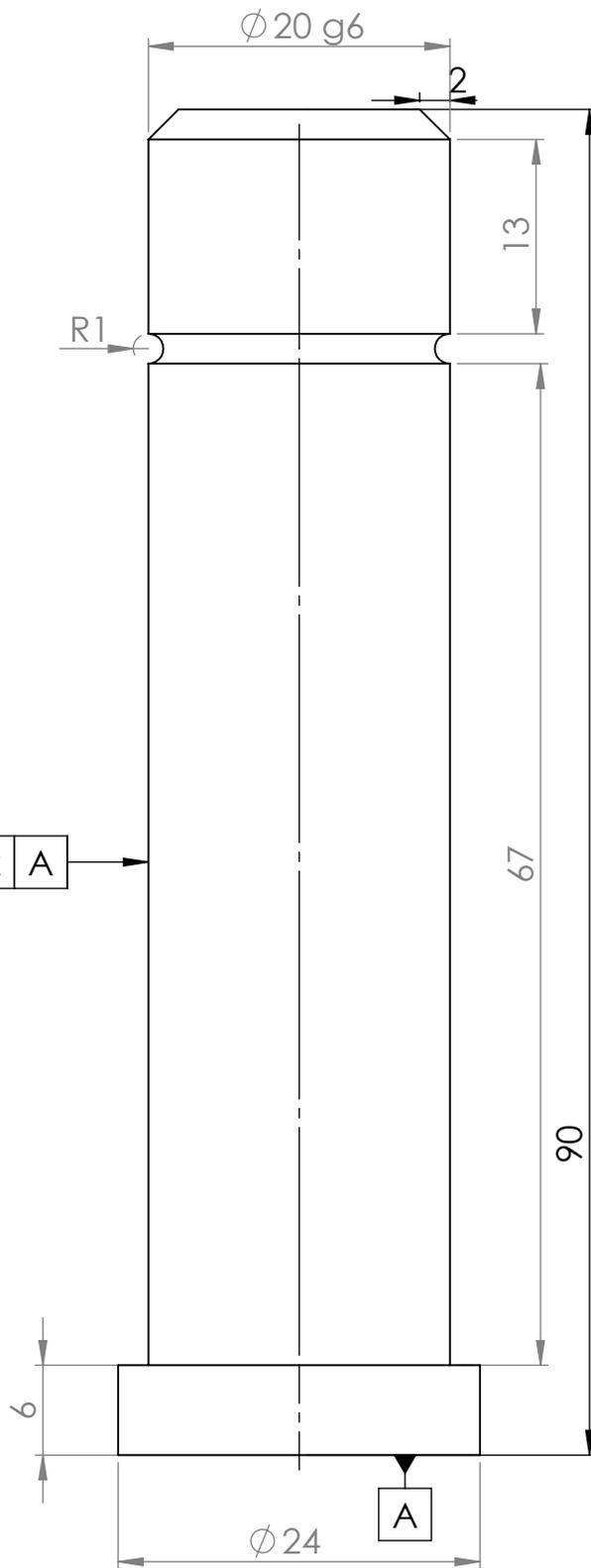


COUPE B-B  
ECHELLE 2 : 3



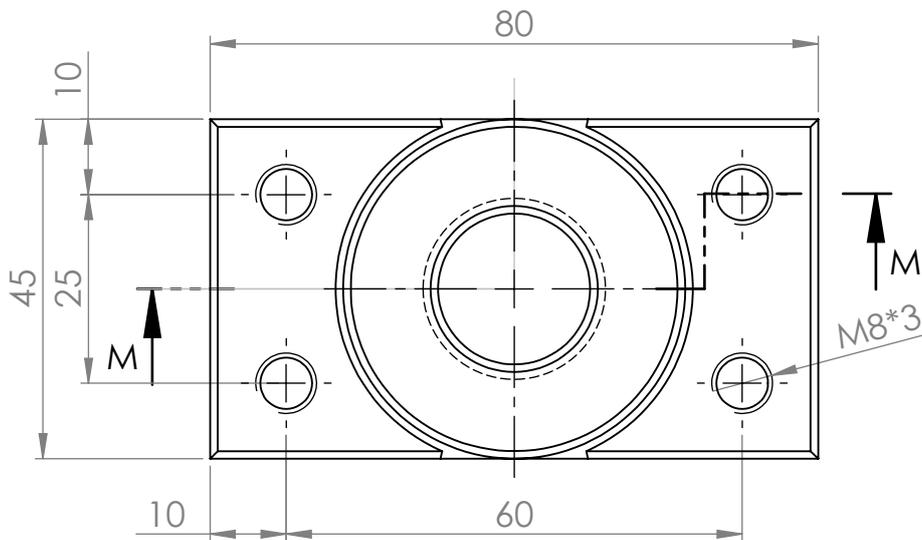
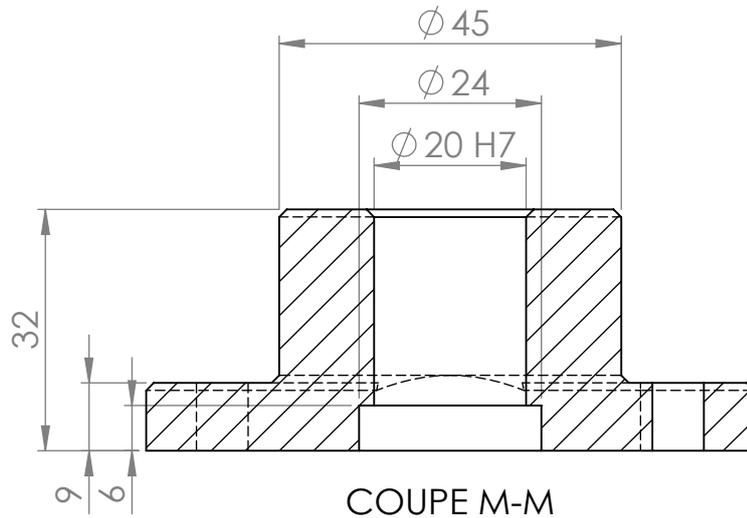
COUPE A-A  
ECHELLE 2 : 3

01	02	Nez de fixation inférieur	A60	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 2/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				

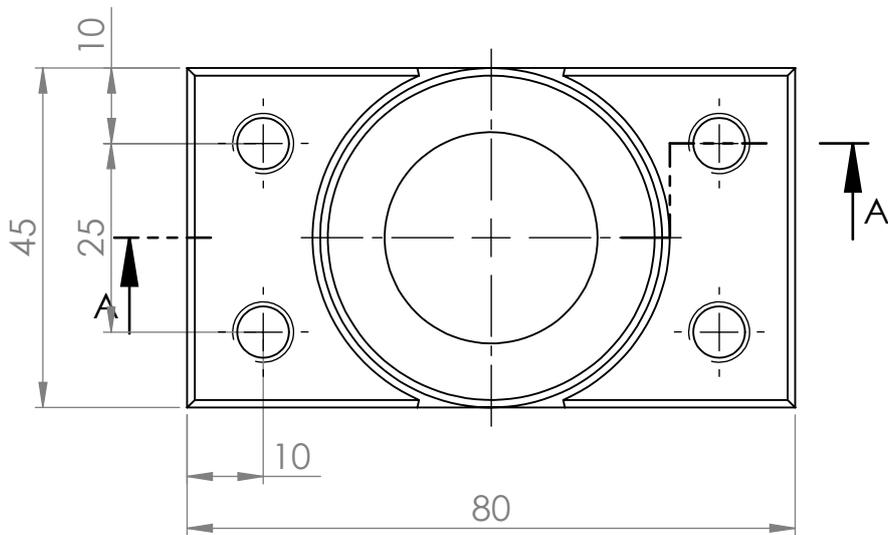
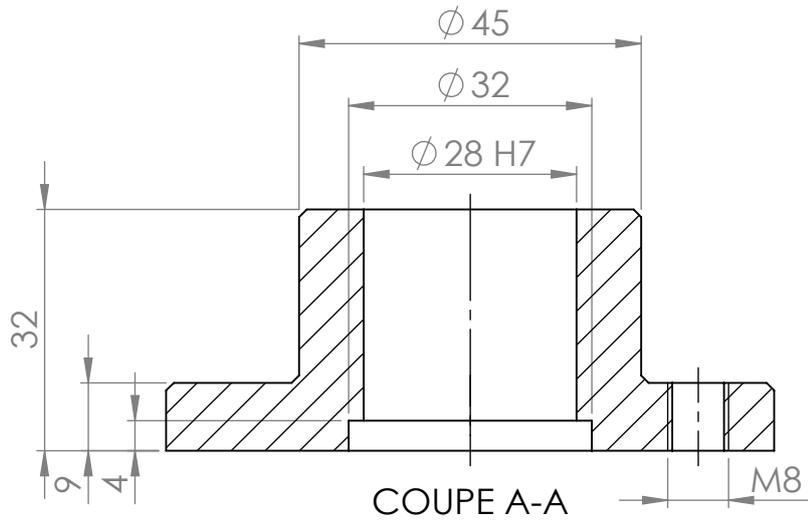


Tolérance: 0.01  
Ra = 0.4  
sauf spécification

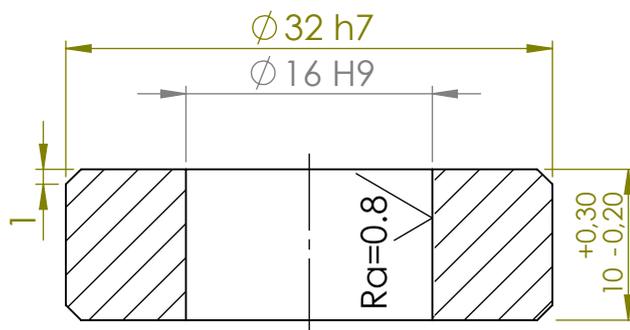
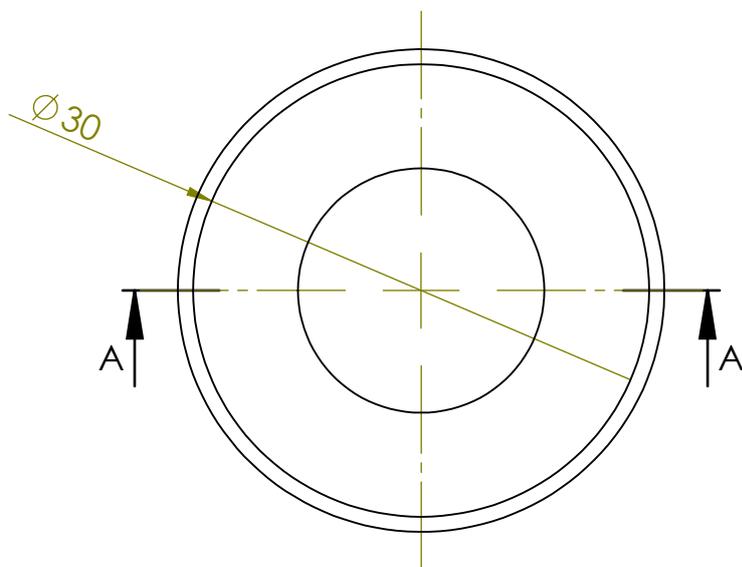
02	03	colonne de guidage	XC65	Traitée
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 2/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				



02	02	<b>Embase inférieur</b>	z200 c12	Ra=3.2
<b>Rep</b>	<b>Nbr</b>	<b>Désignation</b>	<b>Matière</b>	<b>Observation</b>
Ech : 1/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA.T ADDADI.A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				

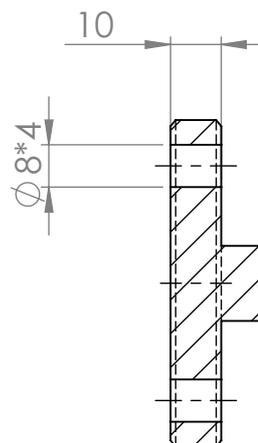
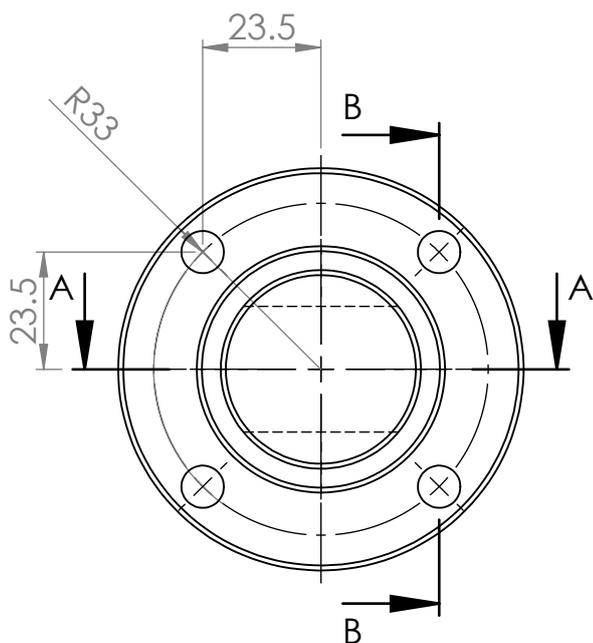


02	16	Embase supérieur	z200 c12	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 2/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA.T ADDADI.A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				

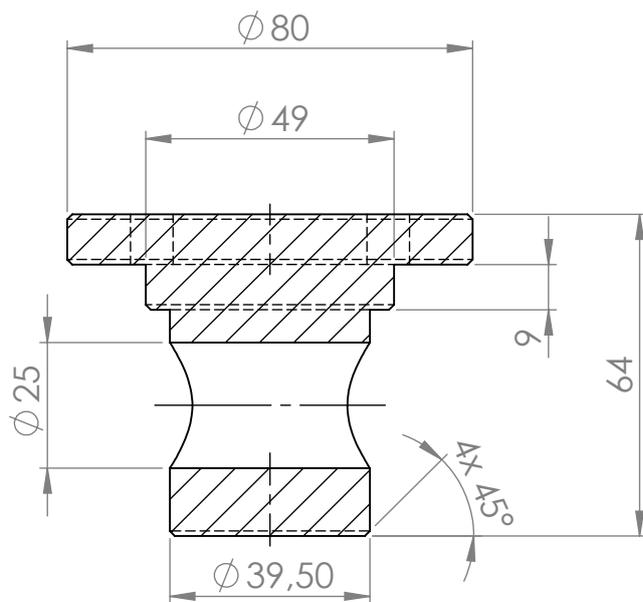


COUPE A-A

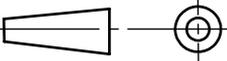
01	05	matrice	Z200c12	Ra=1.6
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 2/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				

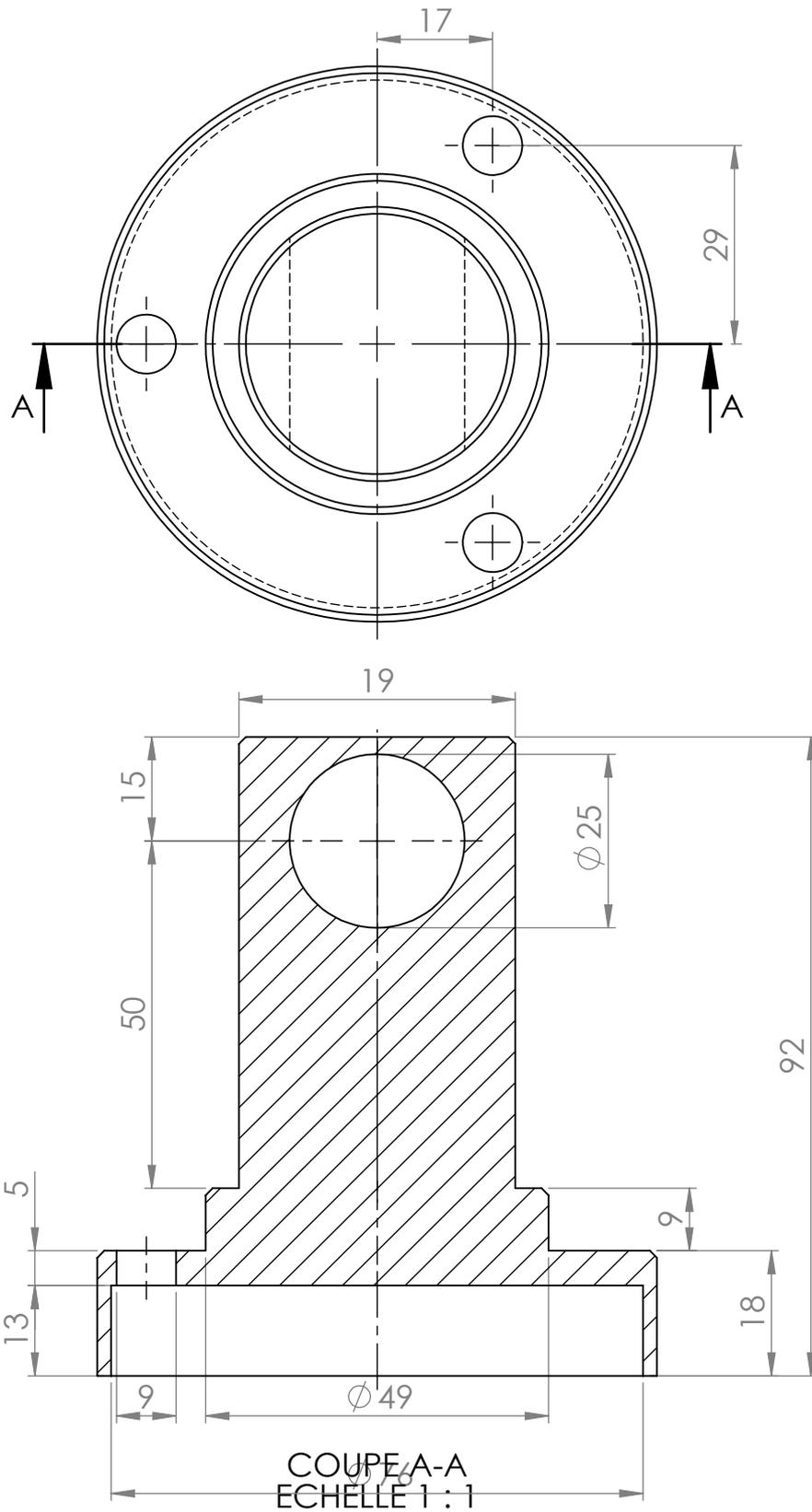


COUPE B-B  
ECHELLE 2 : 3



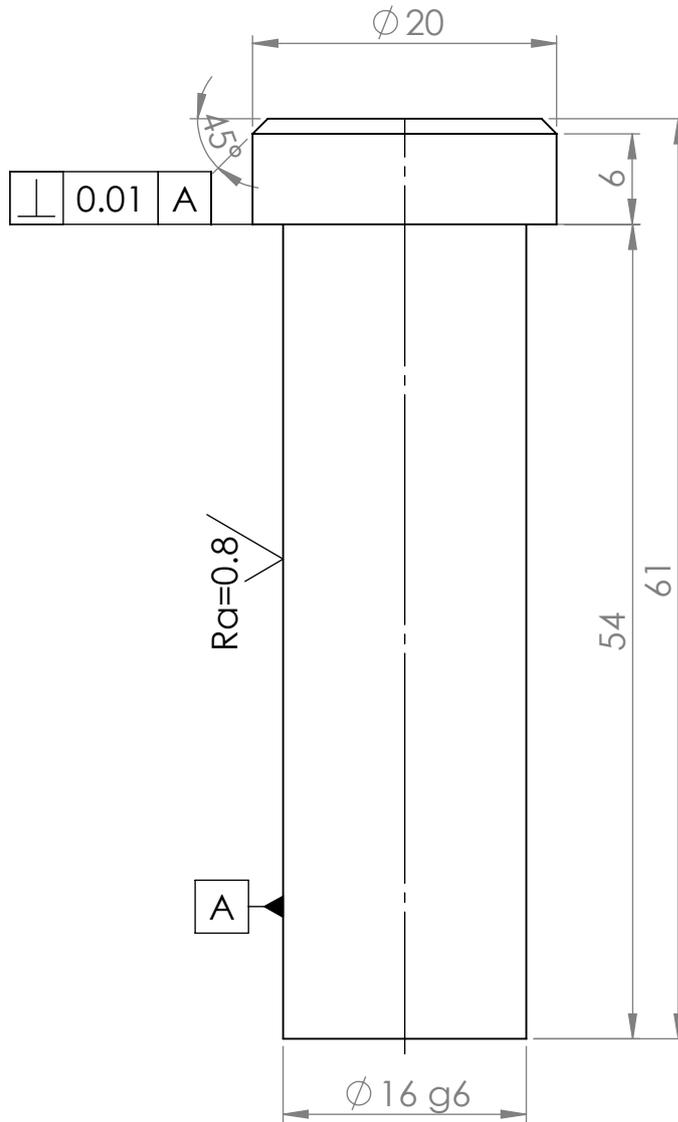
COUPE A-A  
ECHELLE 2 : 3

01	06	Nez de fixation inférieur	A60	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
2:3			<h1>Outil de poinçonnage</h1>	AMARA T ADDADI A
				2017/2018
UMMTO - FGC - GM - CM				

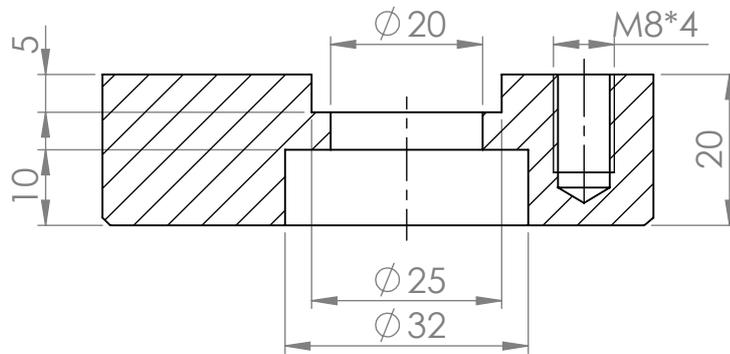
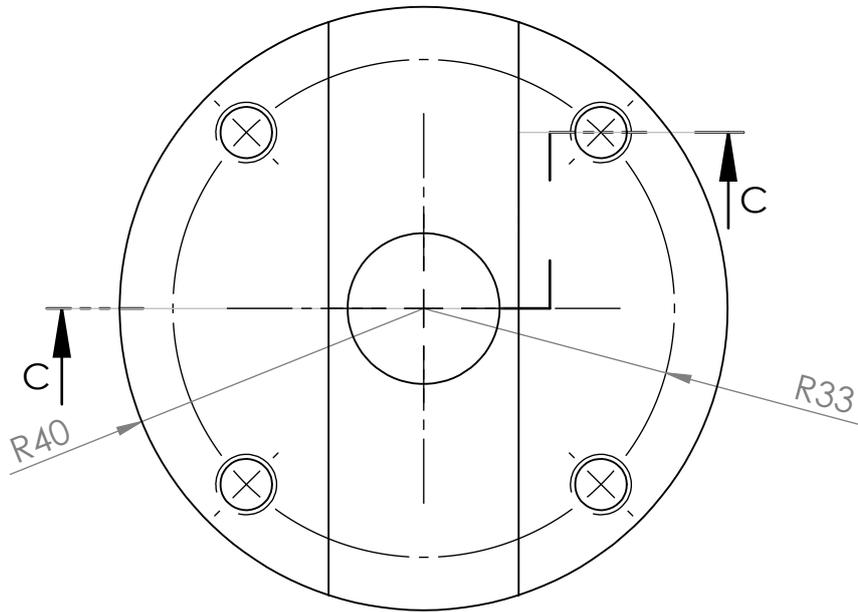


COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 1

01	10	nez de fixation supérieur	A60	Ra=3.2
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 1/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				

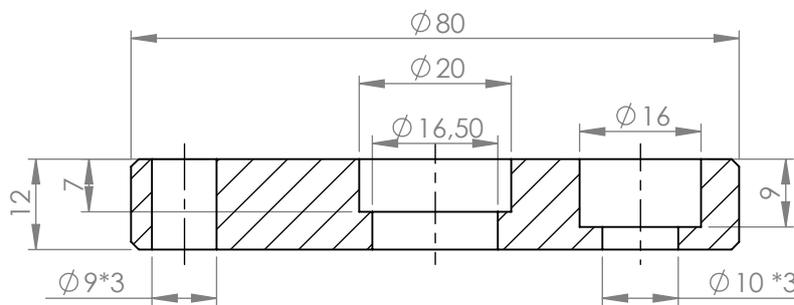
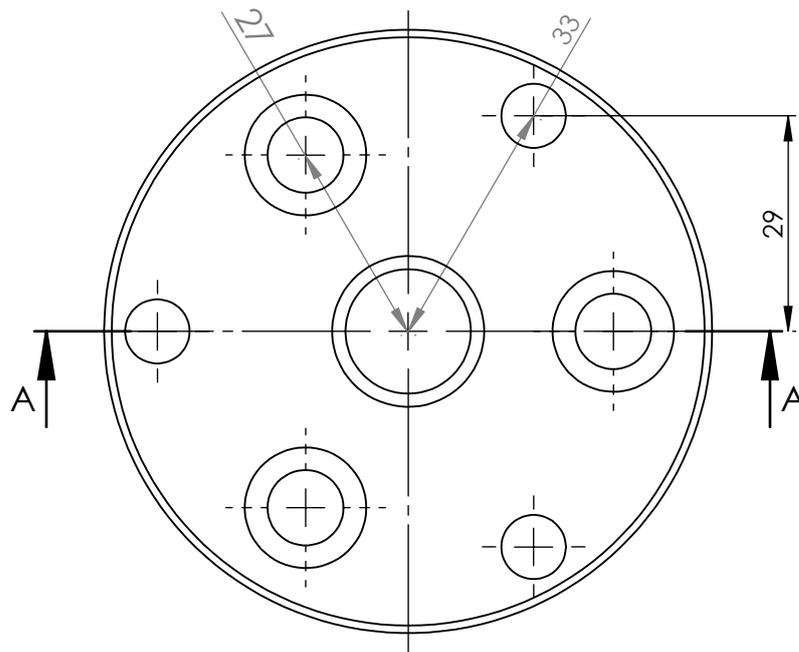


01	12	Poinçon	z200 c12	traitée
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 2/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				



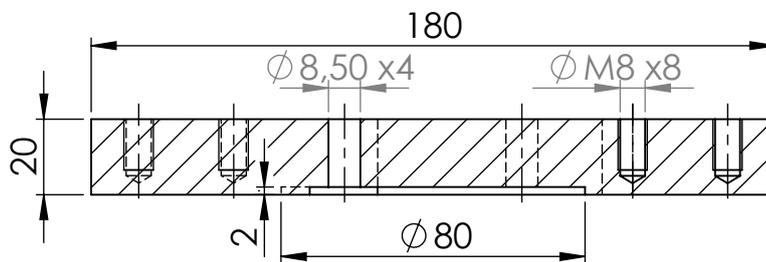
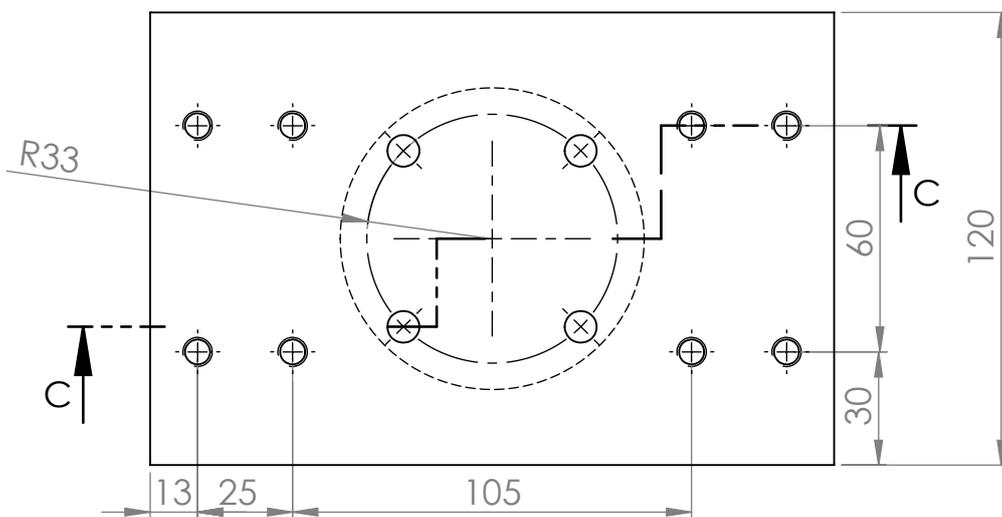
COUPE C-C

01	04	Porte matrice	A60	Ra=3.2
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 1/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				

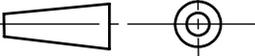


COUPE A-A

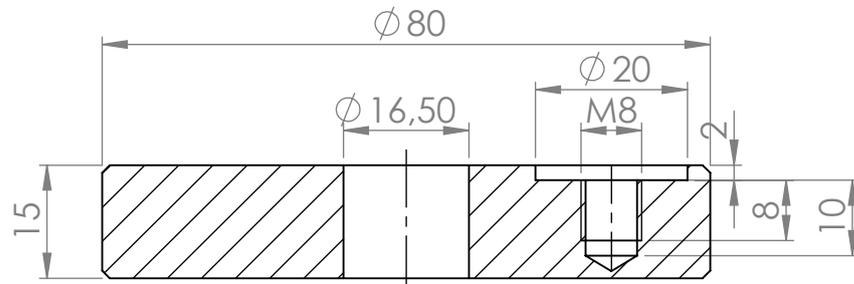
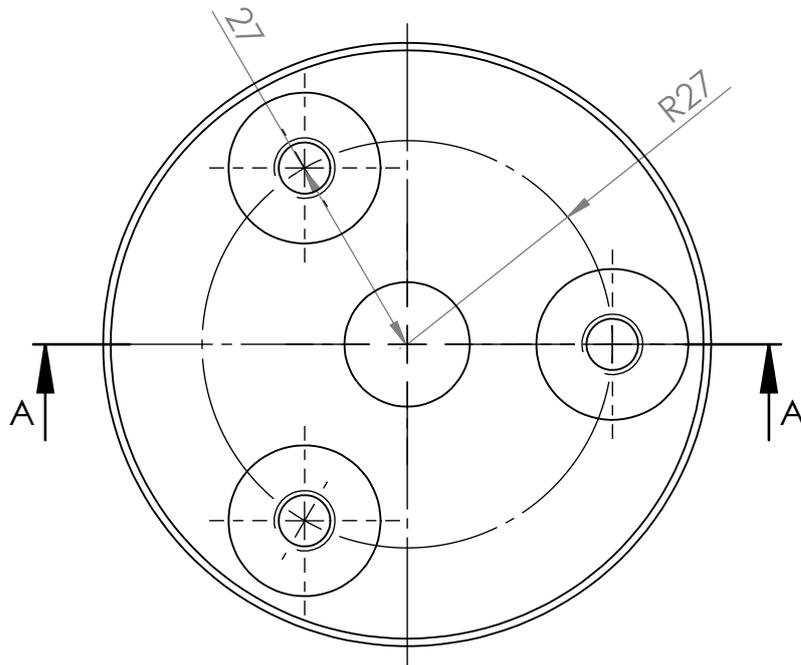
01	11	porte poinçon	A60	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 1/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				



COUPE C-C

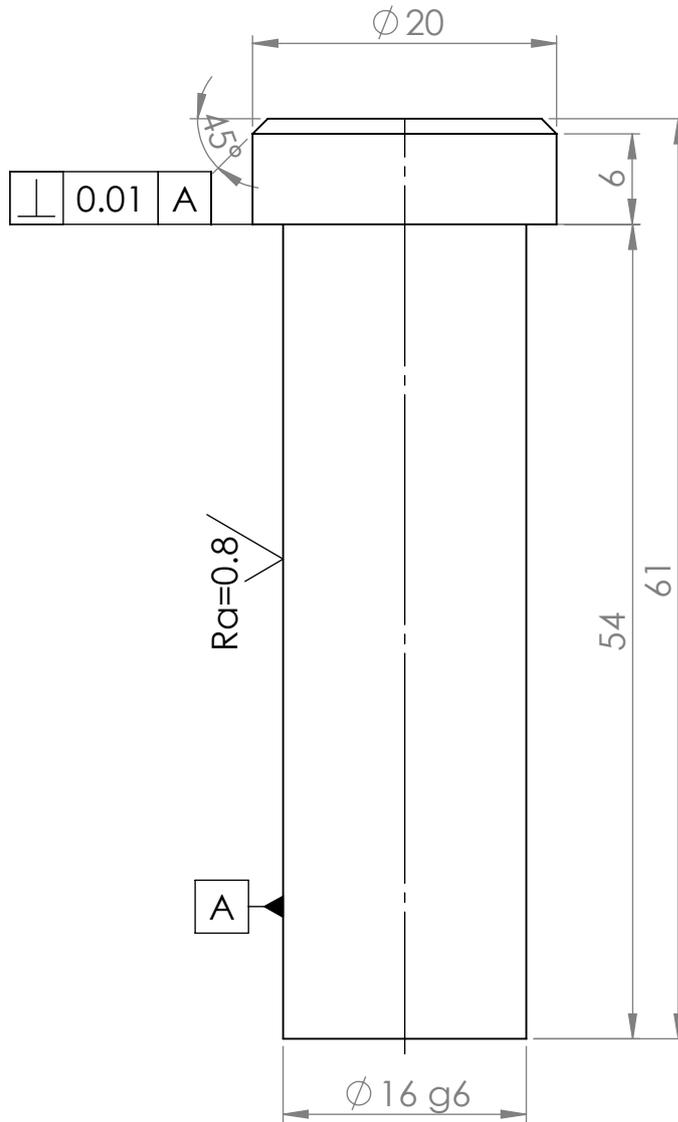
01	01	Semelle inférieur	AL	Ra=3.2
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 1/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				



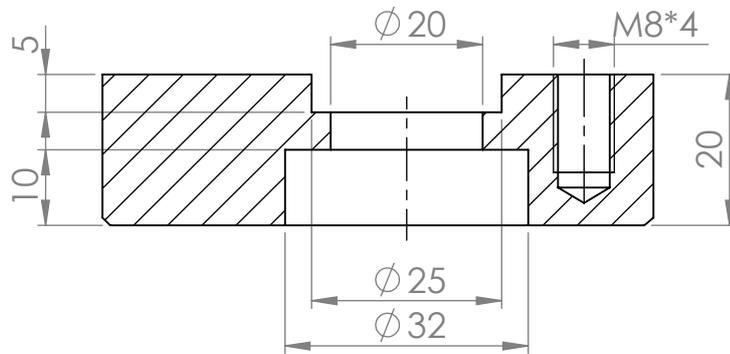
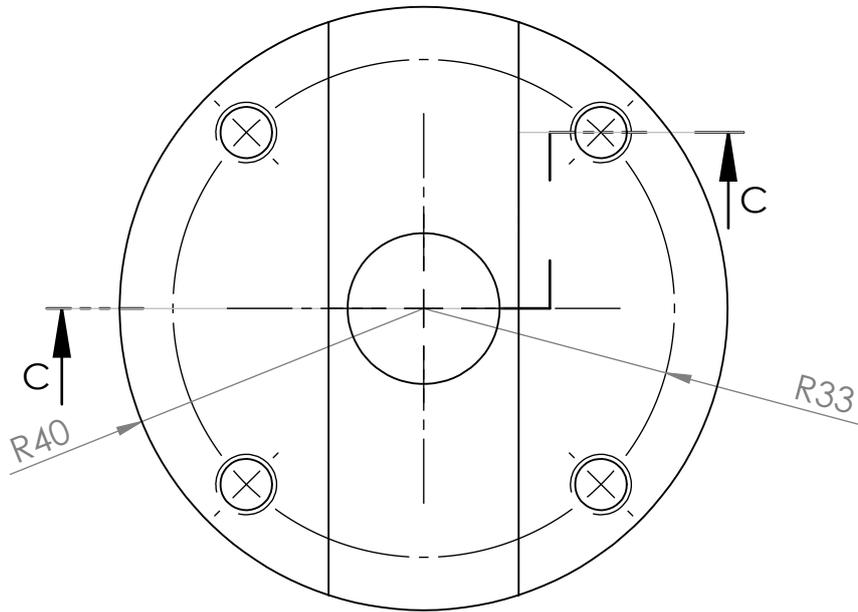


COUPE A-A

01	14	serre flan	A60	Ra=3.2
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 1/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				

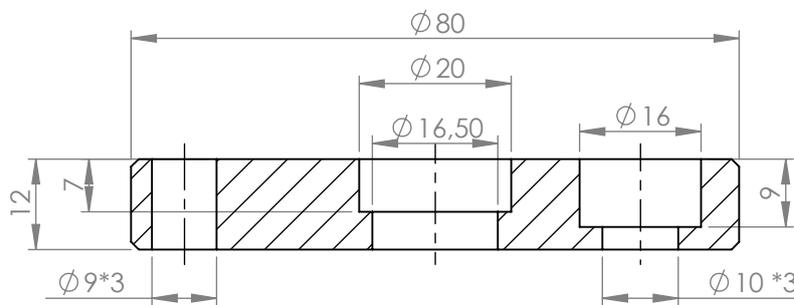
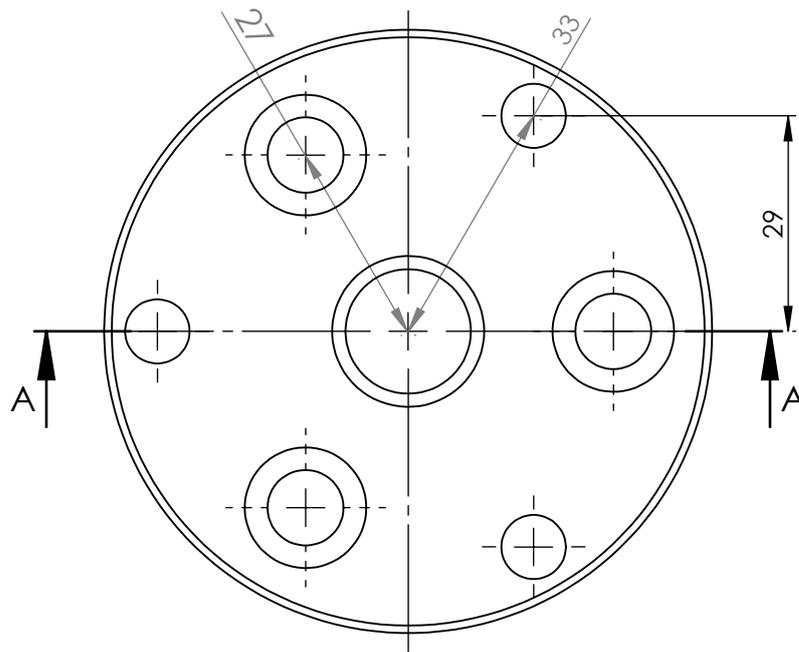


01	12	Poinçon	z200 c12	traitée
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 2/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				



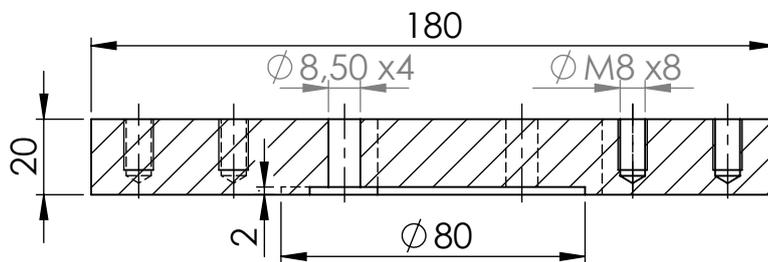
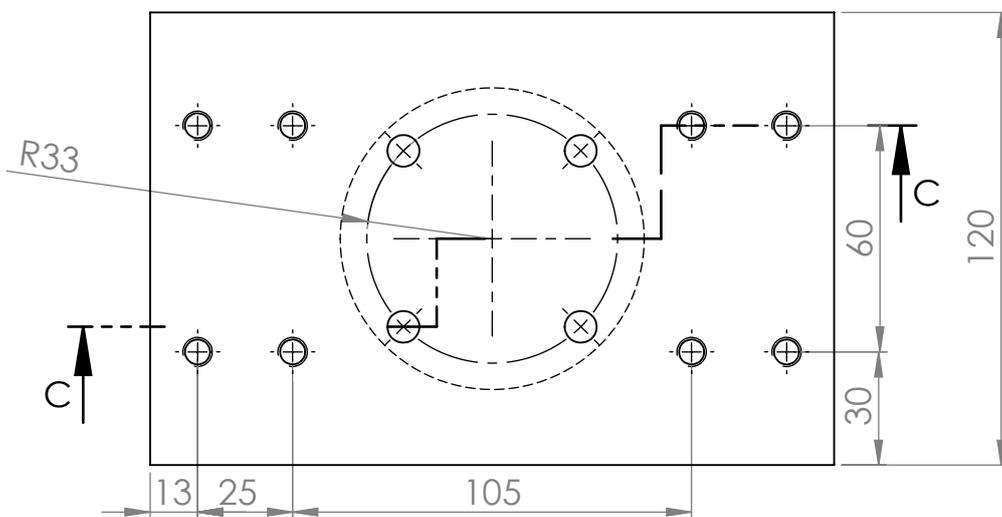
COUPE C-C

01	04	Porte matrice	A60	Ra=3.2
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 1/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				

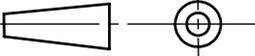


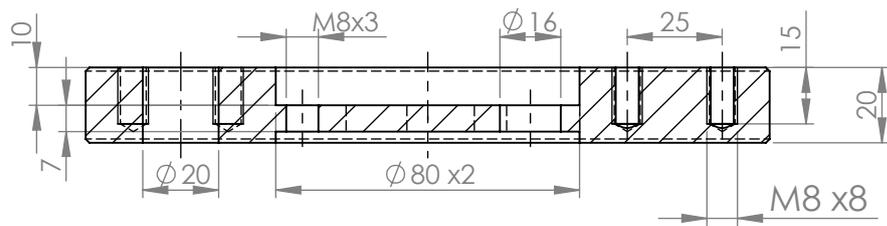
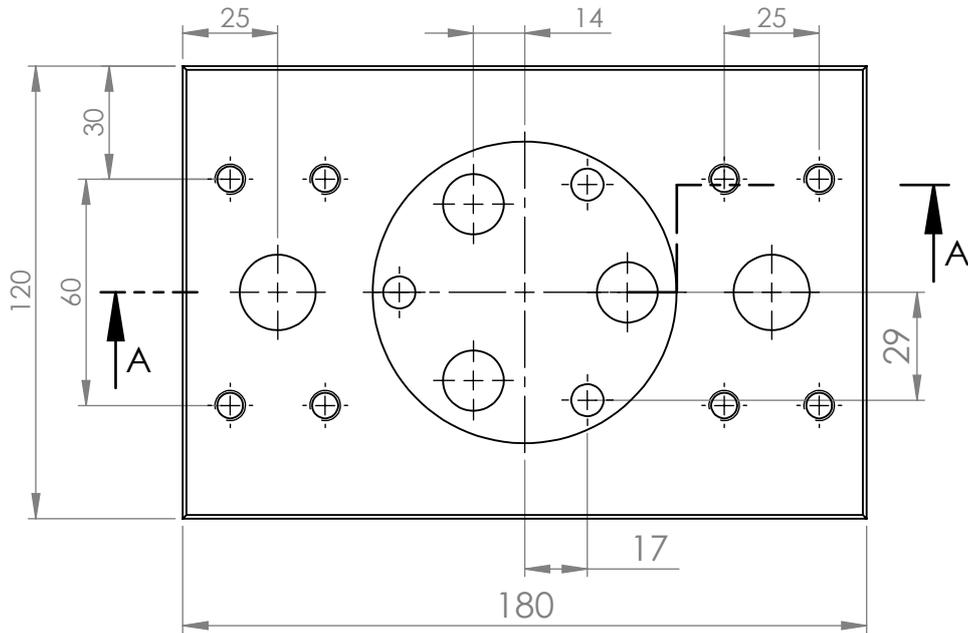
COUPE A-A

01	11	porte poinçon	A60	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 1/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				



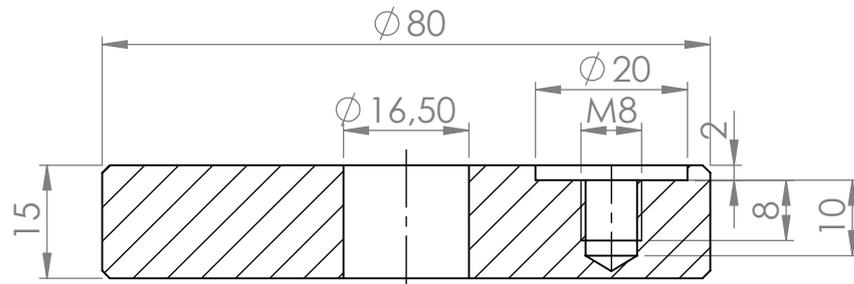
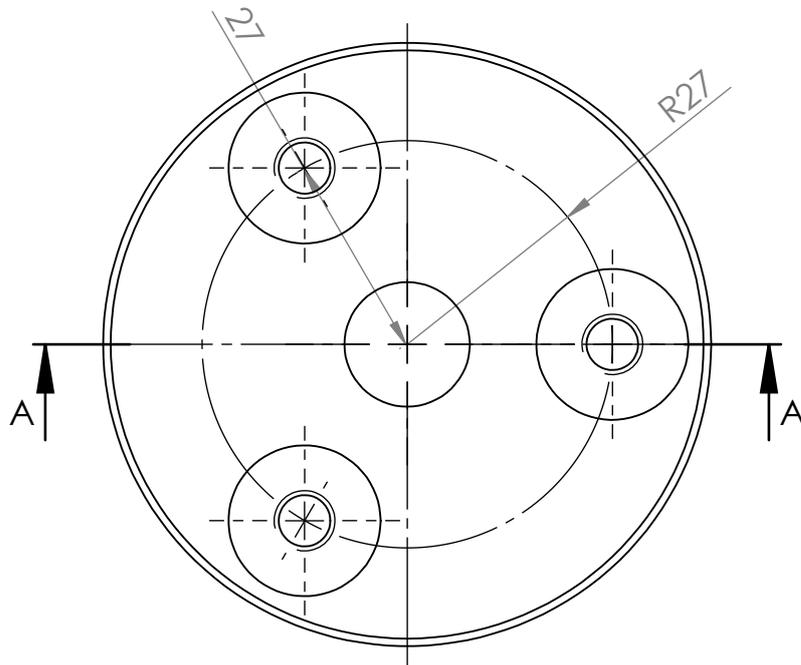
COUPE C-C

01	01	Semelle inférieur	AL	Ra=3.2
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 1/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				

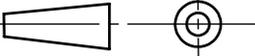


COUPE A-A

01	09	Semelle supérieur	AL	Ra=3.2
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 1/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				



COUPE A-A

01	14	serre flan	A60	Ra=3.2
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 1/1		<b>Outil de poinçonnage</b>	AMARA T ADDADI A	
			2017/2018	
UMMTO - FGC - GM - CM				