

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la**  
**Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**  
**Faculté du génie de la construction**  
**Département de génie mécanique**



**MEMOIRE DE FIN DE TUDES**

En vue d'obtention du diplôme de Master Académique en Génie Mécanique  
Spécialité: Construction Mécanique

**THEME :**

**Etude et conception d'un outil de poinçonnage et de détournage d'un  
bandeau bombé en INOX d'une cuisinière ENIEM**

**Réalisé par :**  
**Zared Ouelhadj**

**dirigé par :**  
**Mr. BAHTANI. A**

**proposé par :**  
**Mr. CHALLAL.M**

**Promotion: 2021/2022**

## Remerciements

*Je remercie tout d'abord le bon Dieu qui m'a donné la foi et le courage pour accomplir ce projet.*

*Ce travail que j'ai réalisé a été suivi par Monsieur CHALAL.M, et l'équipe d'ingénieurs et de techniciens du secteur moyens productions de l'unité cuisson, que je tiens à remercier énormément pour leur aide et leur orientation, tout au long de ce travail. Ils ont su nous faire profiter de leurs connaissances techniques, et de leurs méthodes. Ainsi que tous personnels de l'E.N.I.E.M pour l'importance qu'ils accordent aux stagiaires*

*Mes remerciements les plus sincères vont à mon promoteur, Mr : A. BEHTANI pour avoir bien voulu m'encadrer et pour ses précieux conseils et orientations. Je le remercie d'avoir su partager son expérience et sa passion notamment dans le domaine de la conception mécanique.*

*Il me tient à cœur aussi de remercier ma famille et plus particulièrement mes parents qui n'ont pas cessé de m'encourager et penser à moi tout le long de mon parcours d'étude. Je n'oublie pas ma chère petite sœur et mes frères qui m'ont beaucoup soutenu tout au long de mon mémoire.*

*Mes plus vifs remerciements vont aussi à tous les membres de jury pour avoir accepté d'honorer par leur jugement mon travail.*

*Je remercie, sincèrement tout l'ensemble des enseignants qui ont contribué à ma formation en construction mécaniques, et je remercie aussi l'ensemble d'étudiants du département de Génie mécanique de l'U.M.M.T.O, pour leurs soutiens, qui m'a beaucoup aidé.*

*Je tiens également à remercier tous les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail en particulier nos amis(es) et qui ils soient sincèrement remercié.*

*Pour moi la page se tourne définitivement mais j'ouvre les portes d'un nouvel avenir.*

# *Dédicace*

*Je tiens en premier lieu à remercier le Bon Dieu pour le courage et la patience qui m'a donnée afin de mener ce projet à terme.*

*Je dédie ce mémoire à:*

*À ma famille qui m'a doté d'une éducation digne son amour a fait ce que je suis aujourd'hui qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.*

*À mes frère et ma petite sœur qui n'ont cessé de m'encourage durant ces années d'étude*

*Je dédie ce mémoire à tous les enseignants et professeurs qui m'ont instruit depuis mon premier pas à l'école jusqu'à aujourd'hui.*

*À tous mes amis (es) qui m'ont soutenue et tous ceux qui mon aidé de près ou de Loin.*

*Zared ouelhadj*

## Sommaire

Introduction générale .....	1
<b>CHAPITRE I. Procèdes de mise en forme des tôles</b>	
1 Introduction.....	2
1.1 La tôle.....	2
1.1.1 Définition.....	2
2 Classification des tôles .....	2
2.1 Classification suivant leurs épaisseurs .....	2
2.1.1 Classification suivant leurs finitions .....	2
3 Procédés d'obtention des tôles.....	3
3.1 Le laminage .....	3
3.2 Types de laminage .....	4
3.2.1 Laminage à chaud.....	4
3.2.2 Laminage à froid.....	4
4 Matériaux des outils .....	5
4.1 Définition.....	5
4.1.1 Caractéristiques du matériau de l'outil .....	5
4.2 Critères du choix des métaux .....	6
4.3 Matériaux de base .....	6
5 Les aciers .....	6
5.1 La famille des aciers .....	6
5.2 Caractéristiques des aciers .....	8
6 Les principaux aciers.....	8
6.1 Aciers non alliés.....	8
6.2 Aciers faiblement alliés .....	8
6.3 Aciers fortement alliés .....	9
7 Traitements thermiques .....	10
7.1 La trempe : ( $727+50^{\circ}$ et plus).....	11
7.2 Le revenu : (entre $180^{\circ}\text{C}$ .....	11

## Chapitre II : Les Procédés de Mise en Forme des Tôles : Emboutissage, Découpage, Poinçonnage Pliage

II.1 Introduction.....	12
II.2 Le procédé de poinçonnage .....	12
II.2.1 Définition .....	12
II.2.2 Les éléments de poinçonnage .....	13
II.2.2.1 Le poinçon : .....	13
II.2.2 Les différentes parties de poinçon .....	13
II.2.3 La matrice .....	14
II.2.3.1 Le principe de poinçonnage .....	14
II.2.3.2 Jeu entre matrice et poinçon.....	15
II.3 Les efforts de poinçonnages .....	16
II.3.1 Effort principal.....	16
II.3.2 Résistance d'un poinçon.....	16
II.3.2.1 Résistance à la compression .....	16
II.3.2.2 Résistance ou flambement .....	17
II.4 Les avantages et les inconvénients de poinçonnages .....	18
II.4.1 Les avantages : .....	18
II.4.2 Inconvénient : .....	18
II.5 Découpage .....	19
II.5.1 Définition .....	19
II.5.2 Principe .....	19
II.5.3 Les procédés de découpage : .....	19
II.5.3.1 Le cisailage.....	20
II.5.3.2 Principe .....	20
II.5.3.3 Le grignotage.....	21
II.5.3.4 Encochage .....	21
II.5.3.5 Crevage .....	22
II.5.3.6 Ajourage : .....	22
II.5.3.7 Détourage .....	23
II.5.4 Différentes phases d'une opération de découpe .....	23
II.6 Effort de découpage .....	24

II.6.2 Jeux de découpage.....	25
II.6.3 Effort d'extraction .....	25
II.6.4 Effort d'éjection (Fj).....	26
II.6.5 Vitesse de découpage : .....	26
II.7 L'emboutissage .....	26
II.7.1 Définition .....	27
II.7.2 Les techniques d'emboutissage.....	27
II.7.2.1 Emboutissage à froid.....	27
II.7.2.2 Emboutissage à chaud .....	28
II.7.3 Les modes d'emboutissage .....	29
II.7.3.1 L'expansion .....	29
II.7.3.2 Le rétreint .....	29
II.8 Principe d'emboutissage .....	29
II.8.1 Emboutissage simple effet (sans serre flan) .....	31
II.8.2 Emboutissage double effet (avec serre flan).....	31
II.9 Forme des pièces emboutis usuelle .....	32
II.9.1 Forme cylindrique .....	32
II.9.2 Forme rectangulaire.....	33
II.10 Étude théorique et dimensionnelle des outils d'emboutissage .....	33
II.10.1 L'outillage utilisé en emboutissage.....	34
II.10.2 Un serre-flan .....	34
II.10.3 Rayon du poinçon.....	34
II.10.4 Rayon de matrice.....	35
II.11 L'effort d'emboutissage .....	36
II.11.1 Cas d'une forme cylindrique .....	36
II.11.2 Vitesse d'emboutissage .....	37
II.11.3 Efforts de serre flan .....	37
II.11.4 Cas d'une forme rectangulaire .....	39
II.11.4.1 Efforts d'emboutissage rectangulaire.....	39
II.11.5 Efforts de serrage rectangulaire .....	40
II.11.6 Jeu entre le poinçon et la matrice .....	40
II.12 Les avantages et les inconvénients de l'emboutissage.....	42
II.12.1 Les avantages de l'emboutissage .....	42

II.12.2 Les inconvénients de l'emboutissage :	42
II.13Le pliage .....	42
II.13 .1Définition et principe de pliage .....	42
II.13.2Outils utilisé en pliage .....	43
II.14Les différentes techniques de pliage .....	43
II.14.1Le pliage en V : .....	43
II.14.2Le pliage en l'air .....	43
II.14.3Le pliage en frappe .....	44
II.14.4Le pliage en U .....	45
II.14.5Le pliage en L.....	45
II.14.6Effort de pliage .....	46
II.15Conclusion.....	47

### CHAPITRE III : Généralités sur les presses et leurs outils

III .1Généralités sur les presses.....	48
III.2 Définitions des presses .....	48
III.3 Les composantes de la presse .....	48
III.4. La classification des presses .....	49
III.5 Caractéristiques d'une presse .....	49
III.6 Exigence de choix d'une presse .....	49
III.7.1 Selon le mode de transmission d'énergie : .....	49
III.7 Types de presses.....	49
III.7.2 Les presses mécaniques .....	49
III.7.3 Mode de transmission du mouvement d'une presse.....	50
III.7.3.1Système bielle-manivelle .....	50
III.7.3.2 Système excentrique .....	51
III.8 Principe de Fonctionnement de la presse mécanique.....	51
III.9Les types de la presse mécanique .....	51
III.9.1Les presses à vis .....	51
III.10 Les presses hydrauliques .....	52
III.10.1 Principe de fonctionnement .....	53
III.10.2 Mécanisme de commande :.....	53
III.11 Classification des presses .....	53

II.11.1 Presses à colonnes.....	53
III.11.1 Presses à col de cygne .....	54
III.11.2 Presse à arcade. ....	54
III.11.3 Selon le nombre de coulisseaux: .....	55
III.12 Le coulisseau.....	55
III.12.1 Presses simple effet .....	55
III.12.2 Presses double effet : .....	56
III.13 Sécurité sur les presses .....	56
III.14 Montage des outils sur les presses.....	57
III.14.1 Petites presses .....	57
III.14.2 Partie inférieure de l'outil.....	57
III.14.2.1 Partie supérieure de l'outil .....	57
III.14.3 Grosses presses .....	57

#### Chapitre IV : Etude et Conception de L'outil.

IV.1 Introduction.....	58
IV.2 Cahier de charge.....	58
IV.3 Etudes Et Calculs.....	58
IV.4 Analyse d'outillage.....	58
IV.5 Présentation de la pièce .....	59
IV.6 Le processus de fabrication du bandeau bombé en inox.....	59
IV.7 Conclusion.....	61
IV.8 Montage de la pièce sur le produit.....	61
IV.8.1 fiche technique de la tôle.....	61
IV.8.1.1 Désignation de la tôle .....	61
IV.8.2 Nature du matériau .....	61
IV.8.2.1 Dimension nominales selon la norme EN 10131 .....	62
IV.8.2.2 Aspect de surface.....	62
IV.8.3 Caractéristiques du matériau .....	62
IV.8.3.1.10 Caractéristiques mécaniques .....	62
IV.8.3.2 Caractéristiques chimique.....	62
IV.9 Partie conception .....	63
IV.9.1 Calcul des efforts.....	63

IV.9.2 Calcul de l'effort de poinçonnage pour chaque forme .....	64
IV.9.3 Calcul de l'effort poinçonnage forme .....	64
IV.9.4 Calcul de périmètre.....	64
IV.9.5 Calcul de l'effort de poinçonnage pour la forme 1 .....	65
IV.6 Calcul de l'effort poinçonnage forme 2, 3 et 4 .....	65
IV.9.6.1 Calcul de périmètre.....	65
IV.9.6.2 Calcul de l'effort de poinçonnage .....	65
IV.9.7 Calcul de l'effort de poinçonnage forme 5, 6, 8 et 9 .....	66
IV.9.7.1 Calcul de périmètre.....	66
IV.9.7.2 Calcul de l'effort de poinçonnage .....	66
IV.9.8 Calcul de l'effort de poinçonnage forme 7 .....	67
IV.9.8.1 Calcul de périmètre.....	67
IV.9.8.2 Calcul de l'effort de poinçonnage .....	67
IV.10 Calcul de l'effort de poinçonnage forme 10 et 11.....	68
IV.10.1 Calcul de périmètre .....	68
IV.10.2 Calcul de l'effort de poinçonnage.....	68
IV.10.3 L'effort total de poinçonnage .....	68
IV.11 Calcule de Détourage : .....	69
IV.11.1 Calcul de l'effort de détourage .....	69
A. Calcul de périmètre .....	69
A.1 Calcul des arcs .....	69
A.2 Calcul des arêtes.....	70
A.3 Calcul de l'effort de détourage sans angle d'attaque $\alpha$ .....	70
A.4 Calcule de l'effort de détourage avec angle d'attaque $\alpha = 1^\circ$ .....	71
A.5 L'effort total de découpage.....	71
A.5.1 Sans l'ongle d'attaque .....	71
IV.12 Calcul de l'effort dévêtissage <b>F<sub>dév</sub></b> (extraction) .....	71
IV.12.1 Calcul de l'effort d'éjection.....	72
IV.12.1.1 Effort total.....	72
IV.12.1.2 Calcul de l'effort fournir par la presse .....	72
IV.13 Jeu de découpage.....	72
IV.13.1 Choix des ressorts .....	72
IV.14 Calcul de l'effort assuré par un seul ressort : .....	73

IV.15 Conclusion .....	74
IV.16 Calcul de vérification des poinçons à la résistance : .....	75
IV.17 Détail de l'outil : .....	80
IV.17.1 Partie inférieure .....	80
IV.17.2 Partie supérieur : .....	84
Conclusion.....	89
Bibliographie	

## LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Bobinage de tôles.....	3
Figure I.2 : la Bobine en tôle.....	3
Figure I.3 : Pièce d'acier en cours de laminage.....	3
Figure I.4 : laminage à chaud.....	4
Figure I.5 : laminage à froid.....	5
Figure II.6 :Présentation schématique du procédé de poinçonnage .....	12
Figure II.7 : Le poinçon et ces composantes.....	13
Figure II.8 : Image illustrative de procédé de poinçonnage.....	15
Figure II.9 : jeu entre la matrice et le poinçon .....	15
Figure II.10 : Contrainte de compression sur le poinçon.....	17
Figure II.11 : Exemple de flambement d'un poinçon.....	18
Figure II.12 : principe de découpage .....	19
Figure II.13 : image illustratif de procédé de cisailage .....	20
Figure II.14 : le grignotage de la tôle .....	21
Figure II.15 : Encochage des tôles .....	21
Figure II.16 : crevage des tôles .....	22
Figure II.17: Ajourage des tôles .....	22
Figure II.18 : Détourage.....	23
Figure II.19 : les différentes phases de la découpe .....	23
Figure II.20 : Procédé d'emboutissage de la tôle sous serre flan. ....	27
Figure II.21 : Procédé d'emboutissage à froid .....	28
Figure II.22 : procédé d'emboutissage à chaud .....	28
Figure II.23 : Modes d'emboutissage.....	29
Figure II.24 :Des images illustratives les cinq étapes d'emboutissage .....	30
Figure II.25 : Récipient de cuisine en tôle emboutie.....	30
Figure II.26 : Emboutissage simple effet (sans serre flan) .....	31
Figure II.27 : Emboutissage double effet (avec serre flan).....	32
Figure II.28 : emboutissage de forme cylindrique .....	32
Figure II.29 : Emboutis rectangulaires. ....	33
Figure II.30 : rayon de poinçon des tôles déjà embouti.....	35
Figure II.31 : Variation de l'arrondi sur la matrice .....	36
Figure II.32 : direction des efforts $F_e$ et $F_S$ .....	38
Figure II.33 : Distances a et b, dans le cas du rectangle.....	39
Figure II.34 : Procédés de pliage.....	43
Figure II.35 : pliage en l'aire.....	44
Figure II.36 : Le pliage en frappe .....	44
Figure II.37 : pliage en U.....	45
Figure II.38 : pliage en L .....	45
Figure II.39 : pièce en inox obtenu on pliage en L.....	45
Figure III.40 : Vue de face et vue de droite de la presse .....	48
Figure III.41 : presse mécanique .....	50
Figure III.42 : système bielle manivelle.....	50

Figure III.43 : Exemple du Système Excentrique dans une Presse.....	51
Figure III.44 : presse à vis .....	52
Figure III.45 : presse hydraulique .....	52
Figure III.46 : Presse à collone .....	53
Figure III.47 : Presse à col de cygne. ....	54
Figure III.48 : presse à arcade .....	54
Figure III.49 : le coulisseau .....	55
Figure III.50 : presse a silmple effet .....	55
Figure III.51 : presse double effet .....	56
Figure IV.52 : La forme de la pièce à réaliser.....	59
Figure IV.53 : le processus de fabrication de bandeau.....	60
Figure IV.54 : emplacement de la pièce .....	61
Figure IV.55 : représentation de différentes formes à poinçonne sur le bandeau .....	63
Figure IV.56 : poinçonnage de forme1 .....	64
Figure IV.57 : poinçonnage de forme 2.....	65
Figure IV.58 : poinçonnage de forme 5.....	66
Figure IV.59 : poinçonnage de forme 7.....	67
Figure IV.60 : poinçonnage de forme 10.....	68
Figure IV.61 : dimension du contour a détournée.....	69
Figure IV.62 : différents ressorts (représenter suivant ISO10243). ....	73
Figure IV.63 : Ressort pour les charge extra fort couleur jaune et c'est dimension nominal..	74
Figure IV.64 : phénomène de flambage de poutre .....	75
Figure IV.65 : longueurs libres en fonction du type de liaisons .....	76
Figure IV.66 : Longueurs libres de flambage en fonction du type de liaisons .....	77
Figure IV.67 : partie inferieure .....	80
Figure IV.68 : Semelle inférieure.....	81
Figure IV.69 : Les matrices et porte matrice .....	81
Figure IV.70 : La butée fin de course.....	82
Figure IV.71 : Colonne de guidage .....	82
Figure IV.72 : Coupe chute.....	83
Figure IV.73 : Les coureaux .....	83
Figure IV.74 : Partie supérieur assemblée. ....	84
Figure IV.75 : Semelle supérieure.....	85
Figure IV.76 : porte oinçon .....	85
Figure IV.77 : les Poinçon.....	86
FigureIV.78 : Serre-flan.....	86
Figure IV.79 : Les lames.....	87
Figure IV.80 : Les douilles.....	87
Figure IV.81 : Les ressorts.....	88
Figure IV.82 : outil complet assemblé.....	88

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : principaux aciers au carbone .....	8
Tableau I.2 : désignation des différents aciers avec leurs principes d'emploi .....	10
Tableau I.3 : quelques valeurs de dureté après le revenu pour l'acier S200C12 .....	11
Tableau II.4 : les valeurs de $R_m$ et les allongements de quelques matériaux .....	24
Tableau II.5 : résistance au cisaillement de quelques matériaux.....	24
Tableau II.6 : valeur du jeu suivant les différents matériaux à découper .....	25
Tableau II.7 : les valeurs de coefficient $K$ du rapport $d/D$ .....	36
Tableau II.8 : vitesse d'emboutissage pour différents matériaux.....	37
Tableau II.9 : quelques pressions des matériaux.....	38
Tableau II.10 : les différentes formules de calcul de jeu entre la matrice et le poinçon.....	40
Tableau II.11 : calcul des efforts et énergies nécessaires pour une opération d'emboutissage....	41
Tableau IV.12 : dimension normalisée selon la norme EN1013.....	62
Tableau IV.13 : caractéristique mécanique du matériau.....	62
Tableau IV.14 : caractéristique chimique du matériau.....	62
Tableau IV.15 : numérotation des efforts pour chaque forme de poinçonnage.....	63

## LISTE DES SYMBOLES

Re : la limite élastique

E : module d'élasticité en ( N/mm<sup>2</sup>)

I : moment quadratique de la section en (mm<sup>4</sup>)

F : effort de découpage en (N)

J : jeu de coupe

E : l'épaisseur

F : Effort de découpage – Poinçonnage, (en da N),

P : Périmètre de coupe, (en mm),

e : Epaisseur de la tôle, (en mm),

Rc: Résistance au cisaillement de la tôle, (en MPa),

$\sigma_{Com}$ : Contrainte de compression(MPa).

Re: Limite élastique du poinçon(MPa).

F: Effort de découpage(N).

S: Section du poinçon (mm<sup>2</sup>).

E: Module d'élasticité du matériau de l'outil.

I: Le moment quadratique de la section en mm<sup>4</sup>

L: Longueur libre de flambement

Fd : effort de découpage (daN)

P : le périmètre de la surface à découper en mm ;

e : épaisseur de la surface à découper en mm;

Rc : résistance à la rupture par cisaillement (daN/mm<sup>2</sup>).

Rm : résistance à la rupture à la traction (Mpa)

rm et rp: représentent respectivement les rayons de matrice, du poinçon,

E0: L'épaisseur initiale de la tôle

Fe : l'effort d'extraction (daN)

Fd : l'effort de découpage(daN)

Fj : Effort d'éjection

Ft : L'effort total de découpage

Rp : rayon de poinçon

Rm : rayon de la matrice

K : Coefficient fonction du rapport d/D.

X : Symbole acier fortement allié

% : Pourcentage de carbone

Cr : Chrome élément d'alliage (d'addition) par teneur décroissante

Ni : Nickel élément d'alliage (d'addition) par teneur décroissante

P (%) : Pourcentage de l'élément chimique Phosphore

S (%) : Pourcentage de l'élément chimique Soufre

N (%) : pourcentage de l'élément chimique Azote

Mn (%) : pourcentage de Manganèse

SI (%) : pourcentage de l'élément chimique Silicium

C (%) : pourcentage de l'élément chimique Carbone

D : diamètre de la tôle

d : diamètre de l'embouti

Fe : effort d'emboutissage

Fs : effort de serre flan

P : la pression spécifique sur le serre flan

S : surface du flan en contact avec le serre flan

Fer : effort d'emboutissage rectangulaire en (N)

Rr : résistance de la tôle à la traction

a, b : distance entre les centres des rayons des angles d'emboutissage en mm,

r : rayon en angle (mm),

L : longueur de la tôle à plié en (mm).

e : épaisseur de la tôle en (mm).

F : l'effort de pliage.

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

F ressort : la force d'un seul ressort en N.

F dév : la force d'extraction des poinçons en N.

N : nombre de ressorts.

Dh : Diamètre de l'alésage (guidage extérieur) en mm

Dd : Diamètre de l'axe (guidage intérieur) en mm

L0 : Longueur du ressort non chargé en mm

c : Taux d'élasticité en N/mm

s1 à sn : Course du ressort en mm associées aux forces  $F1 - Fn$

F1 à Fn : Force du ressort en N

Ln : Plus petite longueur admissible du ressort en charge ( $L0 - sn$ ), associée à la force  $Fn$

smax : Course maximale du ressort en mm

LBI : longueur d'aplatissement maximale du ressort ( 0 - smax )

La conception mécanique est un secteur qui regroupe des travailleurs compétant qui s'affairent à la conception, à la fabrication, au réglage, à la réparation ou à l'assemblage d'une multitude de pièces, d'outils, d'accessoires et de produits métalliques. La transformation des tôles, est l'une des illustrations de nombreux services de ce vaste domaine, très prisé par d'autres secteurs tels que la construction automobile, électrique, électroménager, aéronautique pour ne citer que cela.

Les moyens de calculs qui deviennent de plus en plus puissants, robustes, surtout en Constance évolutions, est incontournable pour la conception et la simulation numérique des procédés de mise en forme, relatives aux conditions optimales ; exigeant des critères de qualités biens définis.

En parlant du secteur de l'électroménager, l'Entreprise Nationale des Industries Électroménagères (ENIEM), toutes ses unités ont adopté des moyens techniques modernes de conception, et de fabrication, qui a pour objectifs : l'amélioration de la fonctionnalité, la réduction du coût de production tout en respectant les normes légales exigées.

Le secteur du développement du produit, de l'unité cuisson m'a confié de faire soigneusement une étude et conception, d'un outil pour la fabrication d'un bandeau bombé en inox pour une cuisinière en se basant sur le procédé simultané de découpage (poinçonnage et détourage). Ce projet nous a été proposé par l'entreprise ENIEM (Unité Cuisson), dans le but d'étudier et concevoir un outil pour la réalisation du bandeau bombé avec une géométrie bien déterminée regroupant l'opération simultané de poinçonnage et détourage, afin de remplacer celle déjà existante qui a des difficultés de réalisation.

Pour ce projet de fin d'études le travail débutera par une introduction générale, suivie de quatre (04) chapitres.

Dans le premier chapitre on cite les procédés d'obtention des tôles, en traite des différents procédés de mise en forme des pièces mécaniques, par déformation plastique.

Le second chapitre, de ce manuscrit est consacré aux Procédés de Mise en Forme des Tôles : Emboutissage, découpage et pliage.

Le troisième chapitre, est consacré à des généralités sur les différentes presses mécaniques et leurs équipements (presses utilisées).

Le quatrième chapitre nommé étude et conception de l'outil de (bandeau bombé en inox) est réservé à l'étude et conception de l'outil et les résultats des efforts de détourage et de poinçonnage pour calculer l'effort total que doit fournir la presse pour la réalisation de nos pièces.

# **CHAPITRE I. Procèdes de mise en forme d'obtentions des tôles**

## 1 Introduction

Il existe de nombreuses techniques pour obtenir des pièces par Traitement des matières premières. Obtenir la pièce voulus nécessite parfois d'utiliser des étapes successives des différents procédés de fabrication (obtention des matières premières, puis obtenir la forme de la pièce finales), dans ces pièce souhaitées, ce dernier a pour but de donner a une pièce métallique des dimension situées dans une gamme de tolérances données.

Les processus principal d'acquisition des pièces mécaniques apparaissent progressivement, et provoquent par la suite diverses variantes, parfois très nombreuses pour assurer une production de masse de plusieurs pièces à bas prix. Nous avons enregistré les différents processus des œuvres principales par déformation Plastiques : « Emboutissage, découpage, Poinçonnage,... ».

### 1.1 La tôle

#### 1.1.1 Définition

La tôle ou bien flan sont des produits métalliques plats de section droite presque rectangulaire et dont la largeur beaucoup plus grand que l'épaisseur. Leurs surfaces sont techniquement lisses. Ces tôles peuvent Se présente sous forme de feuille ou de bobine. La Fabrication d'une pièce en tôle selon le formulaire demandé est obtenue pas des opérations différentes.

## 2 Classification des tôles

La classification des tôles ce varie selon des déférents paramètres parmi ces paramètres on distingue :

### 2.1 Classification suivant leurs épaisseurs : [1]

1 - Les tôles fines (< 3 mm).

2 - Les tôles fortes (> 3 mm).

#### 2.1.1 Classification suivant leurs finitions

1) - La tôle noire dont les faces ont un fini brut, sans revêtement.

2) - La tôle galvanisée, pour sa part, elle dotée d'un revêtement anticorrosion au niveau de ses deux faces.

3) - La tôle pré laquée qui présente une surface anticorrosion comme chez la galvanisée, en-dessus de laquelle on ajoute une/des couches de peinture. [1]

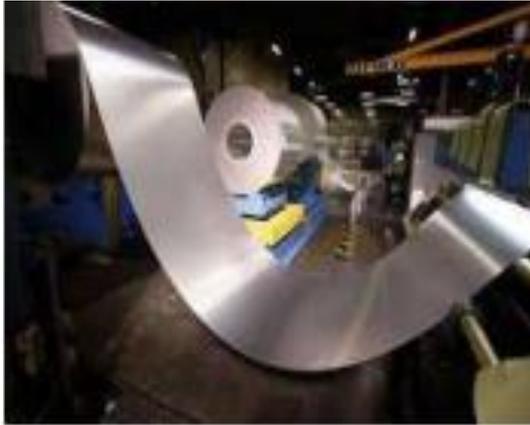


Figure I.1 : Bobinage de tôles

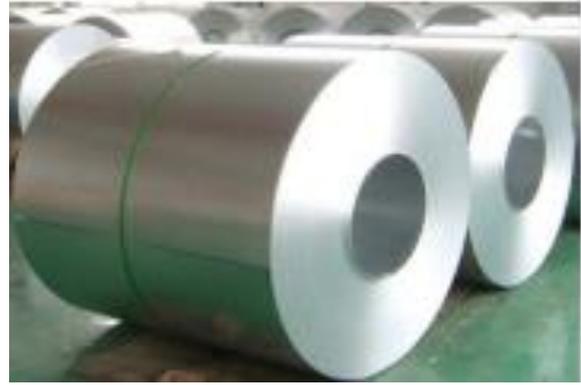


Figure I.2 : la Bobine en tôle

### 3 Procédés d'obtention des tôles

Les étapes globales permettant de transformer la brame (bloc d'acier brut), en une bande mince et large embobinée à chaud, ayant les caractéristiques géométriques et métallurgiques ainsi que l'état de surface requis pour sa transformation ultérieure. Après l'obtention du brut, la brame passe par le procédé de laminage, qui est une opération de mise en forme par déformation plastique, destinée à réduire la section d'un produit de grande longueur, par passage entre deux ou plusieurs outils tournant autour de leurs axes en sens inverse. C'est la rotation des outils qui entraîne le produit dans l'emprise par l'intermédiaire des frottements.

#### 3.1 Le laminage

Le laminage est un procédé de transformation industrielle qui consiste à transférer de la matière entre deux cylindres lisses contrarotatifs (tournant en sens inverse l'un de l'autre). Le mouvement de rotation produit un effet de compression qui réduit continuellement l'épaisseur initiale du matériau. Cette technique est utilisée pour la réalisation de tôles, poutrelles et fils en très grande quantité. Il existe aussi des opérations de laminage particulières utilisant plus de deux rouleaux. : [2]



Figure I.3 : Pièce d'acier en cours de laminage

### 3.2 Types de laminage

Il existe plusieurs types de laminage :

#### 3.2.1 Laminage à chaud : [1]

Pour les tôles fortes si l'épaisseur est supérieure à 3 mm et les tôles minces si l'épaisseur est inférieure à 3 mm Il s'impose pour deux raisons capitales : La première est que la résistance à la chaleur des métaux diminue rapidement avec l'augmentation de la température. Température, est le second est la métallurgie. Les brames sont transportées à travers plusieurs cages continues équipées de rouleaux roulés pour obtenir de larges bandes. A la sortie de la dernière cage, la bande est Refroidie par un processus d'arrosage, puis roulé sur un enrouleur, formant une bobine. La bobine est ensuite déroulée, redressée, rabotée et coupée sur la ligne de déroulage à la longueur désirée pour obtenir des feuilles. Cette technique est généralement appliquée à des largeurs allant jusqu'à 2150 mm et épaisseurs jusqu'à 25 mm .Les tôles laminées à chaud qui ne sont pas décapées sont souvent appelées tôles "noires". Les bobines laminées à chaud peuvent être décapées à une certaine épaisseur et largeur Les données. Décapage (traitement chimique) pour éliminer le tartre et les impuretés de la surface Le produit. Pour éviter la corrosion de la surface traitée, une couche protectrice est appliquée (généralement une fine couche d'huile).



Figure I.4 : laminage à chaud

#### 3.2.2 Laminage à froid :

Le laminage à froid des tôles n'est effectué qu'avec des tôles à faible moins de 3 mm d'épaisseur Les bobines laminées à chaud et décapées peuvent être traitées ultérieurement dans un laminoir à froid. Ce laminoir se compose d'une série de laminoirs à travers lesquels passe la bande de laminage à chaud et de décapage et réduction d'épaisseur. Rembobinage de la bande avec une épaisseur de sortie de 0,3 mm à 2,99 mm, en fonction des résultats souhaités et programmés. La norme EN 10131 donne des tolérances sur les dimensions et les formes des tôles laminées froid. La bande laminée à froid peut ensuite être revêtue d'une couche protectrice. Le laminage à froid est généralement réalisé sur des laminoirs réversibles multicylindres, où plusieurs cages se succèdent, il s'agit d'un train de laminage (Voir la Figure Deux bobineuses sont disposées de chaque côté des cages pour assurer la traction de la bande. Le laminage s'effectue sous film d'huile minérale afin de faciliter l'écoulement du métal,

éliminer la chaleur produite par le laminage et lubrifier les équipements internes de la cage de laminage. [1]



Figure I.5 : laminage à froid

## 4 Matériaux des outils

### 4.1 Définition

Les outils sont des instruments destinés à travailler la matière il est constitué d'une matière plus particulier dure que celle de la pièce à usiner. Comme la dureté d'un métal qui est supérieure que celle de la pièce à usiner et en tenant compte des différents paramètres tels que : la résistance au frottement, aux chocs...etc.il est donc important de faire un choix en ce qui concerne les matières à utiliser de façon à ce que l'outil présente des bonnes caractéristiques mécaniques, et que son usinabilité ne représente pas un problème technique ni financier pour l'entreprise.

#### 4.1.1 Caractéristiques du matériau de l'outil 1

L'outil est compose de deux partie une active et une autre passive :

Les parties actives de l'outil servant à couper la matière elle doit posséder les qualités suivantes :

- Bonnes propriétés liées à la tenue en service :
- Résistance élevée aux sollicitations (résistance aux chocs, à la traction, compression etc...
- Faible rugosité
- Résistance à l'usure,
- Ténacité (capacité d'absorption de fortes charges sans rupture brutale).

b. Bonnes propriétés liées à la mise en œuvre :

- L'usinabilité.

- Absence de déformation et de rupture aux traitements thermiques. [1]

#### 4.2 Critères du choix des métaux de l'outil

On choisit le matériau d'un outil selon son fonctionnement dont il a été conçu, c'est-à-dire l'importance de ses caractéristiques à un impact sur l'importance de la série et des données sur la pièce.

Les critères de sélection sont basés sur les principaux paramètres :

- Importance des séries : dans le cas de grandes séries ou de travaux à la machine à grande vitesse, tout le temps d'arrêt de l'outil devient important.

- Le prix des pièces est considérable, donc le matériel doit avoir

- Bonne résistance à l'abrasion pour limiter au maximum l'affûtage. Ces normes sont pour les très grandes séries.

- La nature de la matière à usiner : l'usure de l'outil doit être fonction de la dureté de la pièce

- Les matériaux et leur état structurel (avantages de la découpe des bandes d'acier)

Ex. sphérique). [1]

#### 4.3 Matériaux de base

Un matériau est une matière d'origine naturelle ou artificielle que l'homme exploite pour en faire des objets. Dans le domaine des matériaux, on distingue deux familles des matériaux les matériaux non ferreux et les matériaux ferreux.

Les matériaux non ferreux sont des alliages à base d'éléments non ferreux tels que : Aluminium, Cuivre, Zinc, Magnésium, Phosphore, etc...

Les matériaux ferreux qui sont à base de fer et d'autres éléments tels que : le carbone, le silicium, le cobalt, le magnésium, etc...

### 5 Les aciers

Un acier est un alliage métallique constitué principalement de fer et de carbone (dans des proportions comprises entre 0,02 % et 2 %) qui peuvent être homogénéisés par chauffage retrouve dans les aciers les éléments suivants :

- Élément d'élaboration ;
- Élément d'addition ;
- Élément nuisible ;

#### 4.1 La famille des aciers [1]

On distingue six classes d'acier :

Classe des aciers extra-doux ; ce sont des aciers qui contiennent de la ferrite et un peu de cémentite. Leur teneur en carbone n'excède pas 0.1% C.

2. Classe des aciers mi- doux ; sa teneur en carbone varie entre 0.25 et 0.4%C.

3. Classe des aciers doux ; sa teneur en carbone varie entre 0.1 et 0.25% C. sa structure ferrique avec un pourcentage en perlite inférieur à 50%.
4. Classe des aciers extra-durs ; dont la teneur en carbone varie de 0.77 à 2.11% C.
5. Classe des aciers mi-durs ; dont la teneur en carbone varie de 0.4 à 0.6% C.
6. Classe des aciers durs ; dont la teneur en carbone varie de 0.6 à 0.77% C.

Nuance	HB	C %	$\sigma_r$ (MPa)	Désignation normalisé		Emploi principale
				Classe A	Classe XC	
Extra-doux	980	0.05	340 à 450	A35	XC5	Très malléables tôles chaudronnerie tubes et fils
	126	0.1		A45	XC20	
doux	126	0.1	450 à 550	Adx	XC	Profils pour charpentes  Métalliques tôles pour serrurier
	154	0.25		A45 A55	XC30	
Mi-dure	154	0.4	550 à 650	A55	XC30	Moteur et machines-outils. outils agricole
	183	0.6		A65	XC40	
Dur	183	0.6	650 à 750	A65	XC40	Outils de coupe
	210	0.77		A75	XC50	
Extra-dure	210à280	0.77à2.11	750à1000	A75	XC50	Outils de coupe
				A100	XC85	

Tableau I.1 : principaux aciers au carbone

### 4.1.1 Caractéristiques des aciers

Les propriétés des aciers au carbone varient avec la teneur en carbone ;

- La température de fusion varie de 1 350 à 1 450°C suivant la nuance ;
- Ils sont très malléables à chaud (forge) et résistent bien aux efforts de traction, compression et cisaillement ;
- densité varie donc autour de celle du fer (7,32 à 7,86)
- Ils ont un module de Young d'environ 210 000 MPa

## 6 Les principaux aciers

Classification Les aciers sont classés en trois (03) principales classes

### 6.1 Aciers non alliés

Ce sont les aciers qui ont une teneur en carbone qui varie entre 0,1 et 2,1%, mais pratiquement jusqu'à 1,7% Ils sont destinés à la construction soudée, à l'usinage, au pliage, ... On distingue deux types :

- Le type S qui correspond à un usage général de base (construction de bâtiment, ...)
- Le type E qui est utilisé dans la construction mécanique

Et pour les a

La désignation de ces aciers comprend la lettre du type d'acier suivi de la valeur de la limite élastique (Re) en méga-pascal (MPa). S'il s'agit d'un acier moulé, la désignation est précédée de la lettre G.

### Exemples

S185 (anciennement A33), Re = 185 MPa  
E295 (anciennement A50), Re = 295 MPa  
GE295, acier moulé, Re = 295 MPa

Et pour les aciers de classe XC sont réservés pour les pièces devant subir des modifications de caractéristique par traitement thermique.

**Ex :** XC 65 0.65% De carbone

**Notons que :** carbone silicium manganèse chrome réduisent l'usinabilité et molybdène phosphore et soufre facilite l'usinabilité.

### 6.2 Aciers faiblement alliés

D'après AFNOR. Aucun élément d'addition ne dépassant 5 % en masse, ils sont utilisés pour des applications nécessitant une haute résistance. Il s'agit des aciers de construction, au manganèse chrome molybdène, au chrome manganèse, au chrome vanadium, etc. [3]

**Exemple de désignation normalisée :**

35NiCrMo16 : contient 0.35% de carbone, 4% de nickel, du chrome et molybdène en plus faible teneur. Cet acier présente une bonne tenue aux chocs ainsi qu'une haute résistance mécanique jusque 600 °C.

**Désignations des aciers faiblement alliés**

La désignation se devise en trois étapes comme suite

1. Un nombre entier qui égale a cent fois de pourcentage de la teneur moyenne en carbone.
2. Les symboles chimiques des éléments d'addition ou d'alliage dans l'ordre des teneurs Décroissantes.
3. Une suite de nombres a côté des éléments d'addition rangés avec ces derniers avec le même ordre tel que chaque nombre indique le pourcentage de la teneur moyenne de chaque élément.

**[3]**

**Exemples**

**42 Cr Mo4** C'est un acier faiblement allié avec

- 0.42% C.
- $4/4=1\%$  Cr.
- Des traces de Molybdène.

**30Cr Ni Mo 8** Acier faiblement allié

- 0.30% de carbone.
- $8/4 = 2\%$  de chrome.
- des traces de Nickel et du molybdène

**6.3 Aciers fortement alliés [4]**

Ils contiennent au moins un élément d'addition qui atteint la teneur de 5% (d'après AFNOR). Il s'agit d'une part des aciers de construction, d'autre part des aciers à outils. On y trouve des aciers rapide utilise pour la confection des outils de coupes, les aciers inoxydables

**Désignation d'un acier fortement allié [4]**

Elle comprend dans l'ordre :

- La lettre Z qui indique que l'acier est fortement allié ;
- Un nombre entier égal au produit par 100 de la teneur moyenne en carbone exprimée en pourcentage.
- Une lettre ou une série de lettre symbolisant les principaux éléments dans l'ordre des teneurs décroissantes.
- Un nombre ou une série de nombre indiquant dans le même ordre le pourcentage des éléments d'addition. **[4]**

**Exemple :**

Z-85 WOC V 06-05-04-02

Pourcentage des éléments constituant :

- 0.85%Carbone
- 5%Molybdène
- 2%Vanadium
- 6% Tungstène
- 4%chrome

groupe	Désignation	composition chimique moyenne %						Durete HRC	Designation abregée	Principaux emploi
		C	CR	W	MO	V	CO			
Acier d'outil pour travail à froid	Z115WC05	1.15	0.6	5				62-61		Matrices. filiere detirage burins
	Z200C13	2	13					58-63		Poinçons. decoupage emboutissage galets filière lames de cisaille pour tôles.
	Z160CDV12	1.6	12		0.7	0.3	3	58-63		Lames de cisaille matrice pièce d'usure outil à bois
	Z200CKD14	2	13.5		1	0.5	2	60-64		Outil a bois lames de cisaille matrices.
	Z150CKD14	1.5	14		1			58-62		Poinçon. lames de decoupe fraises outils a bois
Acier rapide	Z85WDCV06 -05-04-02	0.85	4	6	5	2		65-62	6-5-2	Outil de coupe fraises forts alesoirs broches tarauds
	Z80WRCV 18-10-04-02	0.80	4	18	1	1.6	10	65-62	18-02-10	Outil de tour de rabotage
	Z130WCV 12-04-04	1.3	4	1.5		1	8	66-63	12-0-4	Aciers sur carbures pour decolletage a grandes vitesses
	Z110DKCV V 09-08-04-02	1.1	4	1.5	9	1	8	69-65	2-9-1-8	Outil de forme 11

Tableau I.2 : désignation des différents aciers avec leur principe emploi

## 7 Traitements thermiques

Les traitements thermiques des aciers consistent à les soumettre à l'action de cycle thermique (chauffage et refroidissement). En vue de charger ou d'améliorer les propriétés mécaniques de quelques organes de l'outil tel que : poinçons, matrice l'utilité de cette technique et de donner une résistance à l'usure pour les arrêtes de coupe des poinçons et de la matrice, la résistance aux chocs. [1]

### 7.1 La trempe : (727+50 ° et plus)

La trempe est une opération qui fait partie des traitements thermiques et consiste à soumettre une pièce à un cycle thermique ce qui veut dire chauffer un métal puis à le refroidir rapidement pour en améliorer la résistance élastique mais elle engendre une diminution de la résistance à la traction de l'allongement. [1]

#### Remarque :

Pour l'acier X210CrW12, sa trempe se fait à 950°C dans l'huile. La valeur de la dureté après la trempe est de 64 HRC.

### 7.2 Le revenu : (entre 180°C

Le revenu est un processus de traitement thermique pratiqué souvent après la trempe pour éliminer les défauts causés par la trempe, par amélioration de la très faible résilience avec une diminution légère de la dureté. Il comporta trois étapes : [1]

-Chauffage à une température compris entre 180°C

-Maintien à cette température pendant deux (02) heure

- Refroidissement moyennement lent par immersion dans l'huile

T (C°)	100	200	300	400
Dureté HRC	63	62	60	58

Tableau I.3 : quelque valeur de dureté après le revenu pour l'acier z200c12

# **Chapitre II : Les Procédés de Mise en Forme des Tôles : Emboutissage, Découpage, Poinçonnage Pliage.**

## II.1 Introduction

La mise en forme de pièces mécanique a 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. Parmi les principaux procédés qui permet d'assurer la production en série, se trouve le procédé de formage. Cette dernière regroupe diverses technologies telles que l'emboutissage, Pliage, découpe .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 son but est de séparer partiellement ou complètement des zones de la feuille afin de Obtenez la forme souhaitée et/ou préparez-la pour une manipulation ultérieure. Le découpage et le poinçonnage sont des produit le moins cher et le plus rapide pour obtenir d'un profil Donné en produits plats, il consiste à séparer le contour donné à l'aide d'une presse La partie travaillante est l'outil intermédiaire du poinçon et de la matrice.

## II.2 Le procédé de poinçonnage :

### II.2.1 Définition :

Le poinçonnage c'est un procédé d'usinage par enlèvement de matière qui permet d'obtenir une grande précision de coupe par cisailage des tôles. Le cisailage de contour fermé s'effectue à l'aide d'un poinçon qui agissent sur la matrice avec compression la tôle est fixe entre la matrice est le serre flan figure II.6 ce procédé permet de réalisé des forme de poinçon cette ensemble est monte sur une presse hydraulique ou bien mécanique. [6]

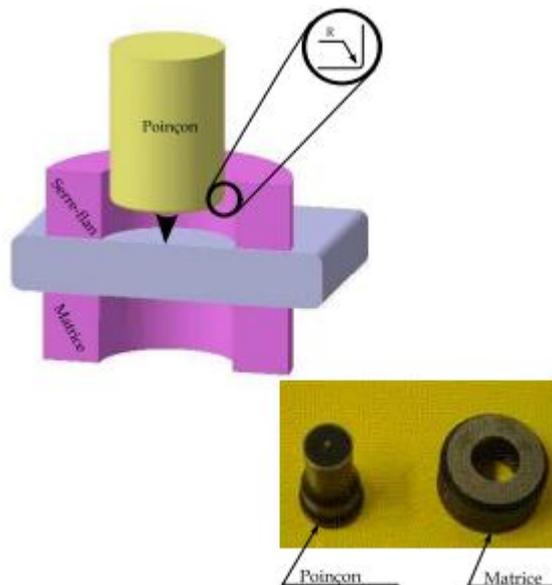


Figure II.6 : Présentation schématique du procédé de poinçonnage

## II.2.2 Les éléments de poinçonnage :

### II.2.2.1 Le poinçon :

Le poinçon est un outil qui a pour fonction de laisser une marque sur une autre pièce .Il est formé d'une pointe ronde en acier, solidement emmanchée, qui servant à percer des trous sur les tôle, cuir, ticket de métro, etc.

### II.2.2 Les différentes parties de poinçon

Le poinçon est composé de plusieurs parties :

- Le corps du poinçon qui possède une longueur variable pour monter et serrer l'outil.
- La tête qui porte les arrêtes tranchantes.
- La mouche (ou téton) utile pour positionner l'outil dans les coups de pointeaux préalablement réalisés à cet effet. Ils ont été effectués dans l'axe du trou à réaliser

Un angle de dépouille qui est de 2 à 3° pour limiter les frottements. [7]

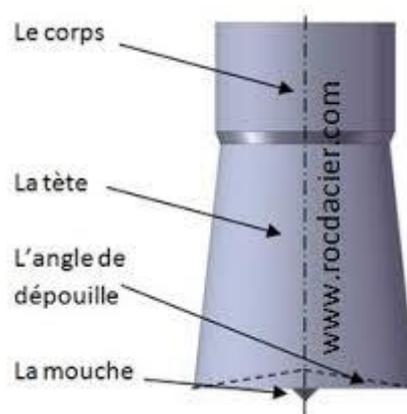


Figure II.7 : Le poinçon et ces composantes

**Remarque :** Le poinçon de forme quelconque doit résister à la compression et au flambage, sa longueur libre est vérifiée par :

$$L \leq \sqrt{\frac{E.I}{F}}$$

E : module d'élasticité en (N/mm<sup>2</sup>)

I : moment quadratique de la section en (mm<sup>4</sup>)

F : effort de découpage en (N)

## II.2.3 La matrice

C'est la partie inférieure de l'outil elle comporte un trou aux formes et dimensions du poinçon, auquel on ajoute un jeu de quelques dixièmes de millimètre. Elle est conçue à créer des pièces de forme précises de façon à satisfaire les demandes de production.

### II.2.3.1 Le principe de poinçonnage :

Le principe de base du poinçonnage consiste à découper une tôle et à enlever de la matière entre un poinçon et une matrice. C'est aussi, en d'autres termes, un cisailage sur un contour fermé. La tôle est alors perforée d'un trou ayant la forme du poinçon. Les poinçons peuvent avoir aussi bien des formes simples que des contours complexes. Capable de découper, perforer, déformer et marquer par frappe, le poinçonnage est particulièrement adapté pour produire des pièces de moyennes et grandes séries. Le poinçonnage de précision pour l'aluminium, l'inox, le cuivre et l'acier qui est réalisé par ce procédé de précision est une technique plus rapide et plus économique que le perçage classique. La découpe à froid de la tôle permet de cisailer précisément des formes élaborées et de perforer la matière en des endroits multiples. [6]

Le poinçonnage se fait à plusieurs étapes

- 1. L'impact :** provoque un gonflement dans la surface de la pièce.
- 2. Pénétration :** Fibres superficielles coupées et Fibres internes en extension.
- 3. Découpage :** Forte contrainte de compression, dépassement de la limite élastique donne naissance à des fissures de la tôle entre le poinçon et la matrice.
- 4. Séparation :** Rupture par extension des fibres.
- 5. 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.
- 6. 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)

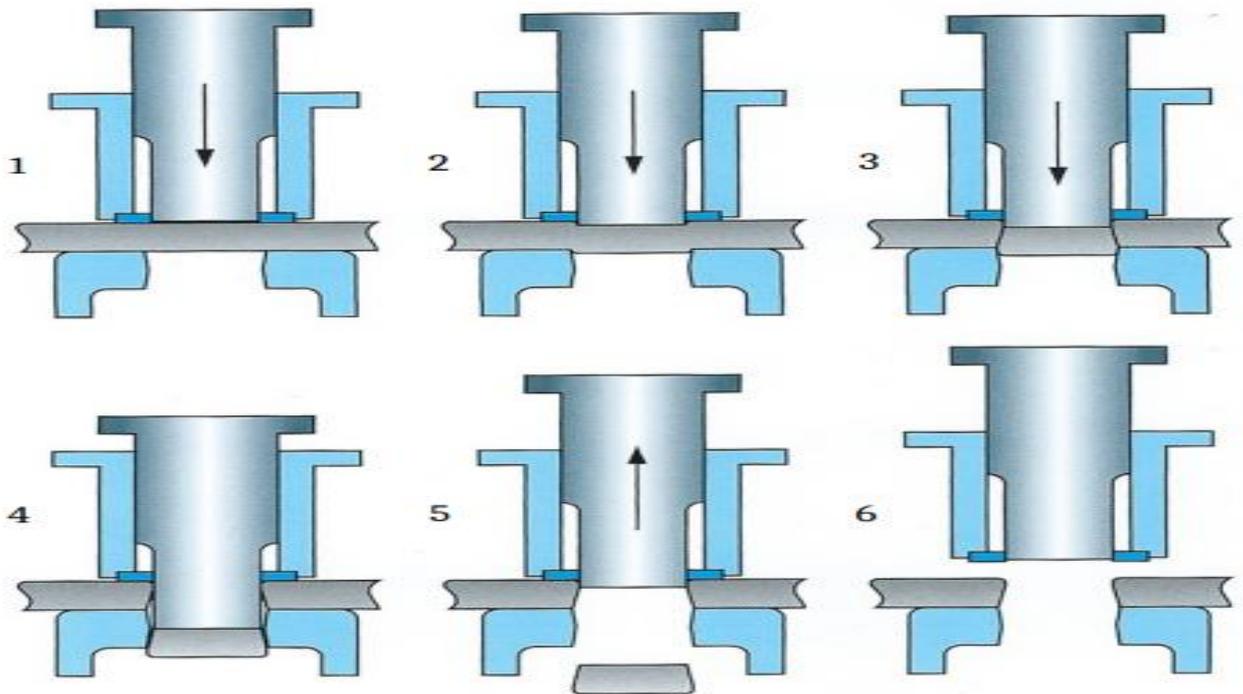


Figure II.8 : Image illustrative de procédé de poinçonnage

### II.2.3.2 Jeu entre matrice et poinçon [6]

Il existe un jeu entre matrice poinçon qui sert à diminuer l'effort de poinçonnage et l'écroutissage de la zone poinçonnée.

Il faut choisir un jeu convenable entre la matrice et le Poinçon :  $j = D - d$ .

$j = 0,1 e$  pour l'aluminium

$j = 0,07 e$  pour l'acier dur

$j = 0,06 e$  pour l'acier mi - dur

$j = 0,05 e$  pour l'acier doux, laiton et cuivre

Avec  $e$  : l'épaisseur

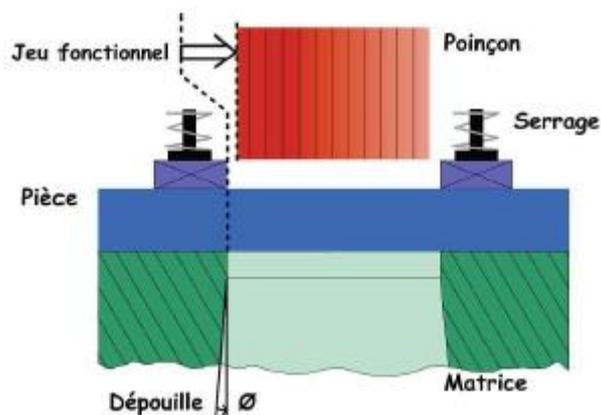


Figure II.9 jeu entre la matrice et le poinçon

**Remarque :**

- Pour parler de métaux en feuille il faut que ces deux conditions doivent être remplies : et avec : e l'épaisseur de la tôle et L la plus grande longueur en mm

## II.3 Les efforts de poinçonnages

### II.3.1 Effort principal

Les efforts de découpage et de poinçonnage d'un outil à bande, se calculent suivant la formule ci-dessous :

$$F = P \cdot e \cdot R_c$$

Avec :

F : Effort de découpage – Poinçonnage, (en da N),

P : Périmètre de coupe, (en mm),

e : Epaisseur de la tôle, (en mm),

R<sub>c</sub> : Résistance au cisaillement de la tôle, (en MPa), [6]

### II.3.2 Résistance d'un poinçon 7

Pour réaliser un trou de poinçonnage, il faut que la résistance du poinçon (Compression, flambement) soit supérieure à la résistance du matériau au cisaillement.

#### II.3.2.1 Résistance à la compression

La contrainte de compression des outils est calculée comme suit :

$$\sigma_{Com} = F/S$$

On peut vérifier alors que cette contrainte ne dépasse pas la limite d'élasticité (Re) du matériau en compression

$$\sigma_{Com} < R_e$$

Avec :

$\sigma_{Com}$ : Contrainte de compression(MPa).

R<sub>e</sub>: Limite élastique du poinçon(MPa).

F: Effort de découpage(N).

S: Section du poinçon (mm<sup>2</sup>).

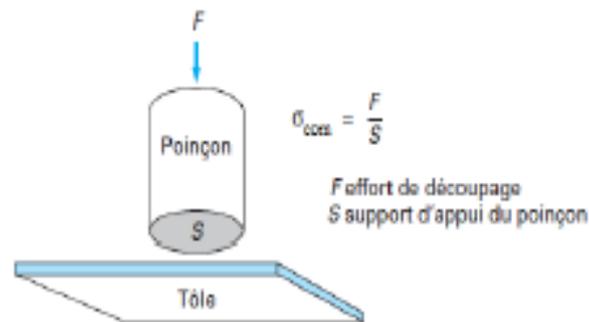


Figure II.10 : Contrainte de compression sur le poinçon

### II.3.2.2 Résistance ou flambement

Dans le cas de poinçonnage de petites dimensions, la contrainte de compression peut provoquer le flambement du poinçon, comme c'est important de prévoir le risque de flambement d'un tel poinçon. Pour cela, on détermine la charge critique ( $F_{cr}$ ) en utilisant la formule d'Euler avec les conditions d'encastrement d'un côté et de mouvement libre de l'autre [6]

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

Avec :

E: Module d'élasticité du matériau de l'outil.

I: Moment d'inertie du poinçon.

L: Longueur libre de flambement

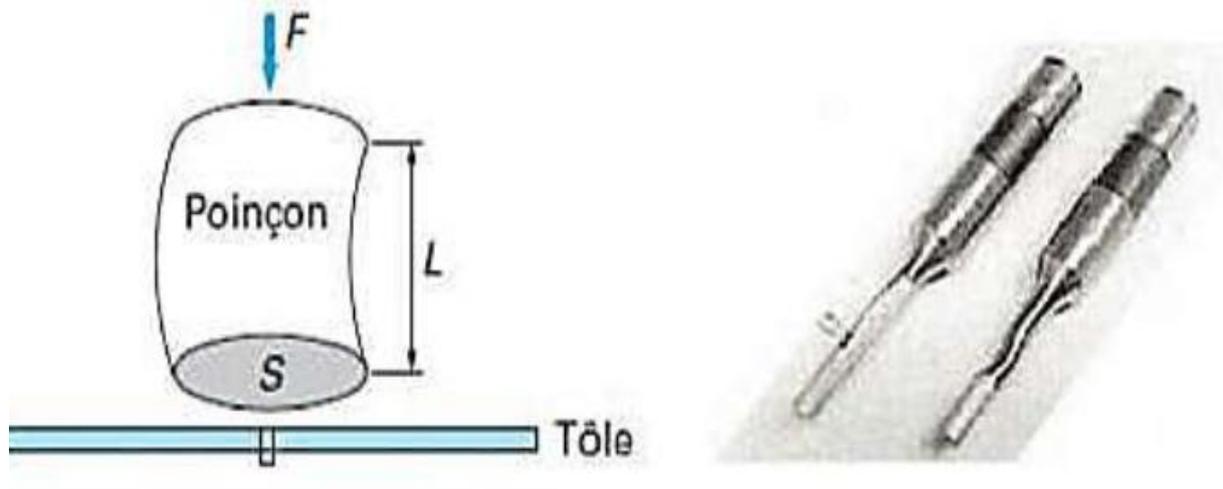


Figure II.11 : Exemple de flambement d'un poinçon

## II.4 Les avantages et les inconvénients de poinçonnages [7]

### II.4.1 Les avantage :

- De nombreuses formes sont possibles a réalisé, des plus simples aux plus complexes.
- L'usinage est rapide car le formage est exécuté en même temps que l'opération de découpe.
- Le taraudage est effectué directement sur la tôle pendant la phase d'usinage.
- Le poinçonnage est économique car l'outillage a une durée de vie importante. Cet outillage nécessite cependant un entretien régulier ainsi qu'un affutage de qualité.

### II.4.2 Inconvénient :

- la seul inconvénient que présente ce procédé c'est que l'épaisseur est limitée est aussi la section de poinçon.

## II.5 Découpage

### II.5.1 Définition

Le découpage est une opération où procéder consistant à couper une pièce de métal suivant un profil ou des dimensions déterminées. Ce type de procédé est très utilisé dans l'industrie vu qu'il est moins coûteux et plus rapide pour obtenir un produit désiré. [8]

### II.5.2 Principe

Il consiste à détacher un contour donné d'un produit plat (une tôle). L'opération s'effectue sur une presse qui porte un outil dont les parties travaillantes sont les poinçons et les matrices qui permettent de cisailier la tôle sur sa profondeur en donnant la forme de la pièce désirée. [19]

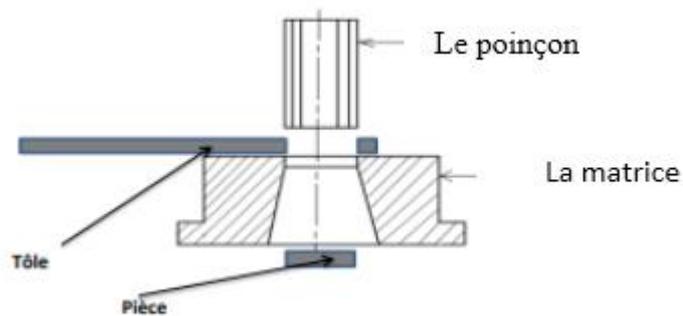


Figure II.12 : principe de découpage

### II.5.3 Les procédés de découpage :

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

Ces procédés sont :

- Le cisailage
- Le grignotage
- 
- Le crevage
- Ajourage
- Poinçonnage
- détournage

### II.5.3.1 Le cisailage

### II.5.3.2 Principe

Le cisailage permet de séparer totalement ou partiellement un élément métallique à l'aide de deux lames dont l'une, au moins, est mobile.

Sous l'action de la contrainte imposée par la partie active des lames, il se produit une déformation élastique, puis un glissement avec décohésion du métal suivant deux directions formant l'angle  $b$ .

L'angle  $b$ , ainsi que la profondeur de la décohésion varient suivant la nuance du métal et son état. Globalement un tiers de la section est cisailé, deux tiers sont arrachés

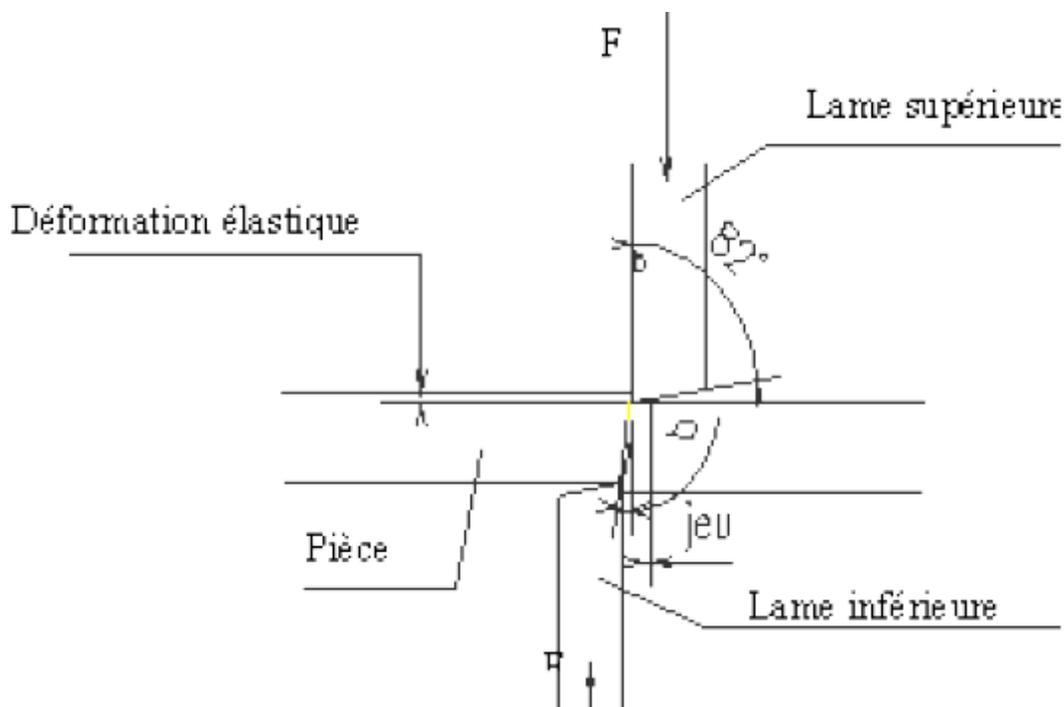


Figure II .13 image illustratif de procédé de cisailage

#### Remarque :

Pour avoir un bon cisailage on :

-Maintient la tôle à  $90^\circ$  par rapport au plan de cisailage.

Cisaille progressivement la pièce et on suit un angle constant.

### II.5.3.3 Le grignotage

Le grignotage est un procédé de découpage réalisé par des machines assimilables à des poinçonneuses animées d'un mouvement rapide (250 à 1200 coups par minute). L'organe de découpage est un poinçon de forme spéciale qui reste constamment engagé dans la matrice ; il opère une succession de découpages en forme de croissants.



Figure II.14 : le grignotage de la tôle

### II.5.3.4 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.



Figure 1 II.15 Encochage des tôles

### II.5.3.5 Crevage

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

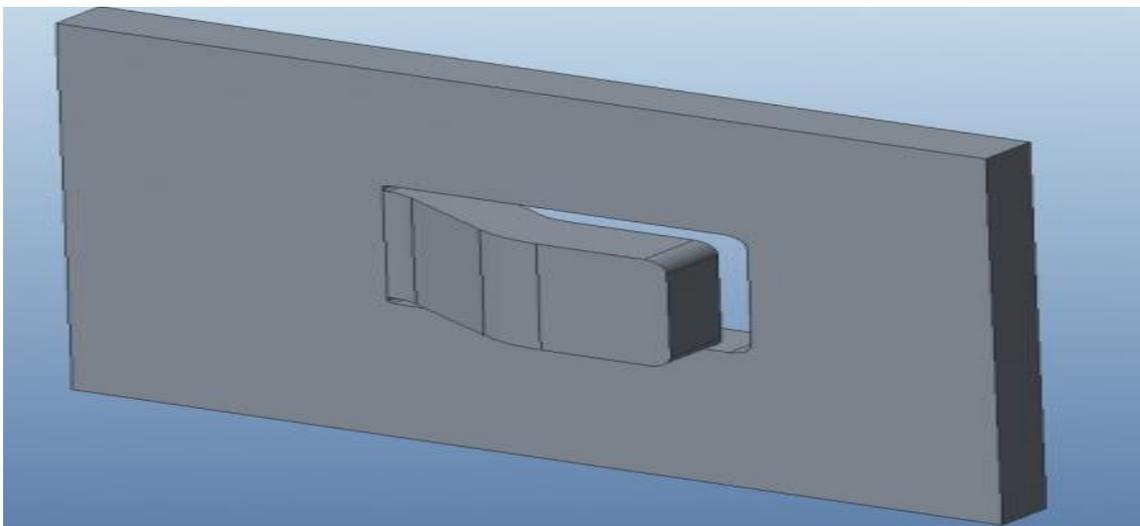


Figure II.16 : crevage des tôles

### II.5.3.6 Ajourage :

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



Figure II.17 : Ajourage des tôles

### II.5.3.7 Détourage

Détourage Il consiste à découper le matériau superflu autour de la pièce pour obtenir la forme finale souhaitée.



Figure II. 18 : Détourage

### II.5.4 Différentes phases d'une opération de découpe

Sous l'action de la contrainte imposée par la partie active du poinçon, il se produit une déformation élastique puis un glissement avec décohéation du métal. Le poinçon poursuit sa course et, provoque la rupture complète de la tôle. Cette pénétration du poinçon, doit être minimale afin d'éviter sa détérioration. [9]

Le mouvement de découpe peut être décomposé en quatre phases principales suivantes :

- **Phase(1)** : phase d'allongement, la tôle se déforme sans se rompre.
- **Phase(2)** : phase de fissuration, le poinçon poursuit sa course et des fissures apparaissent au voisinage des arêtes coupantes, coté matrice et poinçon.
- **Phase(3)** : phase de la découpe, les fissures se rejoignent et la pièce est découpée.
- **Phase(4)** : phase d'évacuation, le poinçon descend toujours et pousse la pièce dans la matrice avant qu'elle soit évacuée.

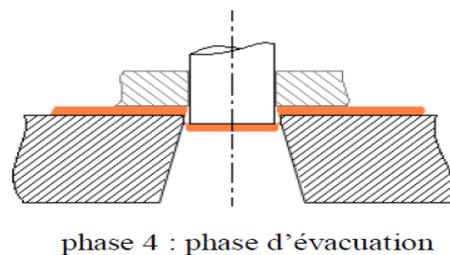
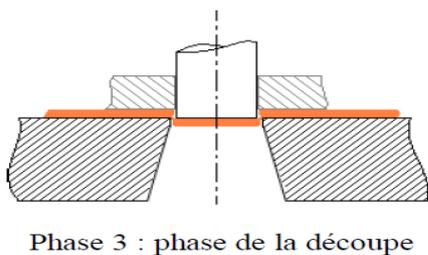
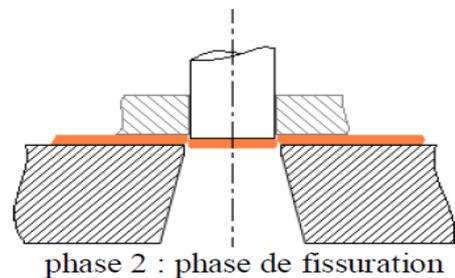
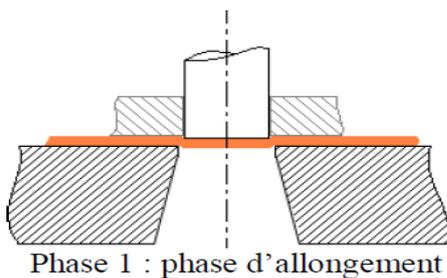


Figure 2 II.19 les différentes phases de la découpe

### II.6 Effort de découpage [9]

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 a découpé

$$F_d = P \times e \times R_c$$

Avec :

**Fd** : effort de découpage (daN)

**P** : le périmètre de la surface à découper en mm ;

**e** : épaisseur de la surface à découper en mm;

Rc = résistance à la rupture par cisaillement (daN/mm<sup>2</sup>). On peut admettre que Rc= 0,8 x Rt

Rm= résistance à la rupture à la traction (Mpa)

Le tableau suivant donne les valeurs de Rm de quelque matériau :

Matériaux	Les valeurs de Rm	A%
Acier à 0,1% de carbone (recuit)	19	
Acier à 0,2% de carbone (recuit)	25	
Acier à 0,3% de carbone (recuit)	30	
Acier inoxydable	49 à 69	40
Aluminium (doux	12.5	40
Duralumin	45	17
Laiton (recuit)	18	25

Tableau II.4 : les valeurs de Rm et les allongements de quelque matériau

Le tableau suivant donne quelque valeur Rc pour les métaux les plus fréquemment découpés à la presse.

Matériaux	Rc (daN/mm <sup>2</sup> )
Acier dur	70
Acier inoxydable	39.2 à 55.2
Tôle au silicium	50
Acier mi-dur	50
Acier doux	40
Tôle d'emboutissage	35
Laiton recuit	30
Cuivre recuit	20
Aluminium	10

Tableau II. 5 : résistance au cisaillement de quelque matériau

### II.6.1 Jeux de découpage [9]

D'une manière générale, le jeu de découpage est le vide qui sépare le poinçon de la matrice. Jeu occupe une place majeure. Pour un découpage, le jeu est à prendre sur le poinçon. Pour le poinçonnage, le jeu est à prendre sur la matrice. Donc, pour un bon fonctionnement de l'outil, il est nécessaire d'assurer un jeu fonctionnel entre la matrice et le poinçon. Il réduit le risque de grippage ou de rupture de la matrice. Il permet également de garantir une coupe nette est franche. La valeur du jeu s'évalue en fonction de l'épaisseur de la bande de tôle (de façon à ce que les deux amorces de ruptures se rejoignent parfaitement).

$1/20 \times e$  pour laiton et acier doux.

➤  $1/15 \times e$  pour acier dur.

➤  $1/10 \times e$  pour l'aluminium.

Pour le découpage le jeu est à prendre sur le poinçon varie selon la nature et L'épaisseur ( $e$ ) du matériau à découper.

$$J = \frac{rm - rp}{e0} \times 100$$

**Avec :**

- $rm$  Et  $rp$  représentent respectivement les rayons de matrice, du poinçon,
- $e0$  L'épaisseur initiale de la tôle.

Matériaux	Jeu diamétral
Laiton et cuivre	$J=1/20*e$
Acier demi-dur	$J=1/16*e$
Acier	$J=1/14*e$
Alliage d'aluminium	$J=1/10*e$

Tableau II. 6 : valeur du jeu suivant les différents matériaux à découper

### II.6.2 Effort d'extraction

C'est l'effort nécessaire pour dégager le poinçon de la zone de découpage, il varie de 2 à 7% de celui de découpage, selon la bande entourant le poinçon soit [9] :

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

·  $Fe = 0,07 \times Fd.$

avec

$F_e$  : l'effort d'extraction (daN)

$F_d$  : l'effort de découpage (daN)

### II.6.3 Effort d'éjection ( $F_j$ )

On peut considérer que  $F_j = 0,13 \times F_d$

**L'effort total de découpage ( $F_t$ ):** C'est la somme des différents efforts. Sa valeur permet de déterminer la presse adéquate, soit :  $F_t = F_d + F_e + F_j = \text{daN}$

### II.6.4 Vitesse de découpage :

C'est la vitesse de propagation des deux lames dans la matière, laquelle, ne doit pas dépasser : 0.06 m/s pour les aciers, et 0.10 m/s pour les aciers doux.

## II.7 L'emboutissage

### II.7.1 Définition

L'emboutissage est un procédé de fabrication par déformation plastique qui consiste à mettre en forme des feuilles minces appelées tôles appelée aussi flan, à l'aide d'une presse à emboutir d'une forte puissance contrairement aux opérations plus simples que sont le pliage, le roulage ou le profilage à froid. Ce procédé, d'utilisation très générale, permet de fabriquer les pièces de carrosserie automobile, des appareils électroménagers ou des emballages métalliques, des pièces mécaniques...

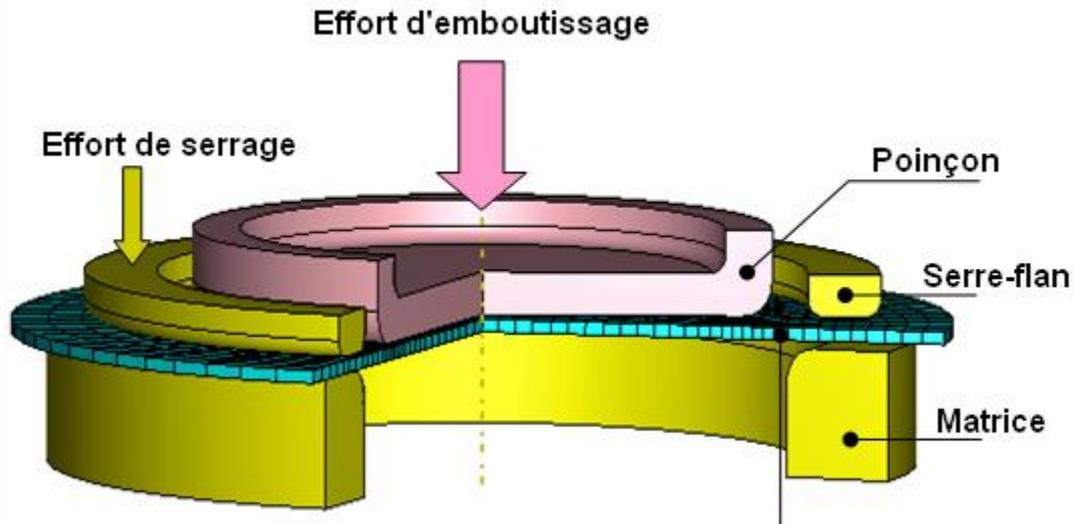


Figure II.20 : Procédé d'emboutissage de la tôle sous serre-flan.

## II.7.2 Les techniques d'emboutissage [8]

On distingue deux (02) technique d'emboutissage essentielle dans l'industrie :

### II.7.2.1 Emboutissage à froid

Le principe est simple et fondé sur la déformation plastique du matériau (en général un métal). La déformation consiste en un allongement ou un retreint de la tôle pour obtenir la forme souhaité l'emboutissage à froid qui se pratique à température ambiante Il est réalisé sur des presses mécaniques. L'emboutissage à froid est réservé aux matériaux d'épaisseur inférieure à 6mm (aluminium, aciers inoxydables, laiton, aciers doux (0.2% C Max)).

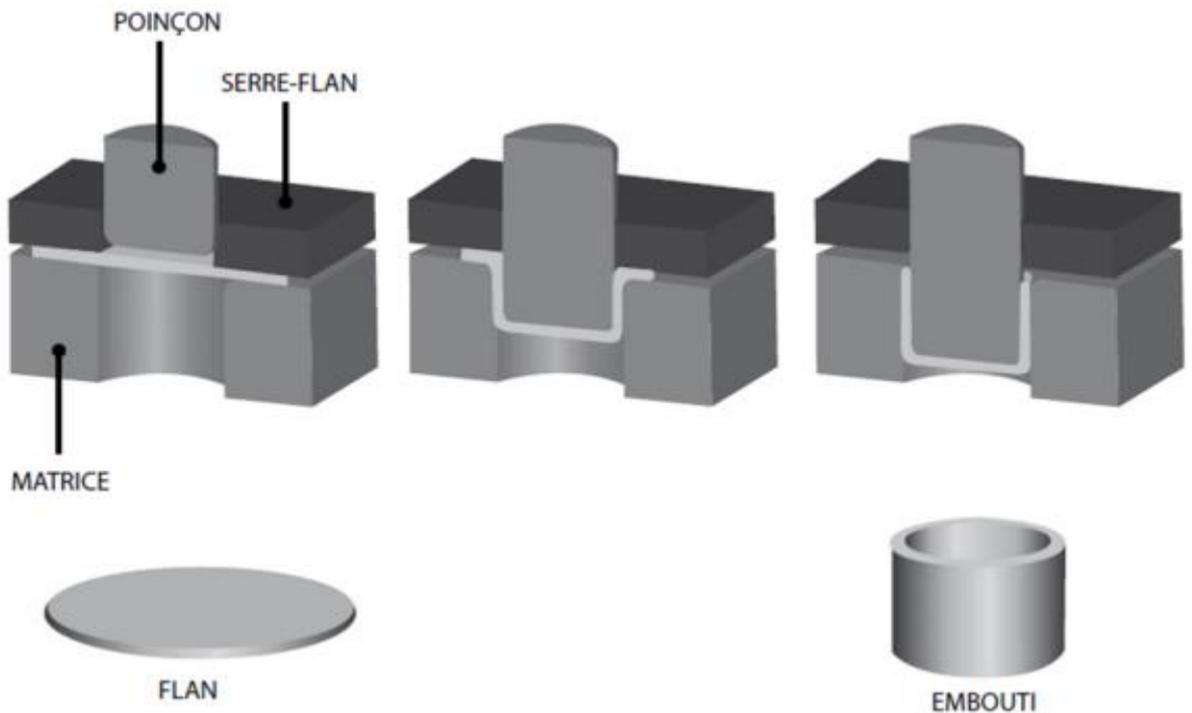


Figure 3 II.21 : Procédé d'emboutissage à froid

### II.7.2.2 Emboutissage à chaud

Il est réalisé exclusivement sur presses hydrauliques. Il est réservé aux matériaux peu ductiles (magnésium, titane, zinc,...), aux emboutissages profonds, et aux tôles de forte épaisseur nécessitant de grands efforts (épaisseur supérieure à 7 mm pour l'acier).

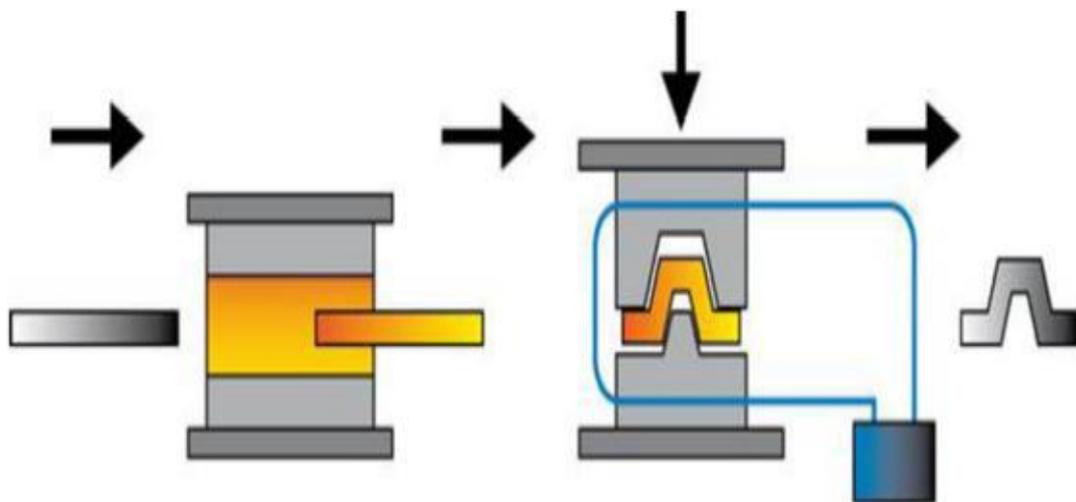


Figure II.22 : procédé d'emboutissage à chaud

### II.7.3 Les modes d'emboutissage

L'emboutissage impose à la tôle différents modes de déformation dont le but est l'obtention d'une surface creuse. Le type d'outillage conditionne les deux cas limites de déformation :

#### II.7.3.1 L'expansion :

C'est l'accroissement du diamètre d'un corps creux, par action sur sa paroi interne à l'aide d'un outil, d'un fluide ou d'un matériau élastique. Le schéma (met en évidence un emboutissage par expansion sur le poinçon, le flan étant bloqué sous le serre-flan, l'épaisseur sous le poinçon diminue.

#### II.7.3.2 Le rétreint :

C'est la réduction diamétrale de l'extrémité ouverte d'un corps creux. Le schéma (montre un emboutissage profond avec rétreint du métal glissant sous le serre-flan, l'épaisseur entre serre-flan et matrice peut augmenter.) Emboutissage par expansion, b) Emboutissage profond avec rétreint

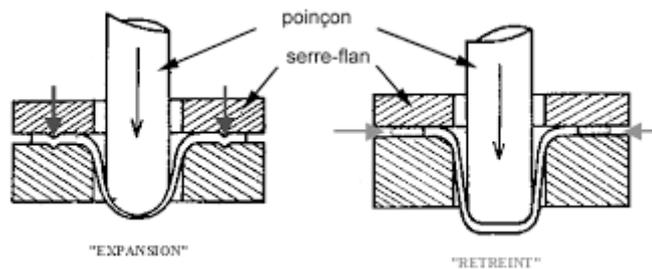


Figure II .23: Modes d'emboutissage

### II.8 Principe d'emboutissage [8]

L'opération d'emboutissage est basée sur le principe de la déformation plastique qui permet un allongement ou un rétreint de la tôle pour obtenir une forme d'une pièce désirée.

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

-Une matrice creuse qui suit la forme de la pièce

Une matrice supérieure, gaufrée, qui suit sa forme interne tout en préservant l'épaisseur de la tôle.

Un serre-flan entoure le poinçon, contre le périmètre de la matrice, sert à caler la feuille lors de l'application du poinçon.

L'opération d'emboutissage se base sur cinq étapes :

- **Étape 1** : Dans la première étape, le poinçon et le serre-flan sont relevés. La tôle (ou le flan), préalablement graissée, est posée sur la matrice
- **Étape 2** : Le serre-flan descend et vient appliquer une pression de serrage afin de maintenir le flan tout en lui permettant de se déformer plastiquement

- **Étape 3** : Dans la troisième étape, le poinçon descend et déforme plastiquement la tôle.
- **Étape 4** : Le poinçon puis le serre-flan se relèvent : la pièce conserve la forme acquise (limite d'élasticité dépassée)
- **Étape 5** : La dernière étape est l'élimination par détourage des parties devenues inutiles (Essentiellement les parties saisies par le serre-flan)

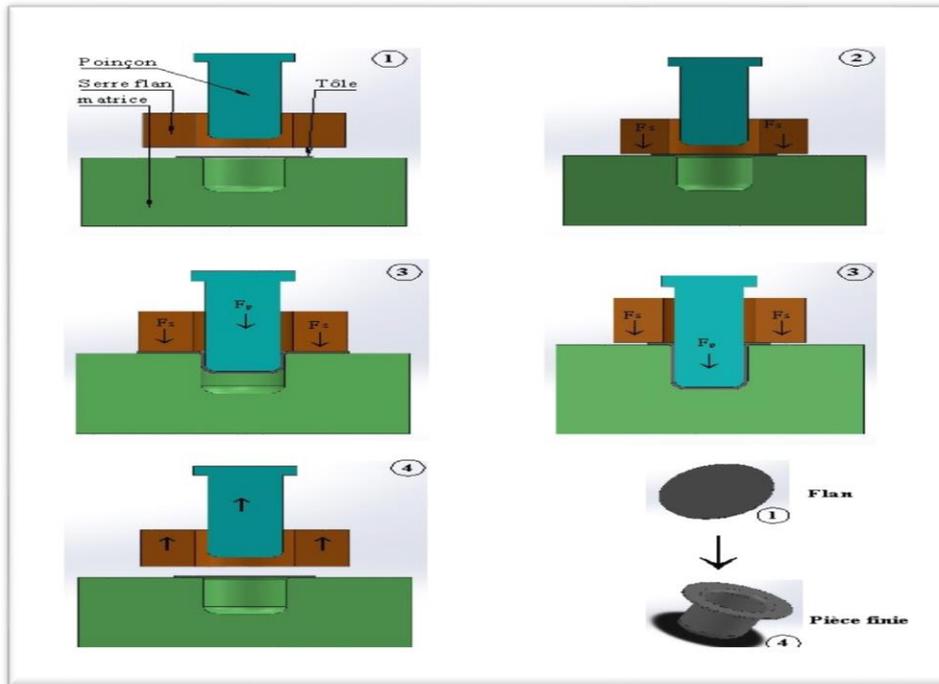


Figure II .24 : Des images illustratives les cinq étapes d'emboutissage



Figure II .25 : Récipient de cuisine en tôle embout

### II 8.1 Emboutissage simple effet (sans serre flan)

Cette configuration est la plus simple. Elle est composée d'une matrice et d'un poinçon (équipé d'un coussin élastique situé sous la table de la presse). Pour cette technique, les emboutis réalisées sont peu profond et ne nécessitent pas d'important effort de serrage [10] .

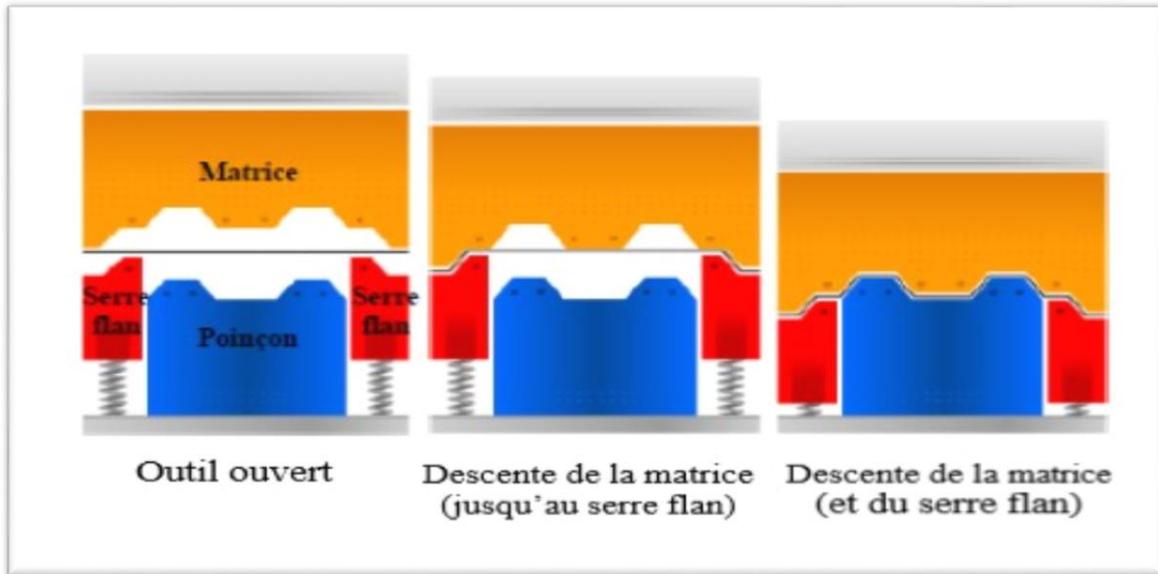


Figure II.26 : Emboutissage simple effet (sans serre flan)

### II.8.2 Emboutissage double effet (avec serre flan) :

Par rapport à l'emboutissage simple effet, l'emboutissage double effet comprend en plus un serre-flan. Cette technique de formage est la plus répandue dans l'industrie.

Ici les emboutis sont très profonds et les efforts d'emboutissage sont importants. Un serrage très efficace d'emboutissage.

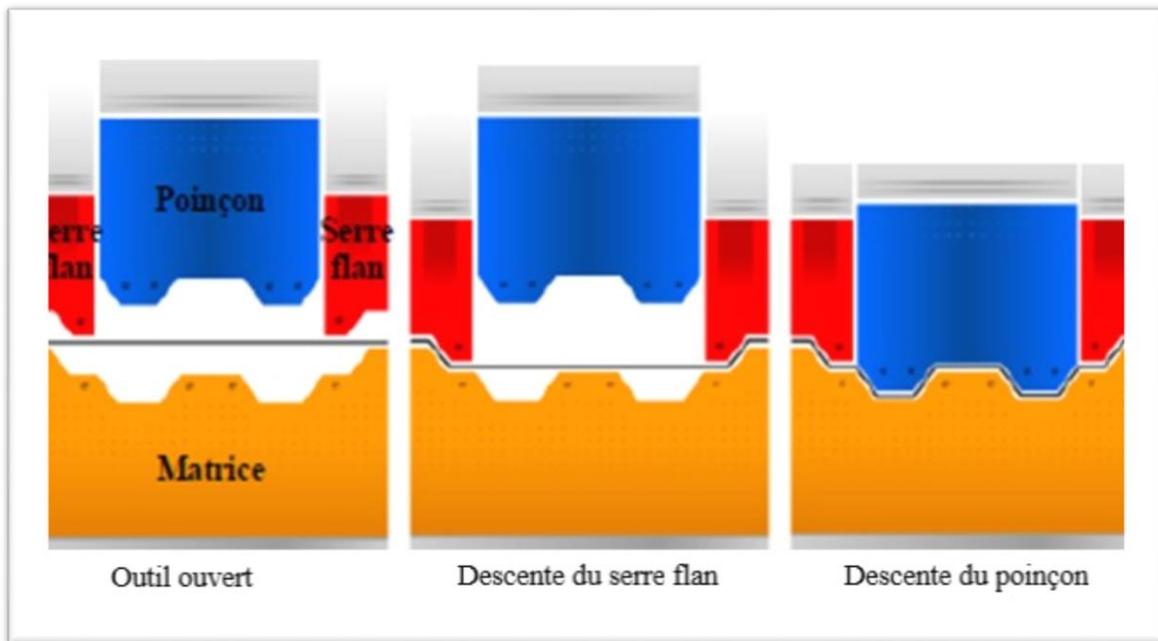


Figure II.27 : Emboutissage double effet (avec serre flan)

### II.9 Forme des pièces emboutis usuelle

D'une façon générale, les pièces embouties sont de forme simple telle que cylindrique, conique, sphérique ou prismatique. Cependant, ces formes simples sont déjà relativement difficiles à réaliser et ne sont généralement réalisables qu'avec un emboutissage par étapes, c'est à dire un emboutissage où la forme désirée n'est obtenue qu'après un certain nombre de phases successives.

#### II 9.1 Forme cylindrique :

La forme cylindrique est facilement réalisable avec de bonnes conditions opératoires. A partir de cette forme simple il est possible de réaliser des formes plus évoluées



Figure 4 II .28 : emboutissage de forme cylindrique

### II.9.2 Forme rectangulaire :

Dans les emboutis rectangulaires on peut considérer que seuls les rayons latéraux sont emboutis (quart d'embouti cylindrique), les flancs étant simplement cambrés.



Figure II.29 : Emboutis rectangulaires

### II.10 Étude théorique et dimensionnelle des outils d'emboutissage

Les outils qui effectuent des opérations de poinçonnage de pièces peuvent être installés individuellement ou en combinaison sur la même presse. Dans tous les cas de regroupement d'outils, l'effort nécessaire à chaque groupe d'outils est déterminé ; d'une part il est possible de vérifier si l'effort nominal de la presse est suffisant, la fabrication des outils d'emboutissage s'effectue généralement sur des machines-outils conventionnelles, en tenant compte de critères économiques, à savoir le coût Temps d'usinage et coûts de matière, assurant ainsi la simplicité des opérations d'usinage. L'outil ne doit pas être une source d'accident pour l'opérateur. Il est donc nécessaire d'assurer une L'alimentation est pratique et les pièces sont faciles à retirer, de sorte que le temps d'action manuelle sous l'outil est très court. [11]

### II.10.1 L'outillage utilisé en emboutissage [12]

- **Une matrice en creux** : Elle serre d'appui à la tôle et lui donne la forme extérieure finale au retour élastique prés.
- **Un poinçon en relief** : Coulissant plus ou moins vite sur l'axe vertical, et déformant la tôle, en gardant l'épaisseur de la tôle

### II.10.2 Un serre-flan

Son rôle est de maintenir plus ou moins le flan lors d'une opération d'emboutissage afin d'assurer un écoulement homogène du métal et prévenir les risques de plis ou autres défauts d'emboutissage [13]

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 (exemple : plusieurs mois pour l'extérieur d'une portière, capot, ... etc.) [4]. La pénétration du poinçon dans la matrice nécessite un jeu fonctionnel entre ces deux éléments afin d'éviter l'écrasement de la tôle. [12]

### II. 10.3 Rayon du poinçon

Le rayon  $r_p$  du poinçon ne doit pas être trop petit pour éviter le déplacement du fond du poinçon La pièce (amincissement local de la tôle reflétant la déformation d'expansion locale) n'est pas trop Il est important d'éviter les risques de plis ; en principe il ne doit pas être inférieur au rayon matrice Dans le cas où la pièce exigerait un faible rayon, il faut prévoir une opération supplémentaire de conformation. [14]

Arrondie de poinçon  $5e \leq r_p \leq 10e$

Le choix de  $r_p = 5 * e$

Diamètre de la tôle  $D = \sqrt{d^2 * s / \pi}$

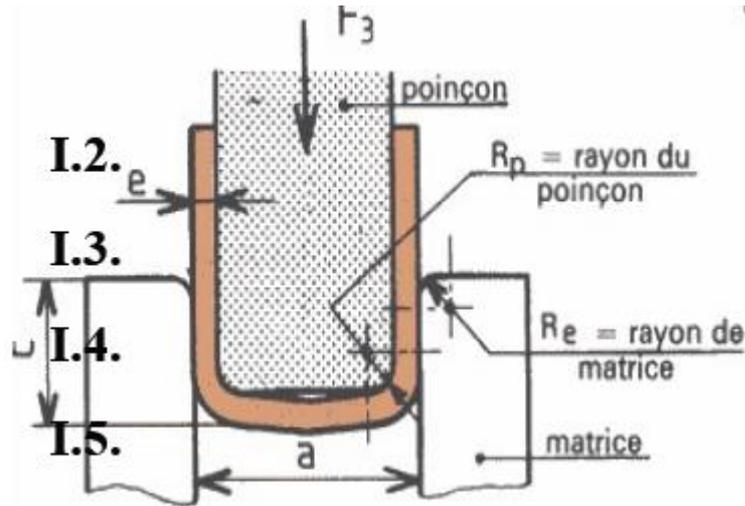


Figure II .30 : rayon de poinçon des tôles déjà embouti

#### II.10.4 Rayon de matrice [8]

D'une manière générale, le rayon de la matrice  $r_m$  est :  $5e \leq r_m \leq 10e$  [R.Martin 73]

Une valeur plus précise de  $r_m$  est donnée par [R.Martin 73] est :

En première passe :  $r_m = k \cdot D - d \cdot e \dots\dots(I-1)$

Avec

$k = 0.8$  pour un acier doux,

$k = 0.9$  pour l'aluminium.

Pour  $r = 0$  on a un déchirement du flan et pour  $r = (D-d) / 2$  on a la formation de plis..

Avec

**$r_m$**  : rayon de la matrice

**$K$**  : coefficient fonction du rapport  $d/D$ .

**$D$**  : diamètre de la tôle

**$d$**  : diamètre de l'embouti

**$e$**  : épaisseur de la tôle

Afin de déterminer le rayon efficace, on utilise la relation de Kaczmarek Concernant la première passe :

Pour l'acier :

$$r = 0.8 [e \cdot (D - d)]^{1/2}$$

Pour l'aluminium :

$$r = 0.9 [e \cdot (D - d)]^{1/2}$$

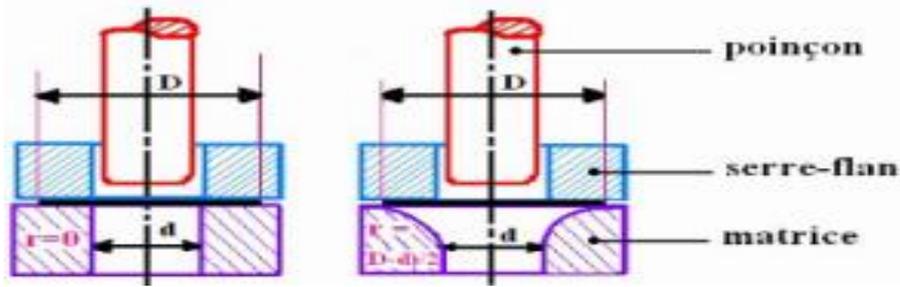


Figure II .31 : Variation de l'arrondi sur la matrice

## II.11 L'effort d'emboutissage [7]

### II.11.1 Cas d'une forme cylindrique

C'est L'effort nécessaire pour poinçonner une pièce cylindrique dépend d'abord de Diamètre, épaisseur et type de matériau des ébauches embouties et brutes. Cela dépend également de la pression du serre-flan, de la vitesse de poinçonnage, du rayon Matrice, dégagement de matrice et lubrification. Cette force (et cette énergie) est créée par la somme de la force formatrice elle-même (F) énergie (W) } et effort de serre flan (Fsf) permettent de sélectionner la presse appropriée.

Dans le cas d'un emboutissage cylindrique l'effort d'emboutissage ce calcule avec la formule suivante :

$$F_e = \pi \cdot d \cdot e \cdot R_m \cdot k$$

$F_e$  : effort d'emboutissage ( en daN ).

$D$  : diamètre du poinçon.

$E$  : épaisseur de la tôle (en mm).

$R_m$  : la résistance de la tôle a la traction ( en MPa).

$K$  : coefficient en fonction du rapport  $d/D$  voir le tableau ci-dessus

d/D	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8
K	1	0.86	0.72	0.6	0.5	0.4

Tableau II.7 : les valeurs de coefficient K du rapport d/D

### II.11.2 Vitesse d'emboutissage [15]

On définit cette vitesse du poinçon au moment de l'attaque de la tôle. Une vitesse trop faible, tend à creuser une forme précise sur le métal, le rendant moins malléable. D'après BLISS, il existe une vitesse optimale pour chaque métal

Mâtereaux	Vitesses (mm/s)
L'acier	200
L'acier doux	280
Le zinc	200
L'aluminium	500
Le laiton	750

Tableau II.8 : vitesse d'emboutissage pour différent matériau

### II.11.3 Efforts de serre flan

L'effort sur le serre-flan se calcule comme suit :

$$F_s = P \times s$$

Avec

P : La pression spécifique sur le serre flan en N/mm<sup>2</sup>.

S = surface du flan en contact avec le serre flan.

$$S = \pi \times D^2 / 4$$

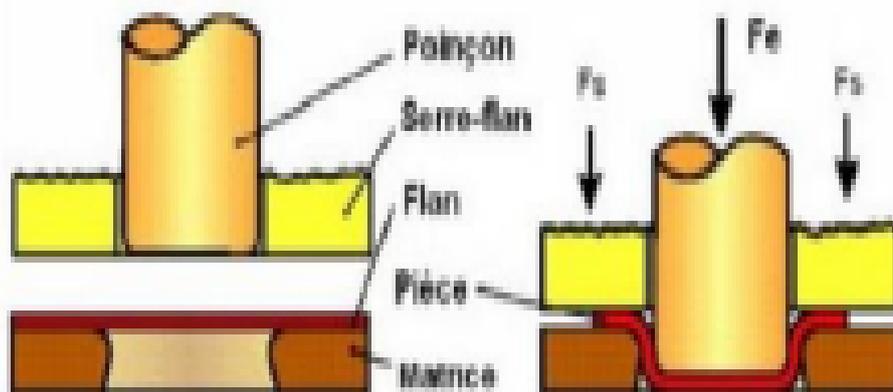


Figure II.32 : direction des efforts Fe et FS

matière	pression N/mm <sup>2</sup>
acier doux e > 1mm	1.8 à 2.5
acier doux	2.5 à 3
laiton	1.5 à 2.5
cuivre	1.2 à 1.5
aluminium	0.8 à 1.2
bronze	2 à 2.5

Tableau II.9 : quelque pression des matériaux

## II.11.4 Cas d une forme rectangulaire [9]

### II.11.4.1 Efforts d'emboutissage rectangulaire

Dans le cas d'un emboutissage rectangulaire, l'effort d'emboutissage se calcule comme suit :

$$F_{er} = e.R_r. (2K_a.\pi.r+K_b.L)$$

Avec :

$F_{er}$  : effort d'emboutissage rectangulaire en (N)

$$L = 2 (a + b).$$

$R_r$  : résistance de la tôle à la traction

a, b : distance entre les centres des rayons des angles d'emboutissage en mm,

r : rayon en angle (mm),

e : épaisseur de la tôle (mm)

Sachant que : •  $K_a = 0.5$  pour les emboutis peu profond.

$K_a = 2$  pour les emboutis dont  $h = 5$  à  $6r$ . •  $K_b = 0.2$

pour un jeu important et pas de serrage de flan.  $K_b = 0.3$  à  $0.5$  si écoulement facile et faible serrage flan.  $K_b = 1$  si fortes pressions de serre-flan.

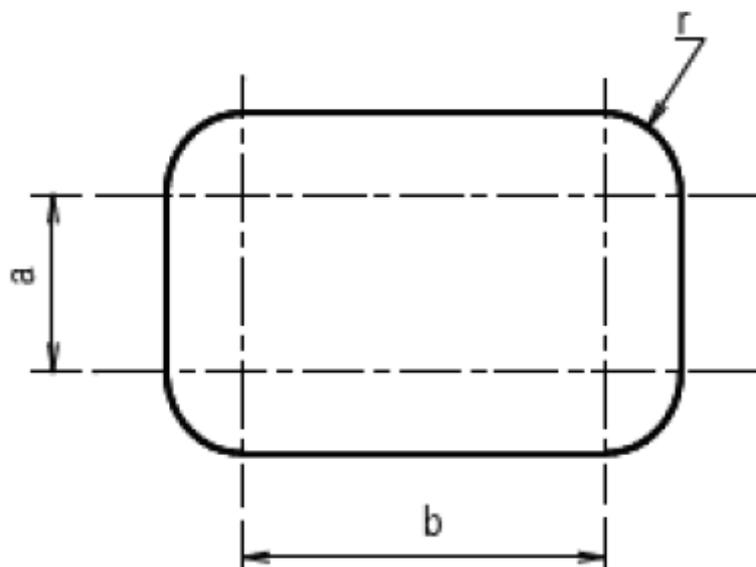


Figure II .33 : Distances a et b, dans le cas du rectangle

### II.11.5 Efforts de serrage rectangulaire [9]

$$F_s = P \times S$$

**F<sub>s</sub>** : effort de serrage.

**P** : pression spécifique sur le serre-flan.

**S** : surface de serre-flan

### II.11.6 Jeu entre le poinçon et la matrice [8]

Il est courant d'utiliser des tables donnant le jeu en fonction de l'épaisseur du flan et de la matrice, elles sont basées sur les formules suivantes :

Le jeu entre la matrice et le poinçon	Formule de calcul
Pour l'acier	$j = e + 0,07 * (10 * e)^{1/2}$
- Pour l'aluminium	$j = e + 0,02 * (10 * e)^{1/2}$
- Pour métaux non ferreux	$j = e + 0,04 * (10 * e)$

Tableau II.10 : les différents formules de calcul de jeu entre la matrice et le poinçon

Avec :

**J** : le jeu entre la matrice et le poinçon

**e** : l'épaisseur du flan

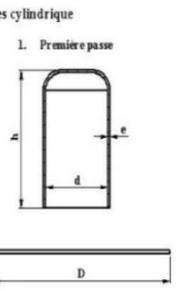
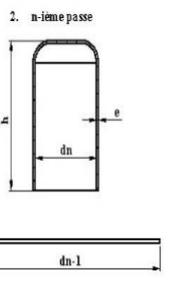
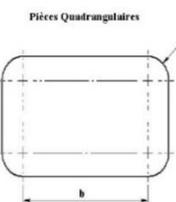
Opération	Effort (N)	Energie $e$ (J)	Observation														
			$d/D$	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8								
<p>Pièces cylindrique</p> <p>1. Première passe</p>  <p>2. n-ième passe</p> 	$F_e = K \cdot \pi \cdot d \cdot e \cdot R_p$ <p>Cet effort s'applique au 1/3 de la hauteur de l'emboutie à partir du fond</p> <p><math>R_p</math> : Résistance pratique à la traction de la tôle.</p>	$W_E = \frac{K_1 h F_E}{1000}$	<table border="1"> <tr> <td><math>k</math></td> <td>1</td> <td>0.86</td> <td>0.72</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td><math>K_1</math></td> <td>0.8</td> <td>0.77</td> <td>0.74</td> <td>0.7</td> <td>0.67</td> <td>0.64</td> </tr> </table> <p><b>NB</b> : si <math>k</math> et <math>K_1</math> ne se trouvent pas dans ce tableau, on les détermine par la méthode d'interpolation linéaire.</p>	$k$	1	0.86	0.72	0.6	0.5	0.4	$K_1$	0.8	0.77	0.74	0.7	0.67	0.64
	$k$		1	0.86	0.72	0.6	0.5	0.4									
$K_1$	0.8	0.77	0.74	0.7	0.67	0.64											
$F_{E,n} = 0.5 F_{E,n-1} + Q d_n \pi e R_p$ <p><math>R_p</math> : Résistance pratique à la traction de la tôle.</p>	<table border="1"> <tr> <td><math>\frac{d_n}{d_{n-1}}</math></td> <td>0.7</td> <td>0.75</td> <td>0.8</td> <td>0.85</td> </tr> <tr> <td><math>Q</math></td> <td>0.8</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> <td>0.35</td> </tr> </table>	$\frac{d_n}{d_{n-1}}$	0.7	0.75	0.8	0.85	$Q$	0.8	0.6	0.5	0.35						
$\frac{d_n}{d_{n-1}}$	0.7	0.75	0.8	0.85													
$Q$	0.8	0.6	0.5	0.35													
<p>Pièces ovales ou quadrangulaires à grands rayon de coins</p>	$F_E = K \cdot P \cdot e \cdot R_p$ <p><math>P</math> : périmètre</p> <p><math>R_p</math> : Résistance pratique à la traction de la tôle.</p>	$K = 1.13 \sqrt{\frac{s}{S}}$ <ul style="list-style-type: none"> <li><math>s</math> : section du poinçon.</li> <li><math>S</math> : section de flan.</li> </ul>															
<p>Pièces Quadrangulaires</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li><math>h</math> : hauteur</li> <li><math>L = 2(a + b)</math></li> </ul>	$F_e = e \cdot R_p (2 \cdot K_A \cdot \pi \cdot r + K_B L)$ <p>L'effort max s'applique au 1/3 de la hauteur de l'emboutis</p>	$W_E = \frac{0.7 h F_E}{1000}$ <p><math>K_A</math> : 0.5 pour emboutie peu profond et 2 pour emboutis <math>h = (5 \text{ à } 6r)</math></p> <p><math>K_B</math> : 0.2 jeu important et pas de serre flan ; 0.3 écoulement facile et faible ; 1 fortes pressions de serre flan.</p>															
<p>Pièces quelconque</p>	$F_E = P \cdot e \cdot R_p$ <p><math>P</math> : périmètre</p> <p><math>R_p</math> : Résistance pratique à la traction de la tôle.</p>	$W_E = \frac{h F_E}{1000}$															

Tableau II.11 : calcul des efforts et énergies nécessaire pour une opération d'emboutissage

## II.12 Les avantages et les inconvénients de l'emboutissage [16]

### II.12.1 Les avantages de l'emboutissage :

- Pièces minces de formes géométriques complexes.
- Bon état de surface.
- Très bonne qualité esthétique et travaux de finition de polissage moins lourds et moins coûteux.
- Bas prix de revient et cadences de production très élevées.

### II.12.2 Les inconvénients de l'emboutissage :

- Les zones d'étirement subissent un amincissement important et les zones de retrait subissent une combinaison d'effets d'épaississement et de plissement.
- Les phénomènes du retour élastique (après que le poinçon se retire) conduisent à un retrait de la matière. Il est alors nécessaire de recourir à certaines techniques pour corriger ces phénomènes de retour élastique : frappe du rayon, étirage et maintien prolongé du poinçon ou modification de la forme du poinçon.
- Le rayon d'entrée de la matrice doit être très arrondi et poli pour éviter toute déchirure du métal.
- Temps de préparation important.
- Mise au point des outils (poinçon, matrice) très coûteuse et nécessite un savoir-faire de l'entreprise.

## II.13 Le pliage

### II.13.1 Définition et principe de pliage [17]

Le pliage est une technique de mise en forme par déformation plastique qui permet d'obtenir, à partir d'un flan une pièce développable. il consiste à donner la forme désirée à des tôles planes dont l'épaisseur dépasse rarement 5mm sous l'action d'une force exercée sur la pièce en changeant la direction de ses fibres suivant un angle donnée Ci-dessous un poinçon applique une force  $F$  sur une tôle qui va s'enfoncer dans une matrice appelé  $Vé$

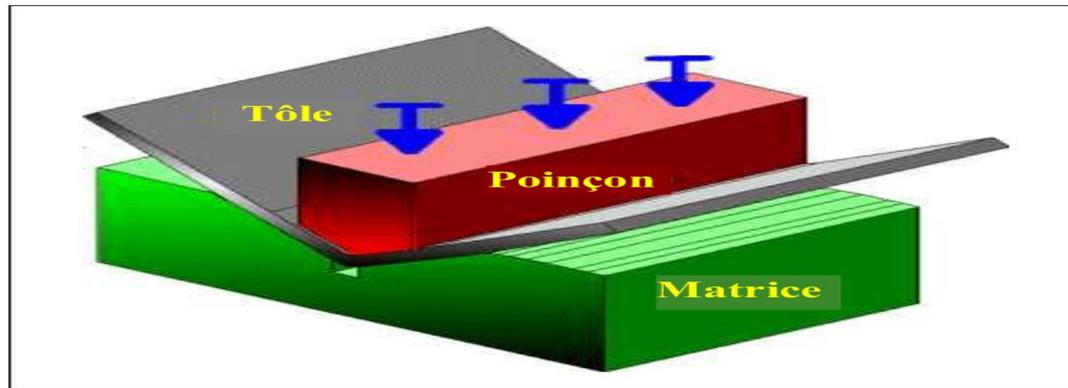


Figure II.34 : Procédés de pliage

### II.13.2 Outils utilisés en pliage

Les outils de pliage sont en acier traité et se répartissent en deux catégories :

- Outils simples : ont des formes très diverses, sont les plus utilisés dans la tôlerie, la métallurgie.
- outil combiné : ils peuvent effectuer plusieurs opérations simultanément (plusieurs virages poinçonnage, découpage, etc.). Ces outils sont très spécialisés et coûteux

## II.14 Les différentes techniques de pliage [11]

### II.14.1 Le pliage en V :

### II.14.2 Le pliage en l'air

Dans cette technique, la feuille est placée sur le bord de la forme en V, puis la forme en V inversé ou le poinçon est abaissé dans la forme en V, en appliquant la force nécessaire pour déformer la feuille à l'angle souhaité. Élastique, l'angle optimal est toujours en V, augmenté d'environ 2 à 3°. Tôle tant que la force appliquée est 5 fois inférieure à la force de flexion par impact Dans de nombreux cas, il est nécessaire de créer un angle plus net pour prévoir le retour du métal. En d'autres termes, tant que la force appliquée est d'un cinquième de celle de la flexion par impact, ce retour élastique de traitement de la tôle laissera l'angle optimal augmenté d'environ 2-3 ° pour l'angle V. [9]

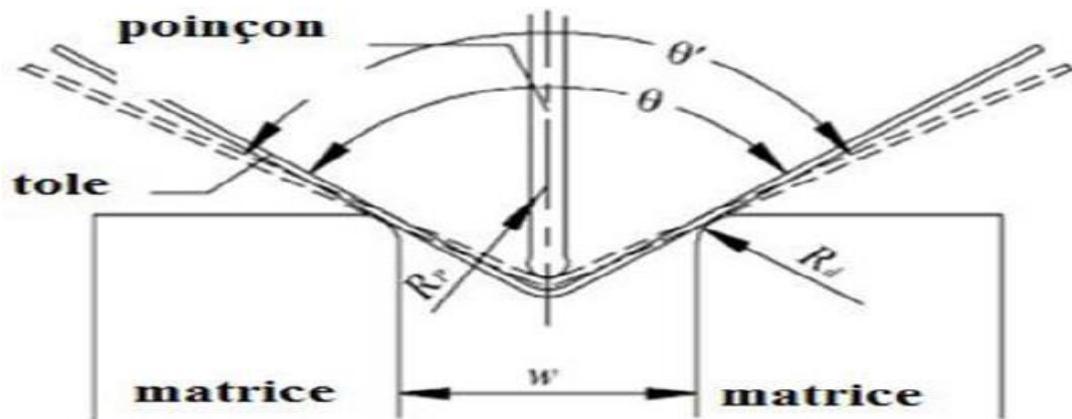


Figure II.35 : pliage en l'aire

### II.14.3 Le pliage en frappe

Le pliage en frappe, permet de poinçonner la tôle avec une force qui dépasse ses propriétés élastiques, éliminant ainsi efficacement l'effet de "recul" associé. Ce forgeage à froid effectué au fond du V crée un angle de flexion et qui nécessite un effort très important. C'est-à-dire que le processus commence par une flexion dans l'air avant qu'une pénétration supplémentaire ne soit appliquée de sorte que la tôle soit placée sur la surface de la matrice. Cette technique, qui permet d'obtenir des angles très précis, qui vise principalement le pliage des tôles d'une épaisseur supérieure à 2 mm

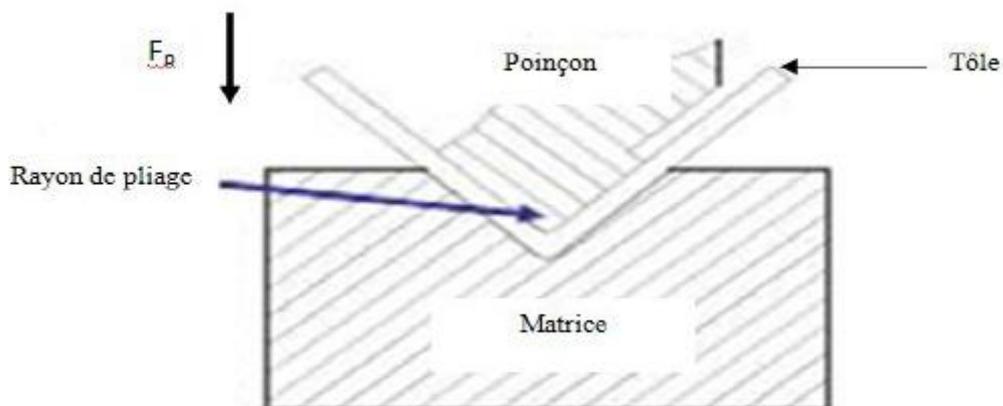


Figure II .36: Le pliage en frappe

### II.14.4 Le pliage en U

Ce type de pliage ressemble à celui de l'emboutissage il comprend un serre-flan mobile qui bloque la tôle sous le poinçon. De ce fait, il évite à la tôle de se glisser lors de mise en forme entre les deux blocs matrices.

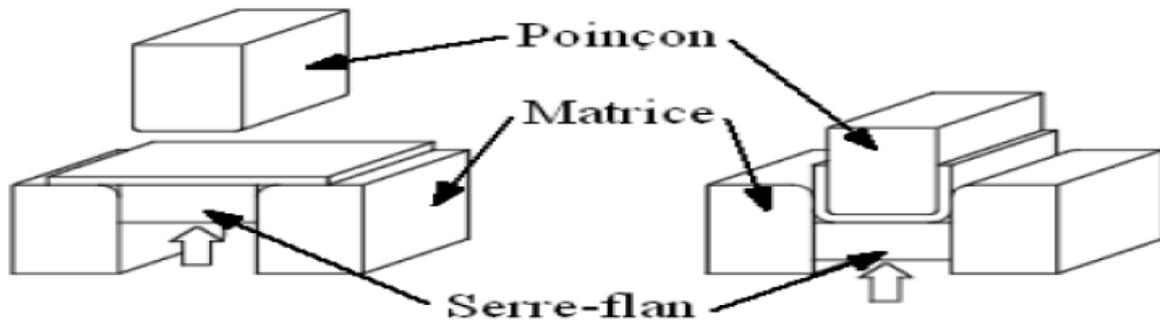


Figure 5 II .37: pliage en U

### II.14.5 Le pliage en L

Ce type de pliage consiste à faire le pliage en pliant un flan à 90° maintenu entre la matrice et le serre-flan.

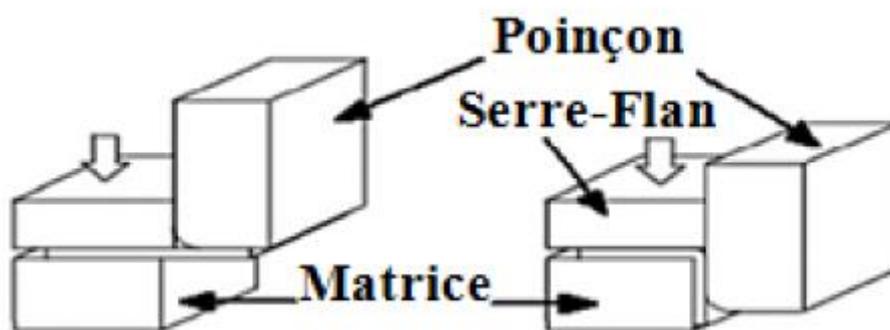


Figure 6 II .38 : pliage en L

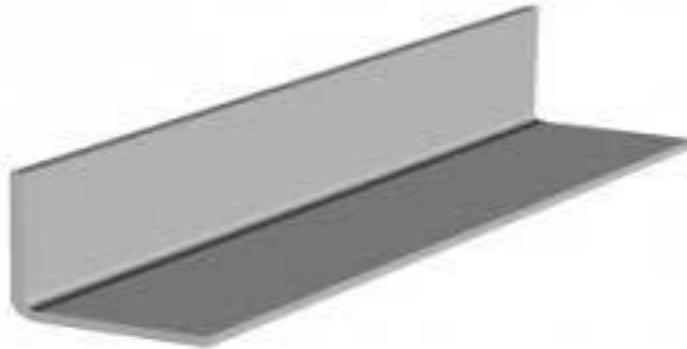


Figure 7 II .39: pièce en inox obtenu on pliage en L

#### II.14.6 Effort de pliage

On pratique L'effort qu'on doit mettre en jeu lors de l'opération de pliage est donné par la relation suivante :

$$F = (L \cdot e \cdot Rc) / 10$$

Tels que :

L : longueur de la tôle a plié en (mm).

e : épaisseur de la tôle en (mm).

F : l'effort de pliage.

Rc : résistance au cisaillement de la tôle en (daN/mm<sup>2</sup>)

## II.15. Conclusion

Les techniques de mise en forme des matériaux : découpage, poinçonnage et pliage ont été conçues pour donner à un matériau une forme spécifique tout en imposant une certaine microstructure pour obtenir des objets aux propriétés souhaitées. C'est un travail où certains paramètres expérimentaux doivent être parfaitement maîtrisés, tels que : la composition du matériau et ses différentes propriétés mécaniques. Le procédé traditionnel réalisé sur presse est une opération importante dans le formage de la tôle. Seul ou avec des opérations de formage telles que l'emboutissage et le pliage, il affecte fortement la qualité des pièces fabriquées. L'emboutissage est largement utilisé dans l'industrie automobile et l'équipement ménager. Ce chapitre nous donne un aperçu des différents procédés de mise en forme des pièces mécaniques effectuées sur la presse.

# CHAPITRE III : Généralités sur les presses et leurs outils

### III.1 Généralités sur les presses

### III.2 Définitions des presses

La presse est une machine qui permet de changer la forme d'une pièce à partir d'une Tôle, en appliquant une pression. Elle est composée de deux parties qui peuvent se rapprocher pour comprimer ce qui est placé entre eux, elle a deux parties l'une est fixe c'est le bâti, et l'autre qui est mobile appelée le coulisseau. La première elle porte le poinçon, et l'autre c'est la matrice Ainsi d'autres différents organes mécaniques permettant la déformation des tôles afin d'obtenir la pièce voulue. [6]

### III.3 Les composants de la presse [18]

Les parties constituant la presse sont représentées sur le schéma bloc de la presse.

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| a) La presse.                        | l) Installation électrique                          |
| b) Coulisseau.                       | m) Fausse table d'appui outil amovible.             |
| c) Ejection supérieure.              | n) Cylindre d'équilibrage du coulisseau.            |
| d) Réducteur simple                  | o) Installation de graissage automatique temporisée |
| e) Groupe embrayage frein.           | p) Moteur à vitesse variable.                       |
| f) Groupe Arbre excentrique.         | q) Réglage du coulisseau.                           |
| g) Groupe joint bielle / coulisseau. | r) Dispositif de sécurité hydraulique               |
| h) Chargement de course manuel.      | s) Ecran de protection SICK.                        |
| i) Installation pneumatique..        |   |

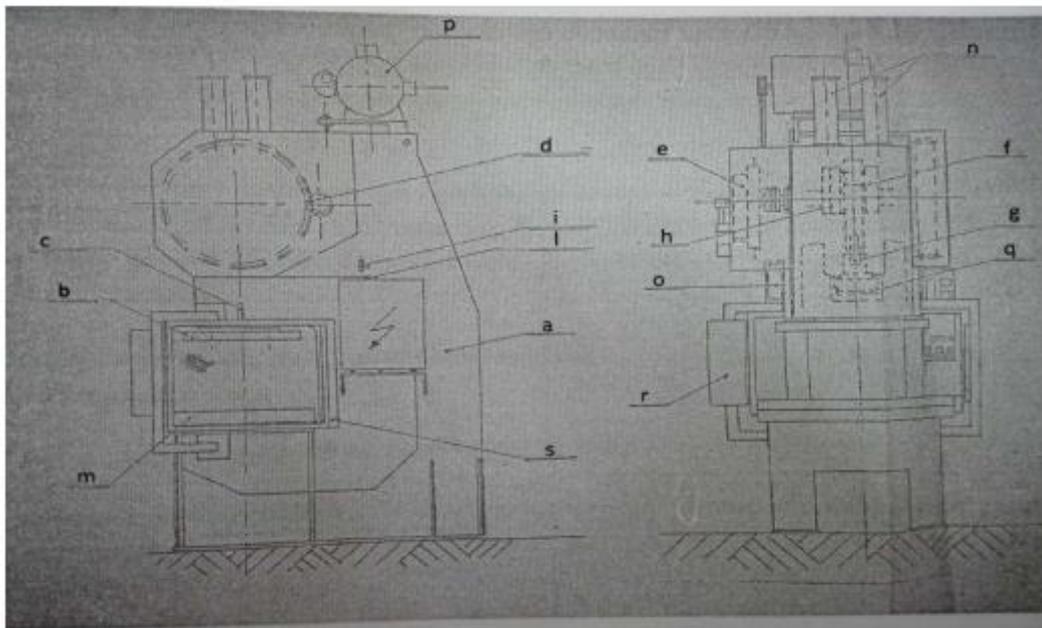


Figure III.40 : Vue de face et vue de droite de la presse

**III.4 La classification des presses**

La classification des presses se fait en fonction de plusieurs particularités :

- Leur mode de transmission d'énergie : hydraulique, mécanique,
- le nombre de coulisseaux.
- la forme du bâti.

**III.5 Caractéristiques d'une presse [1]**

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 :

- 1-Sa capacité (tonnes).
- 2-La course de son coulisseau (mm).
- 3-La cadence (nombre de coupe/minute).
- 4-La dimension du coulisseau (mm<sup>2</sup>).
- 5-La hauteur de l'outil fermé (mm).

**III.6 Exigence de choix d'une presse [19]**

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.

**III.7.1 Selon le mode de transmission d'énergie :****III.7 Types de presses**

Selon cette particularité on distingue trois types de presses : les presses mécaniques, hydrauliques et les presses à vis.

**III.7.2 Les presses mécaniques [20]**

Les presses mécaniques sont composées d'un moteur électrique entraînant un volant d'inertie. C'est à dire une masse en rotation servant à accumuler de l'énergie cinétique. Un système de bielle-manivelle (ou vilebrequin et excentrique) transforme le mouvement de rotation du volant en un mouvement de translation alternatif du coulisseau. L'avantage de ce système est la rotation continue du volant, ainsi la majorité des masses en mouvement ne sont

pas arrêtées d'un cycle à l'autre. Un système d'embrayage permet d'accoupler le volant au coulisseau lorsque le mouvement est demandé par l'utilisateur. Ceci permet à ce type de presse d'atteindre des cadences élevées dépassant les 1500 coups par minute, lorsque le coulisseau est accouplé au volant sans interruptions. Dans ce cas, le mode d'utilisation est dit « à la volée ». La presse mécanique est la plus adaptée au procédé de découpe automatisée. Le reste de l'étude lui sera consacré



Figure III.41 : Presse Mécanique

### III.7.3 Mode de transmission du mouvement d'une presse [9]

Ils permettent de transformer le mouvement circulaire uniforme du moteur en un mouvement rectiligne alternatif du coulisseau, parmi lesquels nous citons :

#### III.7.3.1 Système bielle-manivelle [14]

Le pied de bielle attaque le coulisseau sur une articulation à rotule pour les petites presses ou sur un axe soit directement, soit par l'intermédiaire d'un cylindre glissant dans un fourreau fixé au bâti pour diminuer les réactions sur les glissières du coulisseau comme il est schématisé dans la (figure III.42). La bielle relie le vilebrequin au coulisseau, sa longueur est réglable pour permettre d'obtenir, entre la table de la presse et le coulisseau en bas de course, la hauteur correspondant à celle, de l'outil à monter.

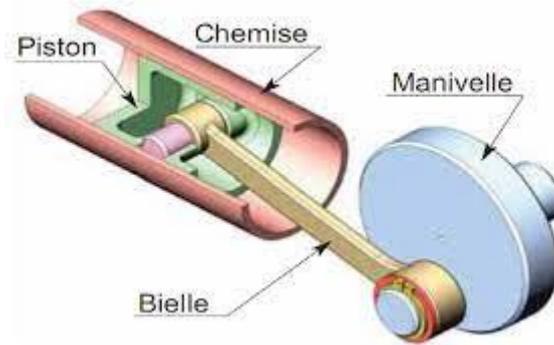


Figure III.42 : système bielle manivelle

### III.7.3.1 Système excentrique 7

Il s'agit d'un mécanisme donnant au coulisseau un mouvement rectiligne, en se rapprochant, et, s'éloignant de l'axe de rotation de l'arbre. Ce système transforme un mouvement de rotation, en un mouvement de translation oscillatoire.



Figure III.43 : Exemple du Système Excentrique dans une Presse

## III.8 Principe de Fonctionnement de la presse mécanique [3]

La presse mécanique est alimentée par un moteur électrique qui tourne un grand volant d'inertie, ce dernier stocke l'énergie cinétique qui est ensuite transmise au coulisseau par un système précis en un mouvement de translation.

## III.9 Les types de la presse mécanique [21]

Les presses mécaniques sont divisées à leur tour en deux catégories : Les presses à vis et les presses excentriques.

### III.9.1 Les presses à vis

Sont principalement utilisées pour l'extrusion de tôles et les opérations de forgeage à chaud. Les presses à vis sont équipées d'un coulisseau porte-outil, déplacé par une vis qui s'insère dans l'écrou fixe du cadre. La course est obtenue en tournant la vis alternativement dans un sens ou dans l'autre.



Figure 8 III.44 : presse à vis

### III.10 Les presses hydrauliques [20]

Sont composées d'un vérin alimenté par un fluide mis sous pression par une pompe. Les efforts s'étendent de quelques KN à 700 MN. L'énergie est apportée en continue par un moteur électrique. Elle n'a pas de limite énergétique, ce qui en fait une presse adaptée aux procédés tels que le filage, l'emboutissage, le forgeage libre. Sa cadence étant faible, et sa taille imposante, elle est peu adaptée à la découpe des métaux. Elle est toutefois utilisée dans les forges pour l'ébavure à chaud des pièces estampé. Il existe deux types de presse hydraulique : Presses à eau ; Presses à l'huile.



Figure III.45 : Presse Hydraulique

### III.10.1 Principe de fonctionnement [3]

Le fonctionnement de la presse hydraulique se repose sur le principe de Pascal qui dit : « dans un liquide en équilibre de masse volumique uniforme, la pression est la même en tout point du liquide et cela aussi longtemps que ces points sont à la même profondeur ».

La presse hydraulique est alimentée par une pompe hydraulique à un vérin qui entraîne la glissière. Suivant sa conception et ses applications. Actuellement, elle est commandée automatiquement grâce aux nouvelles technologies et aux développements de l'électronique.

Elle est particulièrement adaptée pour l'emboutissage profond

Le cycle d'une opération peut alors se décomposer de la façon suivante :

- Avance rapide jusqu'au contact avec la tôle ;
- Arrêt du coulisseau ;
- Emboutissage à une vitesse constante et aussi faible qu'on le désire ;
- Retour rapide.

### III.10.2 Mécanisme de commande : [3]

Parmi les mécanismes de commande employés dans les circuits hydraulique nous citons :

- **Pompe** : elle permet d'obtenir une pression adéquate avec un débit variable.
- **Piston** : un ou plusieurs pistons supportent le coulisseau.
- **Cerveau moteur** : il s'agit d'un amplificateur mécanique destiné à produire un effet supplémentaire il s'adapte indifféremment sur les presses mécaniques et se situe sous la table de la presse.

## III.11 Classification des presses

### Selon la forme du bâti

#### II.11.1 Presses à colonnes [2]

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.



Figure III.46 : Presses à colonne

#### III.11.1.1 Presses à col de cygne [22]

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.



Figure III.47 : Presse à col de cygne

#### III.11.2 Presse à arcade.

Ces machines présentent une rigidité maximale parce qu'elles ont un bâti mono-bloc coulé ou parfois soudé ce qui lui permet de supporter des efforts beaucoup plus importants, tout en assurant une plus grande précision dans le guidage des outils. Elles peuvent être simple ou à double effets. Elles peuvent travailler avec des capacités supérieures ou inférieures à 1000 KN pour l'emboutissage, la découpe rapide ( $\geq 400$  coups/min). Néanmoins, il devient courant de rencontrer des presses, avec un bâti monobloc capable de développer plus de 10000 KN.



Figure III.48 : Presse à arcade.

### III.11.3 Selon le nombre de coulisseaux :

#### III.12 Le coulisseau [18]

Réalisé en fonte d'acier (1000×700mm), le coulisseau glisse sur un système de glissière antiripage avec possibilité de réglage frontal et latéral. Toutes les parties de glissement sont grattées à main et couplées avec des jeux inférieurs à 0,05 mm selon les dimensions



Figure 9 III.49 : le coulisseau

#### III.12.1 Presses simple effet [9]

Elles ne comportent qu'un seul coulisseau actionné, suivant sa taille, par 1, 2 ou 4 bielles et elles couvrent toute la gamme des efforts de 10 à 30 000 KN. Elles sont spécifiquement destinées aux opérations de reprise mettant en œuvre l'emboutissage ou le pliage, et pour cette raison sont équipées d'un coussin inférieur destiné à assurer l'effet de serre-flan. D'une façon générale, ces machines n'acceptent qu'un seul outil ou, au maximum, deux. L'exécution d'une pièce en plusieurs passes nécessite l'utilisation de plusieurs presses.



Figure III.50 : Presses simple effet

### III.12.2 Presses double effet :

Ces presses comportent deux coulisseaux, un coulisseau serre-flan guidé par le bâti en arcade et guidant le coulisseau plongeur qui supporte le poinçon. Le coulisseau serre-flan doit entrer en contact le premier avec la tôle pour assurer le serrage avant que le poinçon ne commence sa phase de travail. Il doit rester immobile pendant toute la durée de travail du plongeur. Les deux coulisseaux sont en prise sur le même arbre moteur et cela conduit à deux cinématiques différentes pour le coulisseau serre-flan et pour le plongeur. La commande du coulisseau plongeur est identique à celle des presses simple effet, la commande du serre-flan est différente car, du fait que l'on se trouve dans l'impossibilité d'obtenir l'arrêt complet du serre-flan dans de bonnes conditions, on réalise une immobilisation approchée en utilisant une combinaison de genouillères...etc.



Figure III.51 : Presses double effet

**III.13 Sécurité sur les presses [19]**

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

- Alimentation automatique : le dispositif d'alimentation automatique est indispensable lorsqu'il s'agit de satisfaire aux impératifs de sécurité et de la productivité.
- Protection par appareil à bracelets : protection efficace pour les mains dans la mesure où aucun risque d'accrochage n'est possible.
- Protection optique : la machine s'arrête automatiquement si la main de l'opérateur traverse les rayons lumineux.

**III.14 Montage des outils sur les presses****III.14.1 Petites presses****III.14.2 Partie inférieure de l'outil**

Dans la presse, le plateau présente des trous taraudés ou filetés à l'intérieur, cela est dans le but de la fixation de la semelle inférieure, et on distingue deux manières de fixation de la semelle

1. Fixation par bridage.
2. Fixation par vis.

**III.14.2.1 Partie supérieure de l'outil**

Pour la partie supérieure de l'outil, elle se fixe avec un nez, qui sera monté dans le trou lisse du coulisseau, le nez sera serré par un chapeau puis bloqué avec des vis de pression, et pour des outils longs, ces derniers peuvent être fixés par les trous de coulisseau.

**III.14.3 Grosses presse**

Dans les grosses presses les semelles et les plateaux ont des rainures sous forme d'un T, les semelles seront fixées, soit par des boulons ou par des brides.

# **Chapitre IV. : Etude Et Conception De L'outil.**

## IV.1 Introduction

De nos jours le domaine de l'industrie s'améliore de plus en plus surtout à ces critères qui sont mis en place par l'entreprise dans le but de réaliser des pièces en série et satisfaire ces besoins internes et externes. Parmi ces critères on cite : optimisation des déchets et la réduction des coûts de production. Dans ce chapitre on a procédé à faire des différents calculs pour toutes les opérations que l'on va réaliser et cela nous ramène au bon choix de la machine qui convient.

## IV.2 Cahier de charge [23]

Dans notre travail on a procédé à la conception d'un outil de poinçonnage & détournage pour la production ou bien la réalisation d'un bandeau bombé en inox d'une cuisinière ENIEM dont les caractéristiques géométriques sont mentionnées sur le tableau IV.12

Les aciers utilisés pour ce genre de fabrication sont utilisés pour la fabrication des pièces par déformation à froid.

La tôle utilisée doit être conforme à la norme suivante : EN 10088-2-2014 1.4307

## IV.3 Etudes Et Calculs

- Analyse d'outillage
- Etude de résistance des matériaux (poinçon)
- Travail sur poste informatisé avec CAO logiciel SolidWorks
- Diagramme de remontage

## IV.4 Analyse d'outillage

Etude des phases de réalisation de la pièce «bandeau bombé en inox des cuisinières ENIEM». En basant sur les documents du dossier technique et du modèle numérique, la mise en bande sera comme suite :

- Repérage des éléments d'outillage qui permettent l'obtention des opérations ;
- les zones découpées pour le pilotage de la bande ;
- définir les contours poinçonnés et découpés par les éléments d'outillage

## IV.5 Présentation de la pièce

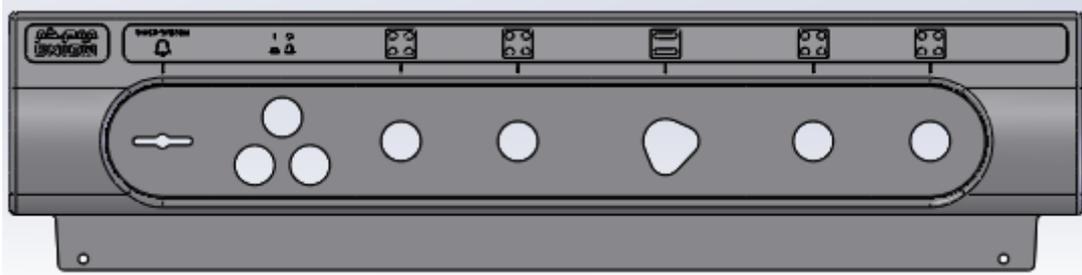


Figure IV.52 : La forme de la pièce à réaliser

La photo ci-dessus représente le bandeau bombé en acier inoxydable pliée d'une cuisinière ENIEM, qui est conçu pour installer des minuteriers, les boutons d'allumage (tourne bronche, allumage intégrer, lampe) et les robinets de gaz (table de travail, four, grilloirs), voir figure .les dimension cette pièce après avoir elle soumise à des déférentes procédures (emboutissage et pliage, poinçonnage) sont une longueur de 583mm et une largeur de 124 mm après, et 0.6 mm d'épaisseur.

## IV.6 Le processus de fabrication du bandeau bombé en inox [23]

La réalisation de ce bandeau bombe passe par 6 étapes enchaîné l'un a l'autre le schéma ci-dessous montre l'enchaînement de ces étapes :

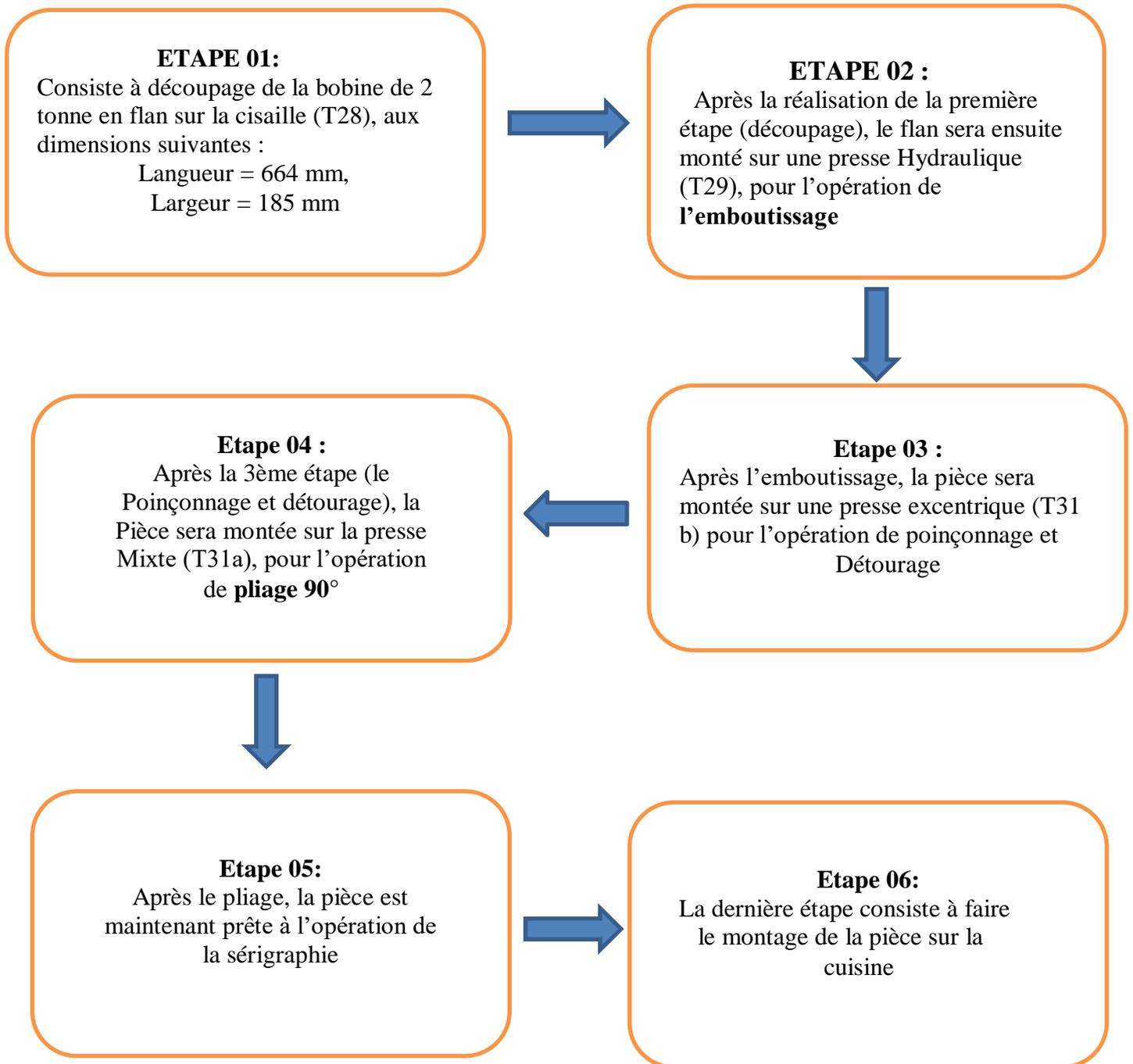


Figure 10 IV.53 : le processus de fabrication de bandeau

### IV.7 Conclusion

A la fin en passe au contrôle de la pièce, par rapport à la conformité géométrique et dimensionnelle selon le dessin de définition donné.

### IV.8 Montage de la pièce sur le produit

La figure ci-dessous nous montre l'emplacement de la pièce par rapport à la cuisinière



Figure IV.54 : emplacement de la pièce

#### IV.8.1 Fiche technique de la tôle

Les informations ci-dessous en été fournis par l'ENIEM dans leur fiche technique

#### IV.8.1 Désignation de la tôle

Tôle en acier inoxydable brillant (X5CrNi 18-10)

Selon la Norme EN 10088-2 nous donne

#### IV.8.2 Nature du matériau

**X** : symbole acier fortement allié

**5%** : pourcentage de carbone

**Cr** : chrome élément d'alliage (d'addition) par teneur décroissante

**Ni** : nickel élément d'alliage (d'addition) par teneur décroissante

**18** : pourcentage réel de la teneur ; chrome

10: pourcentage réel de la teneur ; nickel

#### IV. 8.2.1 Dimension nominales selon la norme EN 10131 [23]

code	Epaisseur (mm)	Largeur (mm)
130098A	0.6	950

Tableau IV.12 : dimension normalisé selon la norme EN10131

#### IV.8.2.2 Aspect de surface [23]

- la qualité de surface est : 2B /SAT.
- La surface tôle en INOX est protégée par un film vinylique (PS /PVC)

### IV.8.3 Caractéristiques du matériau

#### IV.8.3.1 Caractéristiques mécaniques

Nuances	Limite d'élasticité	Résistance à la traction en Mpa	Allongement après rupture A80%
X5CrNi18-10	230	540-750	45

Tableau IV.13 : caractéristique mécanique du matériau

#### IV.8.3.2 Caractéristiques chimique [23]

C (%)	SI (%)	Mn (%)	Ni (%)	Cr (%)	N (%)	S (%)	P (%)
≤0.07	≤1	≤2	8-10	17.5-19.5	≤0.11	0.015	≤0.045

Tableau IV. 14 : caractéristique chimique du matériau

## IV.9 Partie conception

### IV.9.1 Calcul des efforts [7]

La pièce à réaliser c'est un bandeau bombé en inox qui passe par deux procédés simultanés : poinçonnage et détourage, ainsi leurs différents efforts appliqués pour obtenir la forme finale sont :

**Poinçonnage** La figure ci-dessous représente les différentes formes à poinçonner numérotés de 01 à 11 :

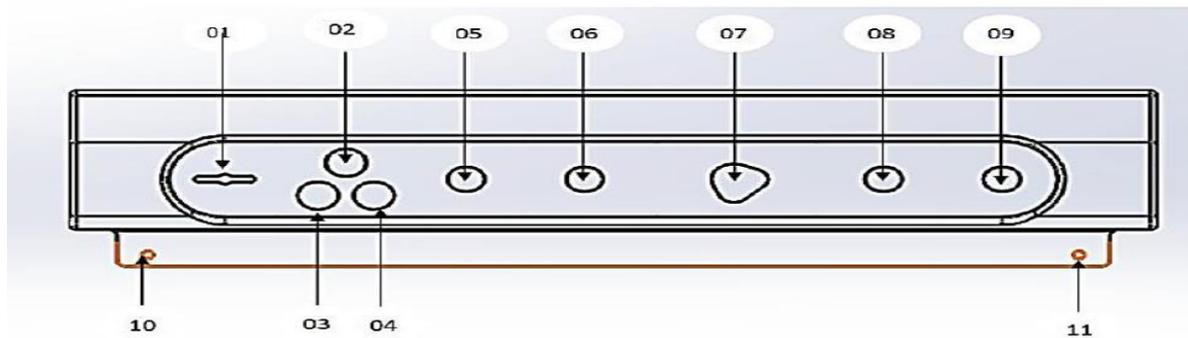


Figure IV.55 : représentation de différentes formes à poinçonner sur le bandeau

Effort de poinçonnage	Numéro de la forme
FP01	1
Fp02	2
Fp03	3
FP04	4
FP05	5
FP06	6
FP07	7
FP08	8
FP09	9
FP10	10
FP11	11

Tableau IV.11 : numérotation des efforts pour chaque forme de poinçonnage

Pour le calcul des efforts de poinçonnage on utilise la formule suivante :

$$F_p = P \times e \times R_c$$

Dans les chapitres précédents on a mentionnée que

$$R_c = 0,8 \times R_m \quad \text{pour les aciers inoxydable on a } R_m = 750 \text{ Mpa}$$

Alors

$$R_c = 0,8 \times R_m = 0,8 \times 750 = 600 \text{ N/mm}^2$$

$$R_c = 600 \text{ N} = 60 \text{ daN}$$

#### IV.9.2 Calcul de l'effort de poinçonnage pour chaque forme

#### IV.9.3 Calcul de l'effort poinçonnage forme 1

Pour les calculs des arcs on utilise la formule suivante :

$$\text{Arc} = \pi \times R \times \frac{\alpha}{180}$$

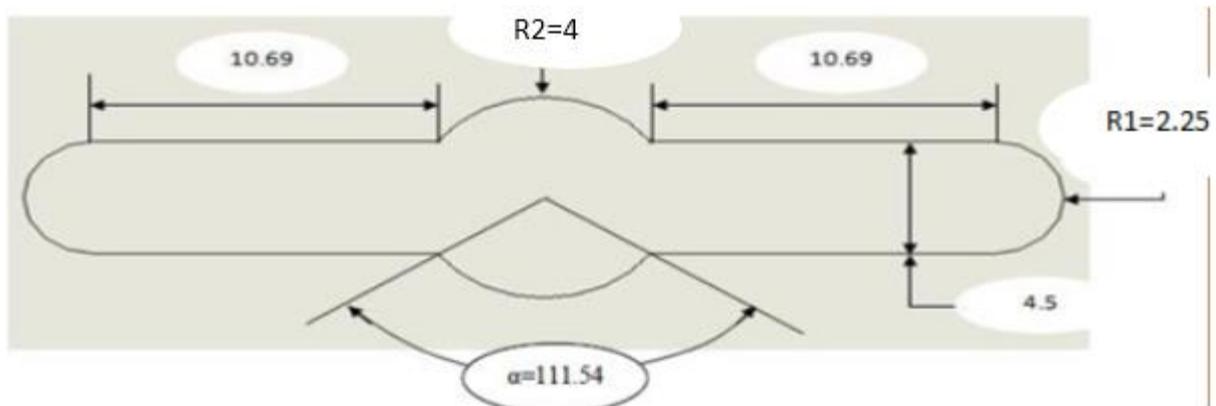


Figure IV. 56 : poinçonnage de forme 1

#### IV.9.4 Calcul de périmètre

$$P_1 = (10.69 \times 4) + \left[ \left( R_2 \times \pi \times \frac{\alpha}{180} \right) \times 2 \right] + \left[ \left( R_1 \times \pi \times \frac{\alpha}{180} \right) \times 2 \right]$$

$$P_1 = (10.69 \times 4) + \left[ \left( 4 \times 3,14 \times \frac{111,54}{180} \right) \times 2 \right] + \left[ \left( 2,25 \times 3,14 \times \frac{180}{180} \right) \times 2 \right]$$

$$P_1 = 42.76 + 15.56 + 14.13$$

$$P_1 = 72.45 \text{ mm}$$

#### IV.9.5 Calcul de l'effort de poinçonnage pour la forme 1

$$F_{p1} = P1 \times e \times R_c$$

$$F_{p1} = 72.45 \times 0,6 \times 60$$

$$F_{p1} = 2608.2 \text{ daN}$$

#### IV.9.6 Calcul de l'effort poinçonnage forme 2, 3 et 4

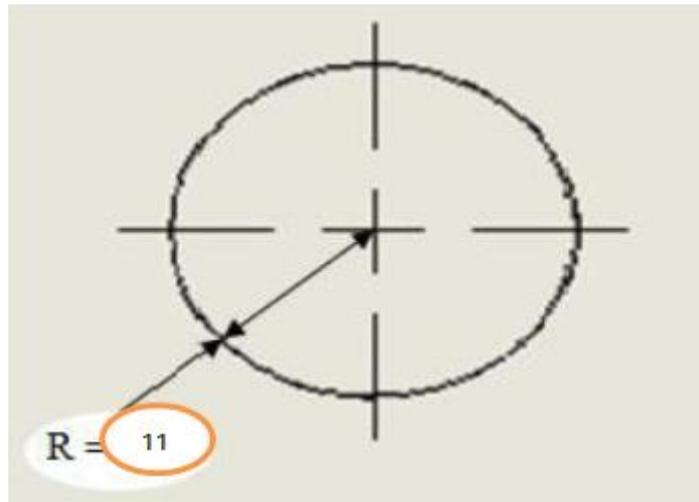


Figure IV.57 : poinçonnage de forme 2

##### IV.9.6.1 Calcul de périmètre

$$P2 = 2\pi \times R$$

$$P2 = 2 \times 3,14 \times 11$$

$$P2 = 69.08 \text{ mm}$$

##### IV.9.6.2 Calcul de l'effort de poinçonnage

$$F_{P2} = P2 \times e \times R_c$$

$$F_{P2} = 69.08 \times 0,6 \times 60$$

$$F_{P2} = 2486.88 \text{ daN}$$

Comme les trois sections des trous S2, S3 et S4 sont égaux,

$$D'où : F_{P2} = F_{P3} = F_{P4}$$

$$FP2 + FP3 + FP4 = 7460.64 \text{ daN}$$

#### IV.7 Calcul de l'effort de poinçonnage forme 5, 6, 8 et 9

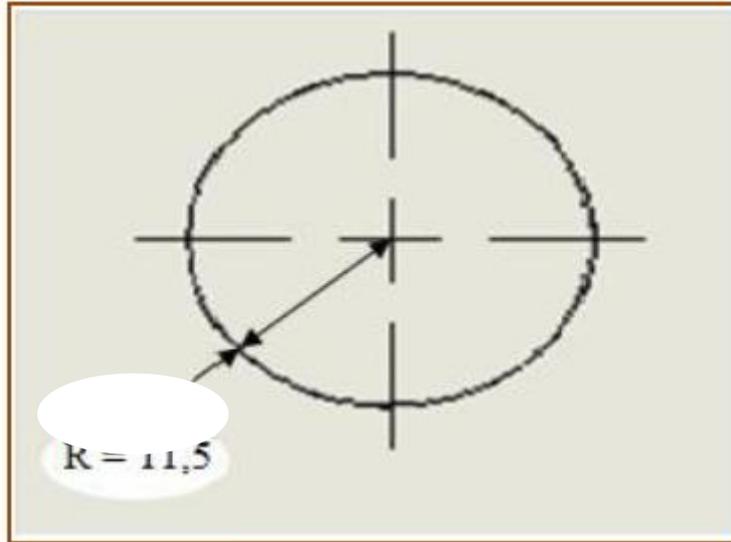


Figure IV.58 : poinçonnage de forme 5

##### IV.9.7.1 Calcul de périmètre

$$P5 = 2\pi \times R$$

$$P5 = 2 \times 3,14 \times 11.5$$

$$P5 = 72.22\text{mm}$$

##### IV.9.7.2 Calcul de l'effort de poinçonnage

$$FP5 = P5 \times e \times Rc$$

$$FP5 = 72.22 \times 0,6 \times 60$$

$$FP5 = 2599.92 \text{ daN}$$

Comme les sections des trous S5, S6, S8, S9 sont égaux,

D'où :  $FP5 = FP6 = FP8 = FP9$ .

$$FP5 + FP6 + FP8 + FP9 = 10399.68 \text{ daN}$$

## IV.9.8.1 Calcul de l'effort de poinçonnage forme 7

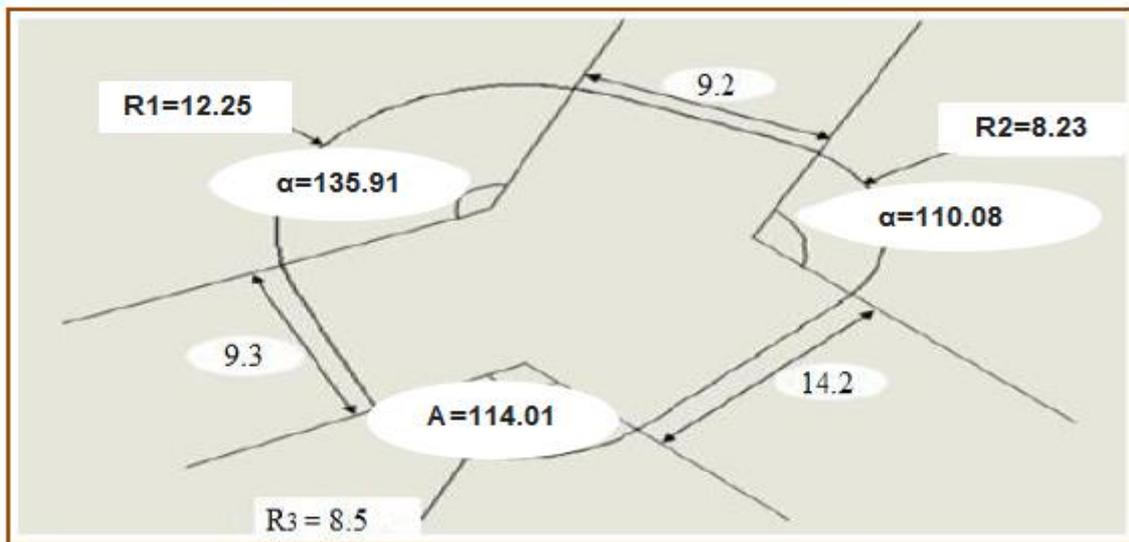


Figure IV .59: poinçonnage de forme 7

## IV.9.8.1 Calcul de périmètre

$$P7 = (9,20 + 14,20 + 9,30) + (R1 \times \pi \times \frac{\alpha1}{180}) + (R2 \times \pi \times \frac{\alpha2}{180}) + (R3 \times \pi \times \frac{\alpha3}{180})$$

$$P7 = (9,20 + 14,20 + 9,30) + (12,25 \times \pi \times \frac{135,91}{180}) + (8,23 \times \pi \times \frac{110,08}{180}) + (8,5 \times \pi \times \frac{114,01}{180})$$

$$P7 = 32,71 + 29,04 + 15,80 + 16,90$$

$$P7 = 94,45 \text{ mm}$$

## IV.9.8.2 Calcul de l'effort de poinçonnage

$$FP7 = P7 \times e \times Rc$$

$$FP7 = 94,45 \times 0,6 \times 60$$

$$FP7 = 3400,2 \text{ daN}$$

## IV.10 Calcul de l'effort de poinçonnage forme 10 et 11

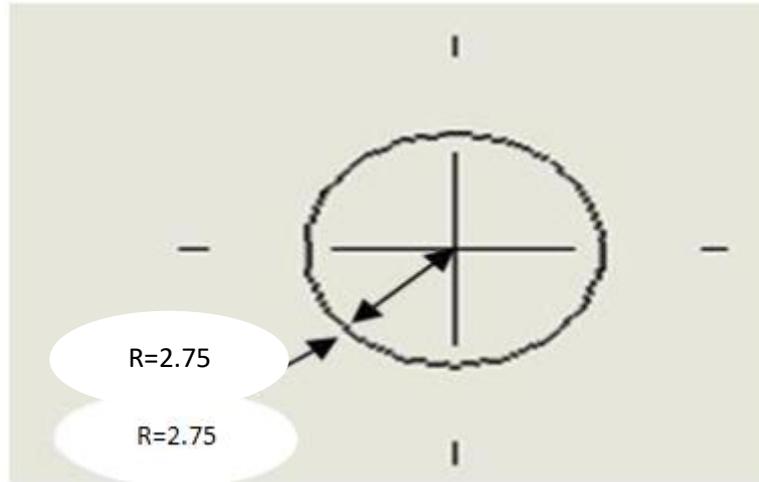


Figure IV.60 : poinçonnage de forme 10

## IV.10.1 Calcul de périmètre

$$P_{10} = 2\pi \times R$$

$$P_{10} = 2 \times 3,14 \times 2,75$$

$$P_{10} = 17,27 \text{ mm}$$

## IV.10.2 Calcul de l'effort de poinçonnage

$$F_{P10} = P_{10} \times e \times R_c$$

$$F_{P10} = 17,27 \times 0,6 \times 60$$

$$F_{P10} = 621,72 \text{ daN}$$

Comme les sections S<sub>10</sub> et S<sub>11</sub> sont égaux,

$$D'où : F_{P10} = F_{P11}$$

$$F_{P10} + F_{P11} = 1243,44 \text{ daN}$$

## IV .10.3 L'effort total de poinçonnage

$$F_{pTotal} = F_{p1} + (F_{p2} + F_{p3} + F_{p4}) + (F_{p5} + F_{p6} + F_{p8} + F_{p9}) + F_{p7} + (F_{p10} + F_{p11})$$

$$F_{pTotal} = 2608,2 + 7460,64 + 10399,68 + 3400,2 + 1243,44$$

$$F_{pTotal} = 25112 \text{ daN}$$

IV.11 Calcul de Détourage :

Le périmètre de détourage nommé de A à p

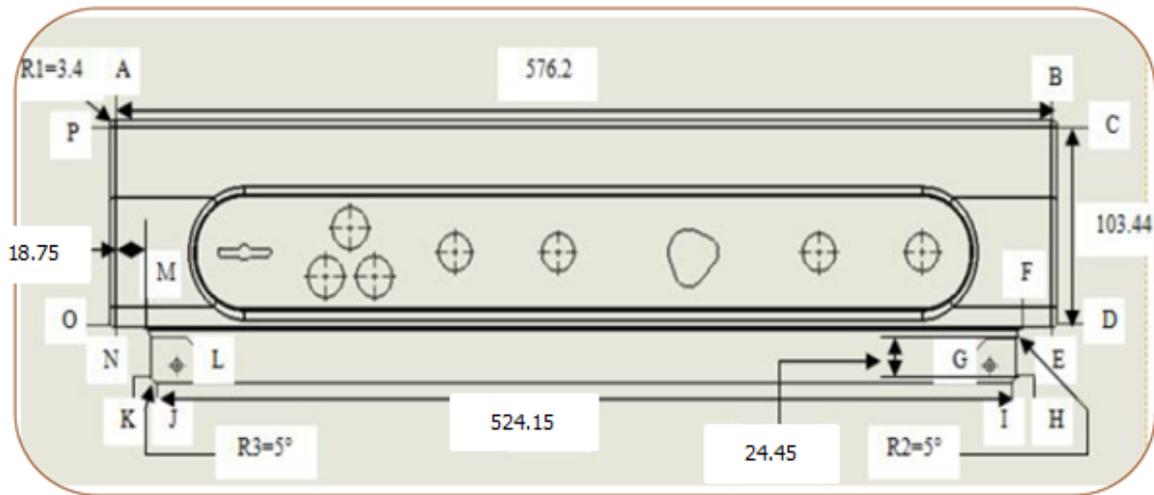


Figure 11 IV.61 : dimension du contour a détournée

IV.11.1 Calcul de l'effort de détourage

Dans cette partie de calcul on est d'utilisé le principe de cisailage pour diminuer F, pour faire ce calcul on utilise la formule suivante :

$$F = \frac{Rc \times e^2}{2 \times \tan \alpha}$$

Avec

**F** : effort de cisailage (en daN)

**e** : l'épaisseur de la tôle

**Rc** : Résistance pratique au cisaillement en daN/mm<sup>2</sup>)

**α** : Angle d'attaque ou angle de coupe (en°)

**A. Calcul de périmètre**

**A.1 Calcul des arcs**

$$Arc_{Total} = Arc_{BC} + Arc_{DE} + Arc_{NO} + Arc_{PA} + Arc_{FG} + Arc_{LM} + Arc_{HI} + Arc_{JK}$$

$$Arc_{BC} = \pi \times R1 \times \frac{\alpha}{180}$$

$$Arc_{BC} = 3.14 \times 3.40 \times \frac{90}{180}$$

$$\text{ArcBC} = 5.33 \text{ mm}$$

Alors

$$\text{ArcBC} = \text{ArcDE} = \text{ArcNO} = \text{ArcPA} = 5,33 \text{ mm}$$

$$\text{ArcFG} = \pi \times R_2 \times \frac{\alpha}{180}$$

$$\text{ArcFG} = 3.14 \times 3 \times \frac{90}{180}$$

$$\text{ArcFG} = 4.71 \text{ mm}$$

Donc On a:

$$\text{ArcFG} = \text{ArcLM} = \text{ArcHI} = \text{ArcJK} = 4.71 \text{ mm}$$

$$\text{ArcTotal} = (5.33 \times 4) + (4.71 \times 4)$$

$$\text{ArcTotal} = 40.16 \text{ mm}$$

## A.2 Calcul des arêtes

$$\text{LTotal} = \text{LAB} + \text{LCD} + \text{LEF} + \text{LGH} + \text{LIJ} + \text{LKL} + \text{LMN} + \text{LOP}$$

$$\text{LTotal} = 576,2 + 103,44 + 18.75 + 24.45 + 524.15 + 24.45 + 18.75 + 103,44$$

$$\text{LTotal} = 1393.63 \text{ mm}$$

$$\text{P} = \text{ArcTotal} + \text{LTotal}$$

$$\text{P} = 40.16 + 1393.63$$

$$\text{P} = 1433,79 \text{ mm}$$

## A.3 Calcul de l'effort de détournage sans angle d'attaque $\alpha$

$$\text{Fd} = \text{P} \times e \times R_c$$

$$\text{Fd} = 1433.79 \times 0.6 \times 60$$

$$\text{Fd} = 51616.44 \text{ daN}$$

**A.4 Calcul de l'effort de détournage avec angle d'attaque  $\alpha = 1^\circ$** 

$$F_d = \frac{R_c \times e^2}{2 \times \tan \alpha} = \frac{60 \times 0,6^2}{2 \times (\tan 1)} = 635.29 \text{ daN}$$

$$F_d = N_m \times F_d$$

Avec:

$N_m$ : Nombre de matrice

$$F_d = 8 \times 635.29$$

$$F_d = 5082.32 \text{ daN}$$

**A.5 L'effort total de découpage**

$$F_{d\acute{e}} = F_{p \text{ Total}} + F_d$$

**A.5.1 Sans l'ongle d'attaque**

$$F_{d\acute{e}} = F_{p \text{ Total}} + F_d = 25112.16 + 51616.44$$

$$F_{d\acute{e}} = 76728.6 \text{ daN}$$

**Avec angle  $\alpha$**

$$F_{d\acute{e}} = 25112.16 + 5082.32$$

$$F_{d\acute{e}} = 30194.48 \text{ daN}$$

**IV.12 Calcul de l'effort dévêtissage  $F_{d\acute{e}v}$  (extraction)**

C'est l'effort nécessaire pour séparer le poinçon de la tôle. Cet effort varie suivant l'épaisseur de la tôle. Pour un découpage en pleine tôle, l'effort d'extraction est égal à 7% de l'effort de découpe.

$$F_{d\acute{e}v} = F_{d\acute{e}} \times 7 \%$$

$$F_{d\acute{e}v} = 7 \% \times 30194.48$$

$$F_{d\acute{e}v} = 2113.61 \text{ daN}$$

### IV.12.1 Calcul de l'effort d'éjection

C'est l'effort nécessaire pour sortir la pièce découpée de la matrice

$$F_{éj} = F_{dé} \times 1,33 \%$$

$$= 30194.48 \times 0,0133$$

$$F_{éj} = 401.58 \text{ daN}$$

#### IV.12.1.1 Effort total

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

$$F_{\text{totale}} = F_{p \text{ Total}} + F_d + F_{dév} + F_{éj}$$

$$= 25112.16 + 5082.32 + 2113.61 + 401.58$$

$$F_{\text{totale}} = 32709.67 \text{ daN}$$

#### IV.12.1.2 Calcul de l'effort fournir par la presse

L'effort de découpage est égal à la somme des différents efforts. Son résultat permet de déterminer la presse adéquate.

$$F_{\text{Presse}} = F_{p \text{ Total}} + F_{dé} + F_{dév} + F_{éj}$$

$$= 25112.16 + 30194.48 + 2113.61 + 401.58$$

$$F_{\text{Presse}} = 57822 \text{ daN}$$

Il est donc nécessaire d'utiliser une presse développant au minimum 60 tonnes – forces soit 60000 daN.

### IV.13 Jeu de découpage

$$J = \frac{1}{15} \times e = \frac{1}{15} \times 0.6 = 0.04 \text{ mm}$$

#### IV.13.1 Choix des ressorts :

La raideur du ressort doit assurer le dévêtissage qui consiste à plaquer la bonde contre la matrice pour éviter la remontée de la bonde lors du retour des poinçons. Pour une taille de ressort de soutien  $F_{\text{ressorts}}$  il est important de consulter des abaques. Ces tableaux classent

les ressorts par couleur, Le type de charge correspondant, comme indiqué dans la figure ci-dessous



FigureIV.62 : différents ressorts (représentés suivant ISO10243).

#### IV.14 Calcul de l'effort assuré par un seul ressort :

$$F_{\text{ressort}} = \frac{F_{\text{dév}}}{N} \dots \dots \dots$$

Avec :

F ressort : la force d'un seul ressort en N.

F dév : la force d'extraction des poinçons en N.

N : nombre de ressorts.

Vu que l'effort total de la découpe est important (60 tonnes) et que la taille de l'outil est assez importante, pour des raisons d'équilibre on utilise 12 ressorts (N=12).

AN:

$$F_{\text{ressort}} = \frac{21136.1}{12}$$

$$F_{\text{ressort}} = 1761.33\text{N} \\ = 176.133\text{daN}$$

**IV.15 Conclusion**

D'après le résultat obtenu, le ressort qui satisfait les conditions de travail est le ressort pour outil à charge extra forte de couleur jaune

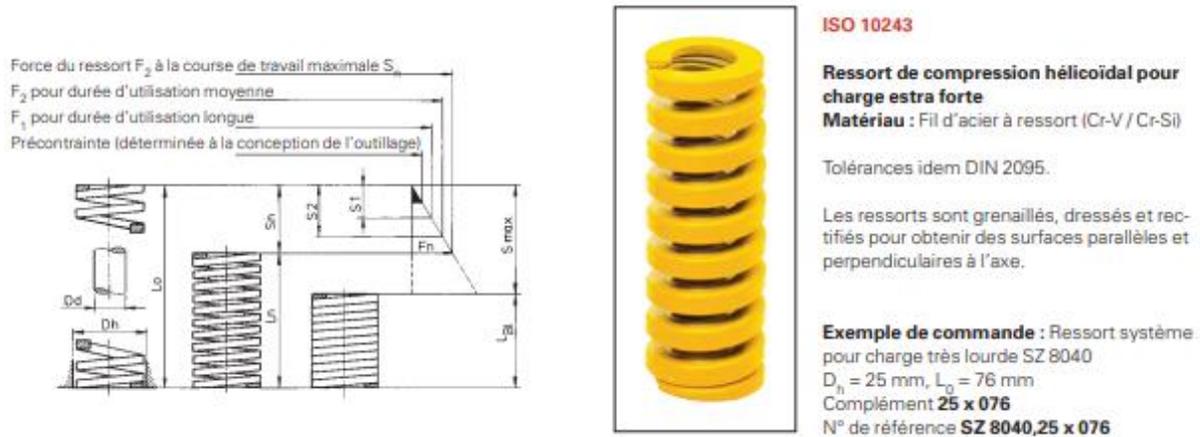


Figure IV.63 : Ressort pour les charge extra fort couleur jaune et c'est dimension nominal

**Avec**

$Dh$  : Diamètre de l'alésage (guidage extérieur) en mm

$Dd$  : Diamètre de l'axe (guidage intérieur) en mm

$L0$  : Longueur du ressort non chargé en mm

$c$  : Taux d'élasticité en N/mm

$s1$  à  $sn$  : Course du ressort en mm associées aux forces  $F1 - Fn$

$F1$  à  $Fh$  : Force du ressort en N

$Ln$  : Plus petite longueur admissible du ressort en charge ( $L0 - sn$ ), associée à la force  $Fh$

$smax$  : Course maximale du ressort en mm

$LBI$  : longueur d'aplatissement maximale du ressort (  $0 - smax$  )

Les démentions du ressort :

N° de référence SZ 8040. □ x □

Alésage Ø D <sub>h</sub> <sup>H15</sup>	Axe Ø D <sub>dh15</sub>	Fil 5,6x4,6	Longueur L <sub>n</sub>	Taux d'élasticité en N/mm c ± 10%	Durée d'utilisation longue		Durée d'utilisation moyenne		course de travail max.		course de ressort max.	
					s <sub>1</sub> = 15% en mm	F <sub>1</sub> en N	s <sub>2</sub> = 20% en mm	F <sub>2</sub> en N	s <sub>n</sub> = 25% en mm	F <sub>n</sub> en N	s <sub>max</sub> approx.	
25	12,5		32	374,4	4,8	1797	6,4	2396	8,0	2995	11	25 x 032
25	12,5		38	346,0	5,7	1972	7,6	2629	9,5	3287	13	25 x 038
25	12,5		44	244,0	6,6	1610	8,8	2147	11,0	2684	16	25 x 044
25	12,5		51	207,5	7,6	1577	10,2	2116	12,8	2656	18	25 x 051
25	12,5		64	161,0	9,6	1545	12,8	2060	16,0	2576	23	25 x 064
25	12,5		76	130,8	11,4	1491	15,2	1988	19,0	2485	26	25 x 076
25	12,5		89	110,5	13,3	1469	17,8	1966	22,3	2464	31	25 x 089
25	12,5		102	96,3	15,3	1473	20,4	1964	25,5	2455	36	25 x 102
25	12,5		115	85,7	17,2	1474	23,0	1971	28,8	2468	41	25 x 115
25	12,5		127	76,3	19,0	1449	25,4	1938	31,8	2426	47	25 x 127
25	12,5		152	63,5	22,8	1447	30,4	1930	38,0	2413	54	25 x 152
25	12,5		178	53,9	26,7	1439	35,6	1918	44,5	2398	63	25 x 178
25	12,5		203	47,0	30,4	1428	40,6	1908	50,8	2387	72	25 x 203
25	12,5		305	30,9	45,7	1412	61,0	1884	76,3	2357	113	25 x 305
32	16	7,2x5,6	38	528,2	5,7	3010	7,6	4014	9,5	5017	12	32 x 038
32	16		44	424,4	6,6	2810	8,8	3734	11,0	4668	15	32 x 044
32	16		51	353,0	7,6	2682	10,2	3600	12,8	4518	17	32 x 051
32	16		64	269,2	9,6	2584	12,8	3445	16,0	4307	22	32 x 064
32	16		76	218,5	11,4	2490	15,2	3321	19,0	4151	25	32 x 076
32	16		89	180,3	13,3	2397	17,8	3209	22,3	4020	33	32 x 089
32	16		102	155,0	15,3	2371	20,4	3162	25,5	3952	36	32 x 102
32	16		115	140,0	17,2	2408	23,0	3220	28,8	4032	42	32 x 115
32	16		127	124,0	19,0	2356	25,4	3149	31,8	3943	46	32 x 127
32	16		152	102,0	22,8	2325	30,4	3100	38,0	3876	56	32 x 152
32	16		178	88,2	26,7	2354	35,6	3139	44,5	3924	64	32 x 178
32	16		203	76,0	30,4	2310	40,6	3085	50,8	3860	71	32 x 203
32	16		254	60,8	38,1	2316	50,8	3088	63,5	3860	90	32 x 254
32	16		305	49,0	45,7	2239	61,0	2989	76,3	3738	103	32 x 305

Tableau IV.16 : caractéristique des ressorts à charge extra forte couleur jaune

Les dimensions de ressort

$$F = K \cdot X \text{ avec : } X = 4.8 \text{ mm}$$

$$K = F/X = 1761.33/4.8 = 366.94 \text{ N/mm}^2$$

$$D_h = 25 \text{ mm } D_d = 12.5 \text{ mm } L_0 = 32 \text{ mm } K = 374.4 \text{ N/mm}$$

**IV.16 Calcul de vérification des poinçons à la résistance :**

Les poinçons de petite section peuvent se déformer lors de l'application de la force, des calculs de vérification doivent donc être effectués.

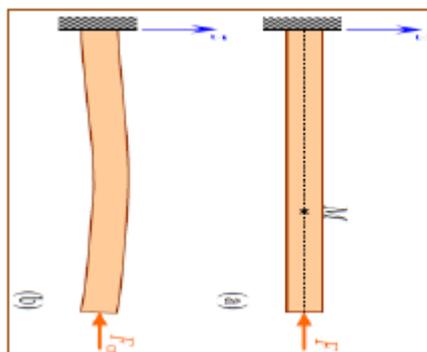


Figure 12 IV.64 : phénomène de flambage de poutre

Si

•  $F < F_{cr}$  : la poutre ne subit qu'un faible raccourcissement qui est du à la Compression.

•  $F > F_{cr}$  : la poutre se déforme et la rupture peut intervenir rapidement.

Avec :

$F$  : effort de découpage.

$F_{cr}$  : Charge critique d'Euler qui se calcule comme suite :

$$F_{cr} = \pi^2 \times (E \times I) / L^2$$

Avec :

$E$  : module de Young.

$I$  : moment d'inertie.

$L$  : longueur réelle.

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

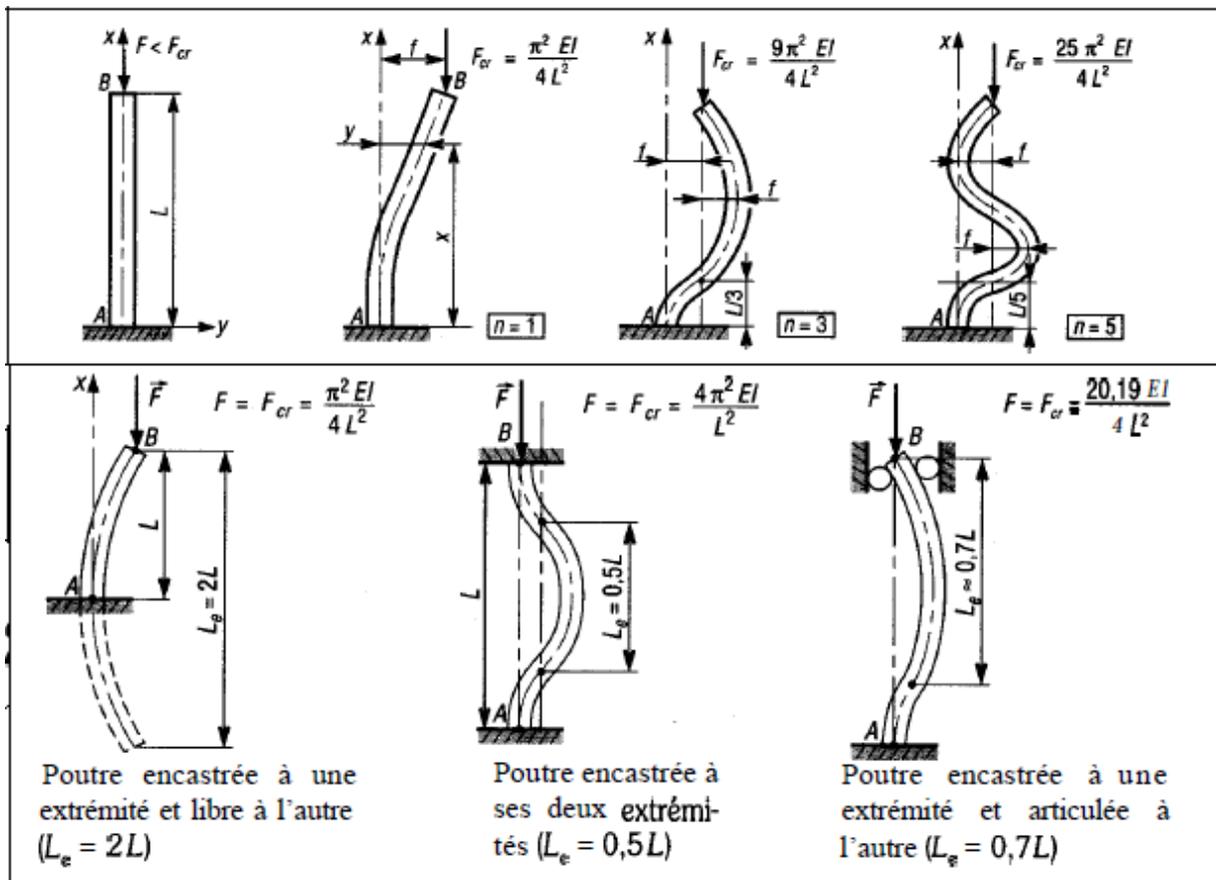


Figure IV.65 : longueurs libres en fonction du type de liaisons

Dans cette partie le poinçon est assimilé à une poutre chargée axialement. Le flambement se produit pour une valeur de charge spécifique appelée charge critique

$F < F_{cr}$  : la poutre ne subit qu'un faible raccourcissement qui est dû à la compression.

•  $F > F_{cr}$  : la poutre se déforme et la rupture peut intervenir rapidement.

Avec :

$F$  : effort de découpage.

$F_{cr}$  : Charge critique d'Euler qui se calcule comme suite :

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \times (E \times I)}{L^2} \text{ IV.9}$$

Avec :

$E$  : module de Young.

$I$  : moment d'inertie.

$L$  : longueur réelle

Dans notre cas les poinçons sont encastrés d'un côté et libre de l'autre, donc la longueur libre du flambement

Le tableau suivant répertorie les différents cas possibles avec la longueur libre de flambement en fonction de type d'appuis

Longueur de flambement $l_f$ en fonction des liaisons aux appuis				
A et B sont sur la même verticale			Déplacement de B en tête de poteau	
$l_f = l_0$	$l_f = \frac{\sqrt{2}}{2} l_0$	$l_f = \frac{l_0}{2}$	$l_f = 2 l_0$	$l_f = l_0$

Figure 13 IV. 66 : Longueurs libres de flambage en fonction du type de liaisons

**Remarque :**

Dans notre cas les poinçons sont encastrés sur la partie supérieure et libre vers l'autre cote, donc selon le tableau la longueur libre du flambement  $l=2L$

**Poinçon 1**

**Moment quadratique  $I_y = 11832.56 \text{ mm}^4$  (Mesuré à partir du logiciel de CAO SOLIDWORKS).**

$$F_{cr1} = \pi^2 \times E \times I/L^2$$

$$F_{cr1} = (3.14)^2 \times 210000 \times 11832.56 / (85)^2$$

$$F_{cr1} = 3390934.92 \text{ N}$$

$$F_{p1} = 2608.2 \text{ daN}$$

**$F_{p1} < F_{cr1}$**  : la condition est vérifiée, donc le poinçon va résister

**Poinçon2 Ø22**

$$I_5 = \pi \times D^4/64$$

$$\text{AN: } I_5 = 3.14 \times 22^4/64$$

$$I_5 = 11493.19 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr2} = \pi^2 \times E \times I/2L$$

$$F_{cr2} = (3.14)^2 \times 210000 \times 11493.19 / (2 \times 85)$$

$$F_{cr2} = 139981375.21 \text{ N}$$

$$F_{p2} = 2486.88 \text{ daN}$$

**$F_{p2} < F_{cr2}$**  : la condition est vérifiée, donc le poinçon 2 va résister, la condition est aussi vérifiée pour les deux autres poinçons 3 et 4, car ils ont les mêmes caractéristiques.

**Poinçon 5: Ø23**

$$I_2 = \pi \times D^4/64$$

AN:

$$I_2 = 3.14 \times 23^4/64$$

$$I_2 = 13729.69 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr5} = \pi^2 \times E \times I/L^2$$

$$F_{cr5} = (3.14)^2 \times 210000 \times 13729.69 / (2 \times 85)$$

$$F_{cr5} = 167220824 \text{ N}$$

$$F_{p5} = 2599.92 \text{ daN}$$

**$F_{p5} < F_{cr5}$**  : la condition est vérifiée, donc le poinçon 5 va résister, la condition est aussi vérifiée pour les poinçons 6, 8 et 9, car ils ont les mêmes caractéristiques.

**Poinçon 7 :**

**Moment quadratique I7= 39244.60 mm<sup>4</sup> (Mesuré à partir du logiciel CAO SOLIDWORKS).**

$$F_{cr7} = \pi^2 \times E \times I/L^2$$

$$F_{cr7} = (3.14)^2 \times 210000 \times 39244.60 / (2 \times 85)^2$$

$$F_{cr7} = 107509350.98 \text{ N}$$

$$F_{p7} = 3400.2 \text{ daN}$$

**F<sub>p7</sub> < F<sub>cr7</sub> :** la condition est vérifiée, donc le poinçon 7 va résister.

**Poinçon 10:**

$$I_{10} = \pi \times D^4/64$$

$$\text{AN: } I_{10} = 3.14 \times 5.5^4 / 64$$

$$I_{10} = 44.89 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr10} = \pi^2 \times E \times I/L^2$$

$$F_{cr10} = (3.14)^2 \times 210000 \times 44.89 / (2 \times 85)^2$$

$$F_{cr10} = 546738.01 \text{ N}$$

$$F_{p10} = 621.72 \text{ daN}$$

**F<sub>p10</sub> < F<sub>cr10</sub> :** la condition est vérifiée, donc le poinçon 10 va résister. La condition est aussi vérifiée pour le poinçon 11, car ils ont les mêmes caractéristiques

## Partie 02 : Conception de l'outil.

### IV.17 Détail de l'outil :

Un l'outil de presse est une conception mécanique de précision, d'une manière générale, composé d'une partie supérieure mobile fixée au coulisseau et d'une partie inférieure serrée sur la table de pressage. Cet ensemble, parfaitement guidé, il permet l'usinage de la tôle par des opérations de poinçonnage et de détournage

#### IV.17.1 Partie inférieure

Partie fixe de l'outil, contient les éléments suivants

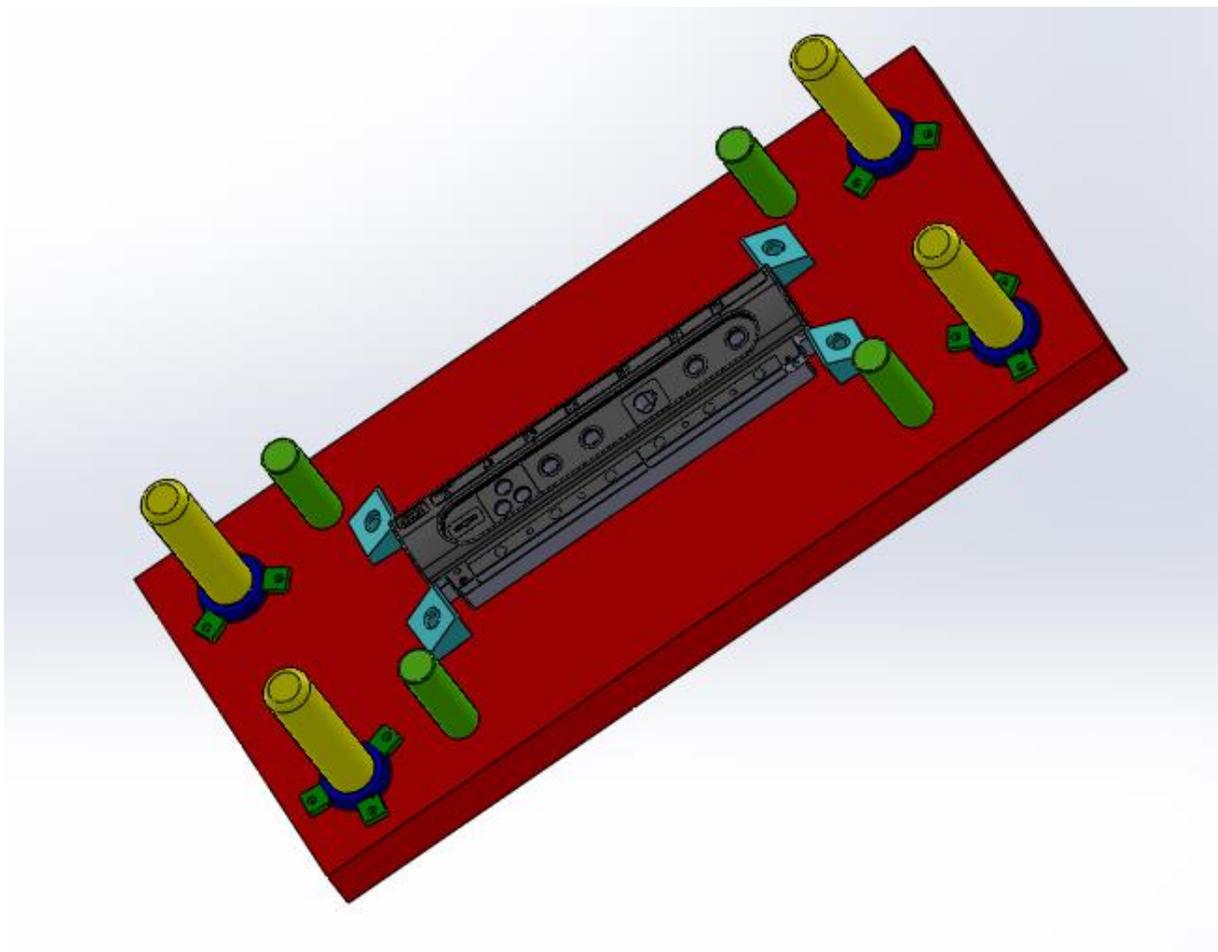


Figure IV.67 : partie inferieure

**Semelle inférieure :**

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

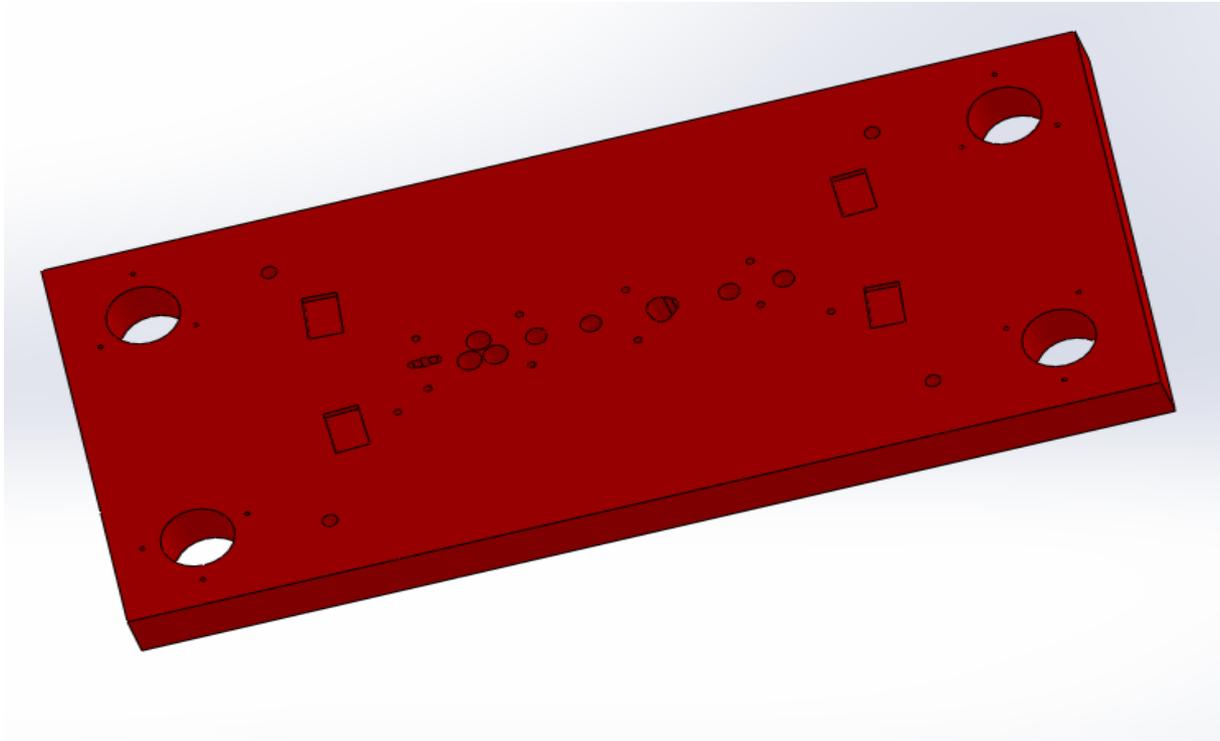


Figure IV.68 : Semelle inférieure

**Les matrices :** c'est le porte empreinte dans lesquelles les poinçons se pénètrent lors de l'opération de découpage, son épaisseur doit être suffisante pour qu'elle résiste aux efforts de découpage ainsi l'effort de serre-flan pour éviter les déformations.

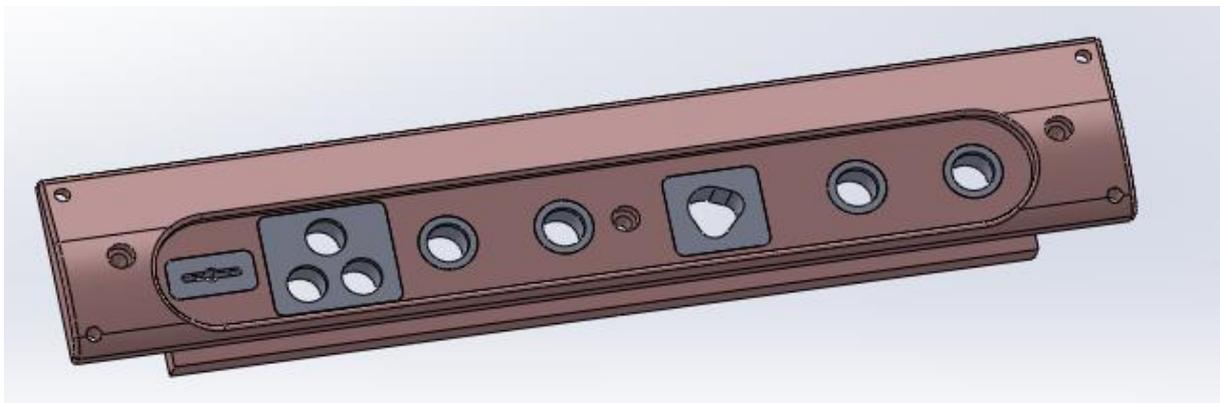


Figure IV.69 : Les matrices et porte matrice

**La butée fin de course** : elle sert à arrêter la partie supérieure heurte de la fin des deux opérations elle joue le rôle de la sécurité pour l'opérateur



Figure IV.70 La butée fin de course

**Colonne de guidage** : elles coulisent dans les douilles supérieures avec glissement et sont emmanchées sur les embases inférieures.



Figure IV.71 : Colonne de guidage

**Coupe chute** : elle sert à découper la chute détournée pour faciliter son évacuation.

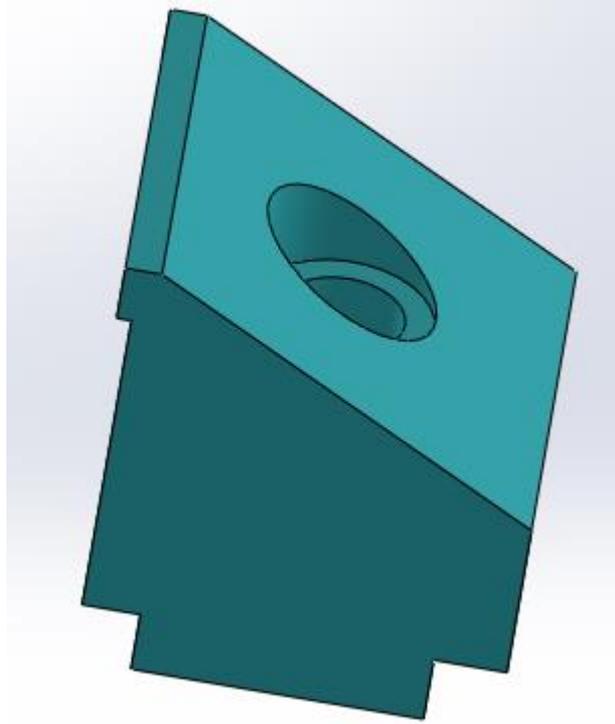


Figure IV.72 : Coupe chute

**Les coureaux** : ce sont les éléments fonctionnels qui interviennent lors de l'opération de détournage.

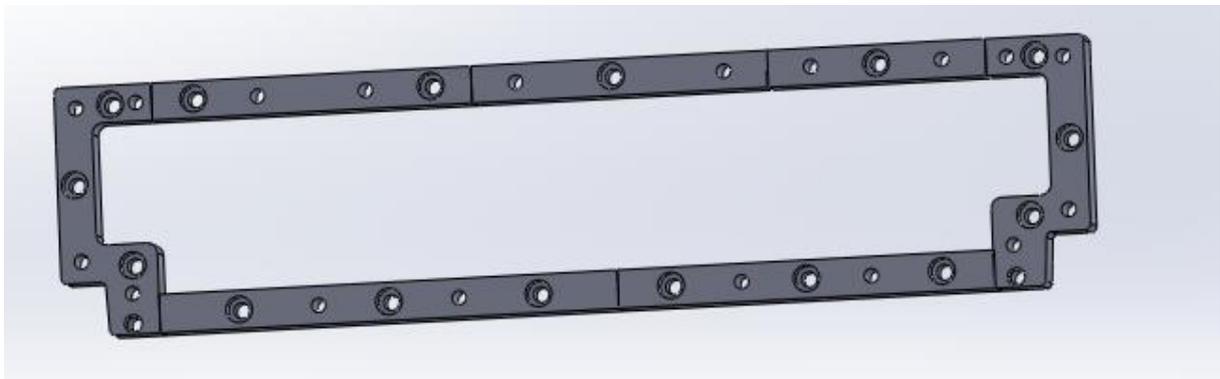


Figure IV.73 : Les coureaux

**IV.17.2 Partie supérieur :**

C'est la partie mobile de l'outil qui suit une trajectoire verticale imposés par la machine, elle contient les éléments suivants :

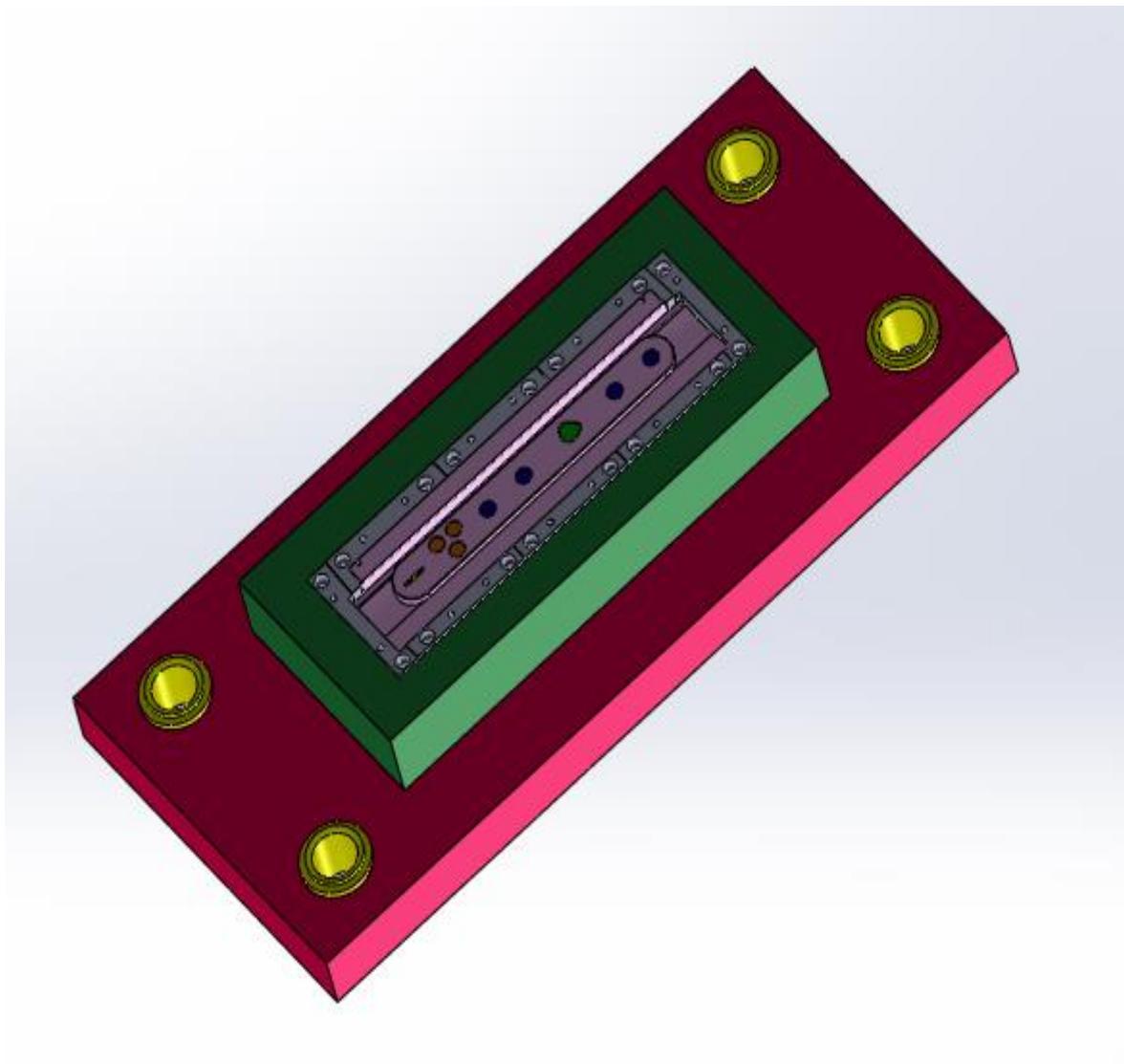


Figure IV.74 : Partie supérieur assemblée.

**Semelle supérieure** : elle sert à porter les poinçons les ressorts et les portes poinçons ainsi que les douilles.

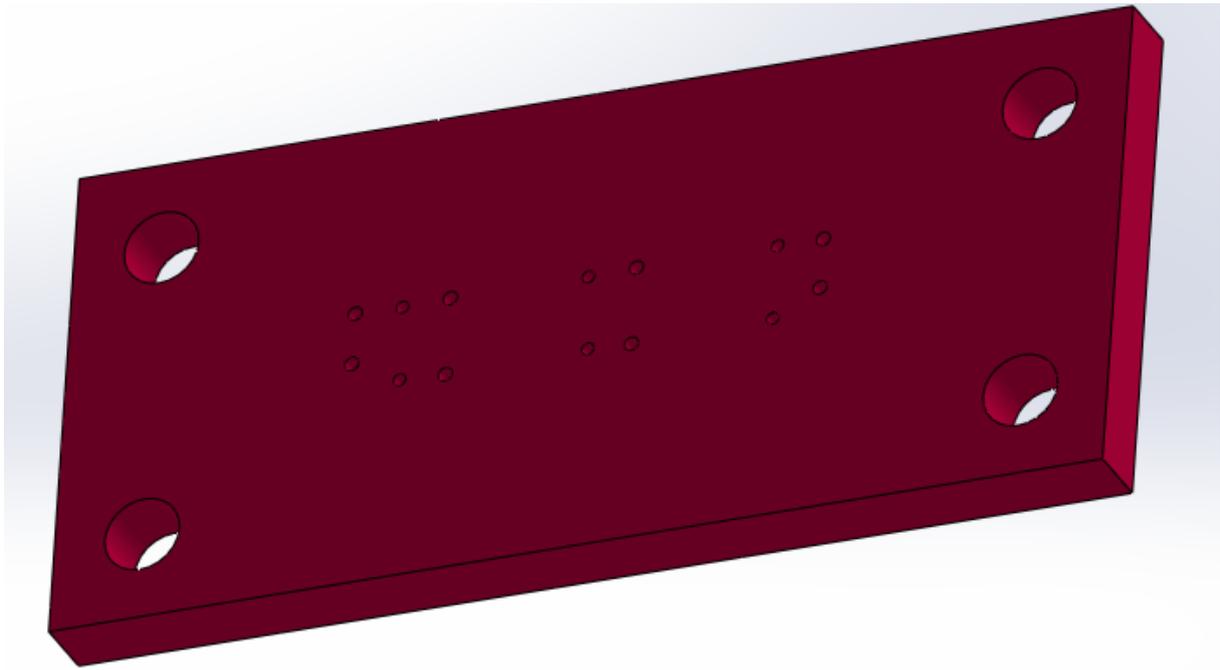


Figure IV.75 : Semelle supérieure

**Porte poinçon** : il sert à fixer et guider les différents poinçons dans leurs positions.

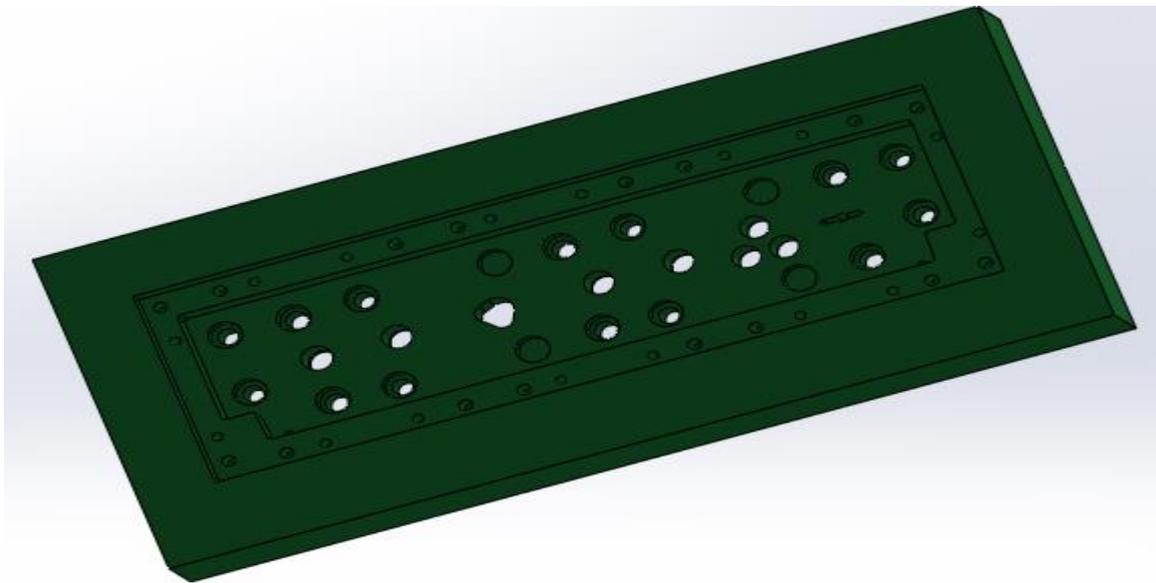


Figure IV.76 : Porte poinçon

**Poinçon** : ce sont les principaux éléments qui interviennent lors de l'opération de découpage leur calcul est délicat. Les poinçons de faible section sont soumis souvent au flambement pour l'éviter on utilise des chemises dans lesquelles on les insère.

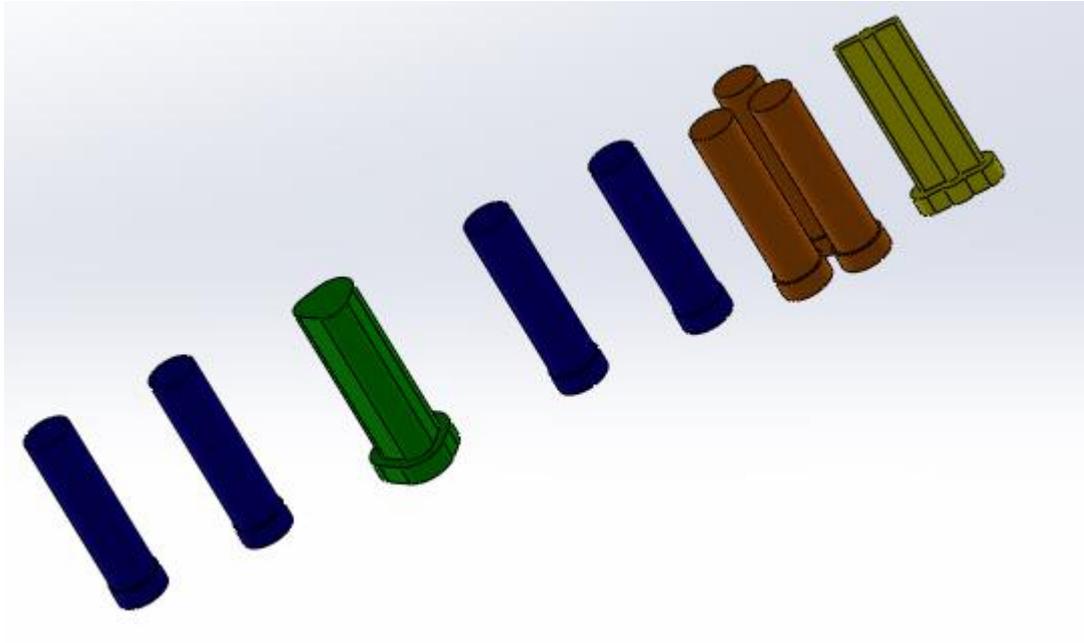


Figure IV.77 : les Poinçon

**Serre-flan** : il sert au guidage des poinçons et fixer la tôle, il est fixé à l'intérieur du bâti supérieur.



Figure IV.78 : Serre-flan

**Les lames** : ce sont les éléments fonctionnels qui interviennent lors de l'opération de détourage.

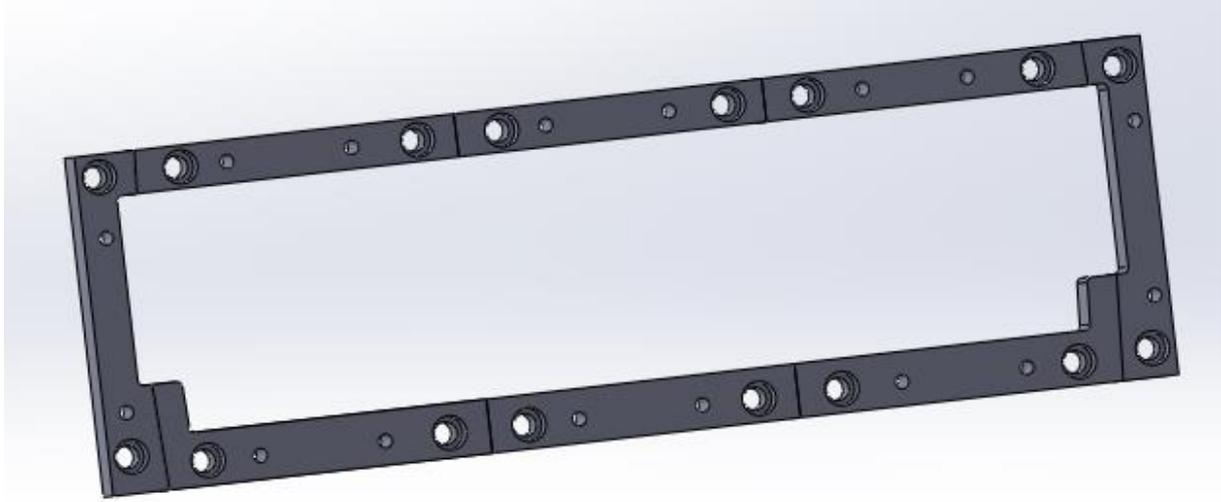


Figure IV.79 : Les lames

**Les douilles** : c'est des éléments qui assurent le guidage entre la semelle supérieure et inférieure par l'intermédiaire des colonnes de guidage.

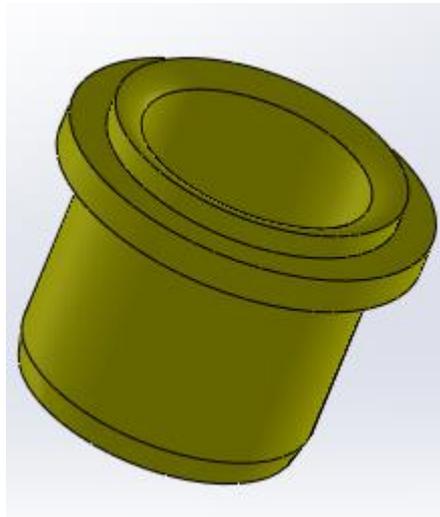


Figure IV.80 : Les douilles

**Les ressorts** : ces les éléments qui assurent le dévetissage.

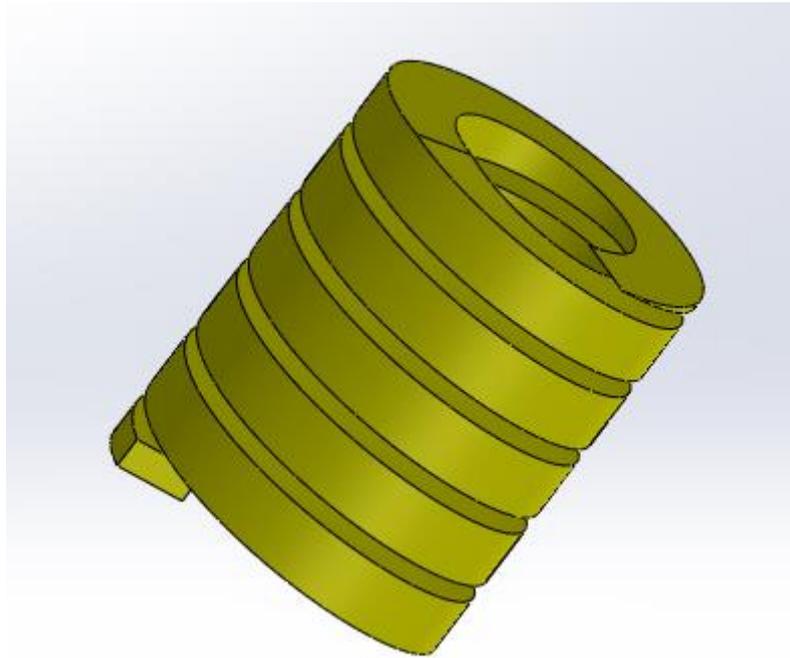


Figure IV.81 : Les ressorts

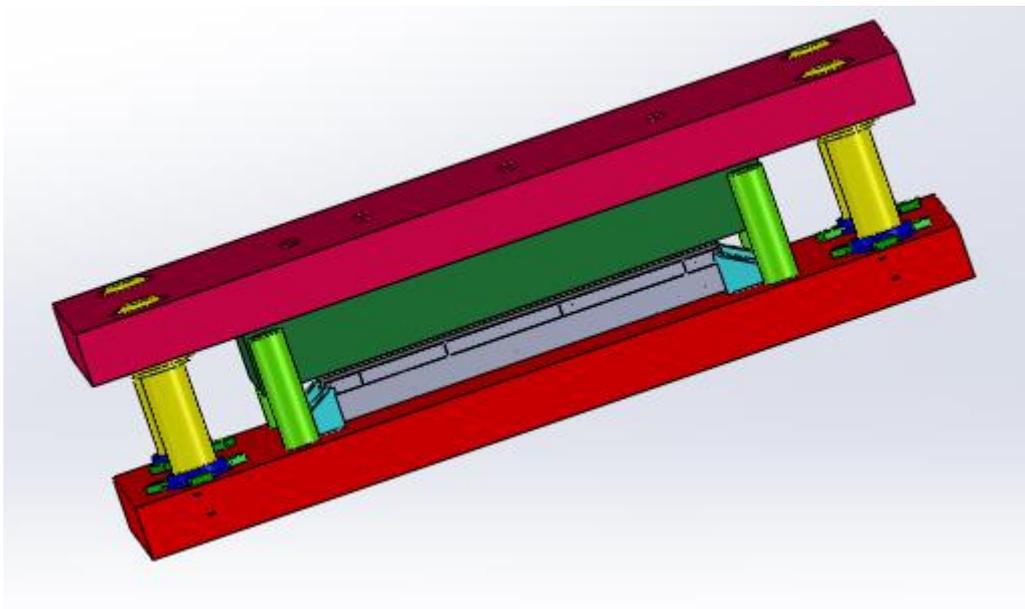


Figure IV.82 : outil complet assemblé

Après avoir effectuée un stage pratique au sein de l'entreprise électroménagère ENIEM, qui est une expérience bénéfique pour moi, J'ai découvert que le procédé de fabrication des pièces en tôlerie dans l'industrie est connu depuis longtemps, et qui ne cesse de se développé au fil des dernières années, parce que sa nécessité est toujours croissante.

A l'aide d'un logiciel de conception assistée par ordinateur (Solid Works), qui m'a permis d'avoir les caractéristiques dimensionnelles et géométriques des différents composants de l'outil de poinçonnage et détourage Cette étude m'a permis de réalisé la conception(dessins d'ensemble et les dessins de définition) de l'outil et ces organes d'une manière à faciliter la réalisation et la maintenance de l'outil et assurer une longue durée de vie avec un bas prix de revient.

Malgré mes efforts pour mener à bien cette étude, ce travail constitue une contribution de plus dans le domaine, par conséquent, il reste ouvert aux critiques et à la proposition allant dans le sens de son amélioration.

Ce travail ma permis, d'une part d'approfondir les connaissances et le savoir-faire acquis durant les années de notre formation à l'UMMTO, et d'autre part, de préparer notre intégration à la vie professionnelle et de nous situer sur le marché de l'industrie. Finalement, espérons bien que ce travail apportera une aide à l'entreprise Electroménagère ENIEM, et servira comme guide aux étudiants (es) de département génie mécanique.

## **Bibliographie**

[1]Oubraham Amar Belkhis Mohand Etude et conception d'un outil à stations de poinçonnage et pliages de la nouvelle traverse de la cuisinière ENIEM mémoire de master académique en génie mécanique option : construction mécanique, université Mouloud MAMMERY Tizi-Ouzou, année 2019/2020

[2]<https://www.univ-chlef.dz/FGCA/wp-content/uploads/2020/11/Technologie-de-Base-L2-GC-Meziane-El-Hadj.pdf>

[3]Ould Ben HemouChabane Abderrahmane Fahima étude et conception d'un outil de poinçonnage pour fabrication d'une pièce de cuisinière ENIEM mémoire de master académique en génie mécanique option : construction mécanique, université Mouloud MAMMERY Tizi-Ouzou, année 2017/2018

[4] R.BUTIN.M.PINOT, Fabrication mécanique technologie, Tome2, les Édition Foucher 128 ,rue de Rivoli,paris-1<sup>er</sup>224p

[5] <https://www.bodycote.com/fr/services/traitement-thermique/trempe-et-revenu/revenu/>

[6]YefsahLamineOuali Rabah étude et conception d'un outil de poinçonnage détournage pour table de travail 02 auxiliaire cuisinière ENIEM mémoire de master académique en génie mécanique option : construction mécanique, université Mouloud MAMMERY Tizi-Ouzou, année 2020/2021

[7]Mr AitibroutSofiane ,Baziz Ali Etude et conception d'un outil de poinçonnage et de détournage d'un bandeau bombé en INOX d'une cuisinière ENIEM, mémoire de master académique en génie mécanique option : construction mécanique, université Mouloud MAMMERY Tizi-Ouzou, année 2018/2019

[8]Mr.B.AITSLIMANE Melle L.Belhadj Etude Et Conception D'un Outil D'emboutissage Pour La Table De Travail D'une Cuisinière ENIEM mémoire de master académique en génie mécanique option : construction mécanique, université Mouloud MAMMERY Tizi-Ouzou, année2018

[9]Mr.HocieChabaneZiadBelkacem Étude et conception d'un outil poinçonnage et détournage d'un bandeau bombé en inoxmémoire de master académique en génie mécanique option : construction mécanique, université Mouloud MAMMERY Tizi-Ouzou, année2017/2018

[10] N. Nezlaoui D.LARBI mise en forme des métaux en feuille application à l'emboutissage du bandeau bombe d'une cuisinière mémoire de master académique en génie mécanique option : construction mécanique, université Mouloud MAMMERY Tizi-Ouzou, année 2018

[11] KHIRANI DALEL Répartition des déformations en étirage pliage et leurs effets sur le retour élastique mémoire de master académique en génie mécanique option : mécanique appliquée, université Ferhat Abbas, année 2010

[12] Mlle : BELHOCINE Zohra-étude et conception d'un outil de détournage et Poinçonnage d'une (autonettoyant) pour la cuisinière E.N.I.E.M, master académique en génie mécanique. Université mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou promotion 2015

[13] LARBI Pacha et S. HIDER –Etude et conception d'un outil à suivre à bande diplôme d'ingénieur d'état en Génie Mécanique. Université Mouloud Mammeri T.O –Promotion 2012.

[14] Ingrachen hamza Guilalisaid Étude et conception d'un outil à bande pour la réalisation de la Charnière inférieure de réfrigérateur B-C 50 mémoire de master académique en génie mécanique option : construction mécanique, université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou, année 2017/2018

[15] Arbouche Liza Mouloudi Farida Etude et conception d'un outil d'emboutissage d'une table de travail cuisinière ENIEM mémoire de master académique en génie mécanique option : construction mécanique, université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou, année 2020/2021

[16] Yann LE DOUX, Thèse de doctorat, université de Savoie Iméca .12 décembre 2005.

[17] Dermouche Tassadit Optimisation des procédés de mise en forme. Application à l'emboutissage master académique en génie mécanique. Université mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou promotion 2010/2011

[18] Koula KACETE Mohand TAKOURABT Automatisation de la presse mécanique B04 par un automate programmable industriel mémoire de master académique en génie électrique option : : ELECTROTECHNIQUE INDUSTRIELLE, université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou, année 2017

[19] Etude et conception d'un outil à suivre à bande, Mr. SAADI, mémoire de fin d'étude promotion 2014.

[20] Émerik Henrion. Développement d'une ligne de découpe automatisée. Génie mécanique [physics.class- ph]. 2014.

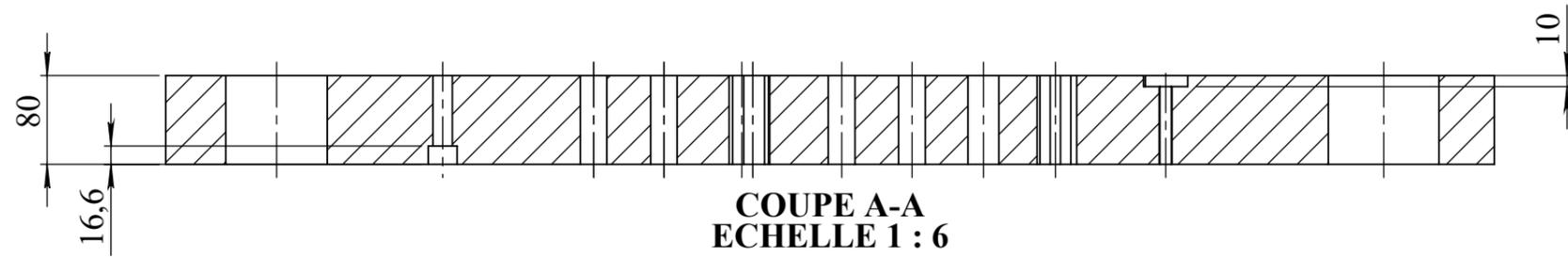
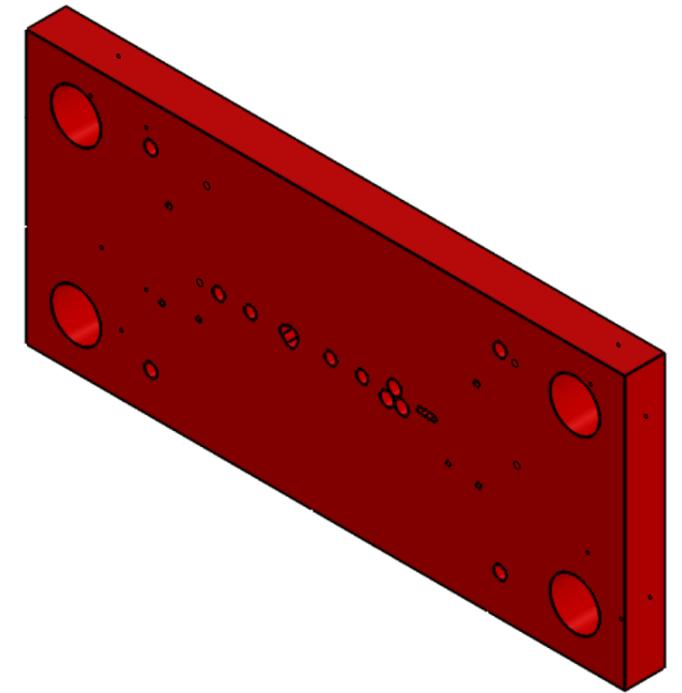
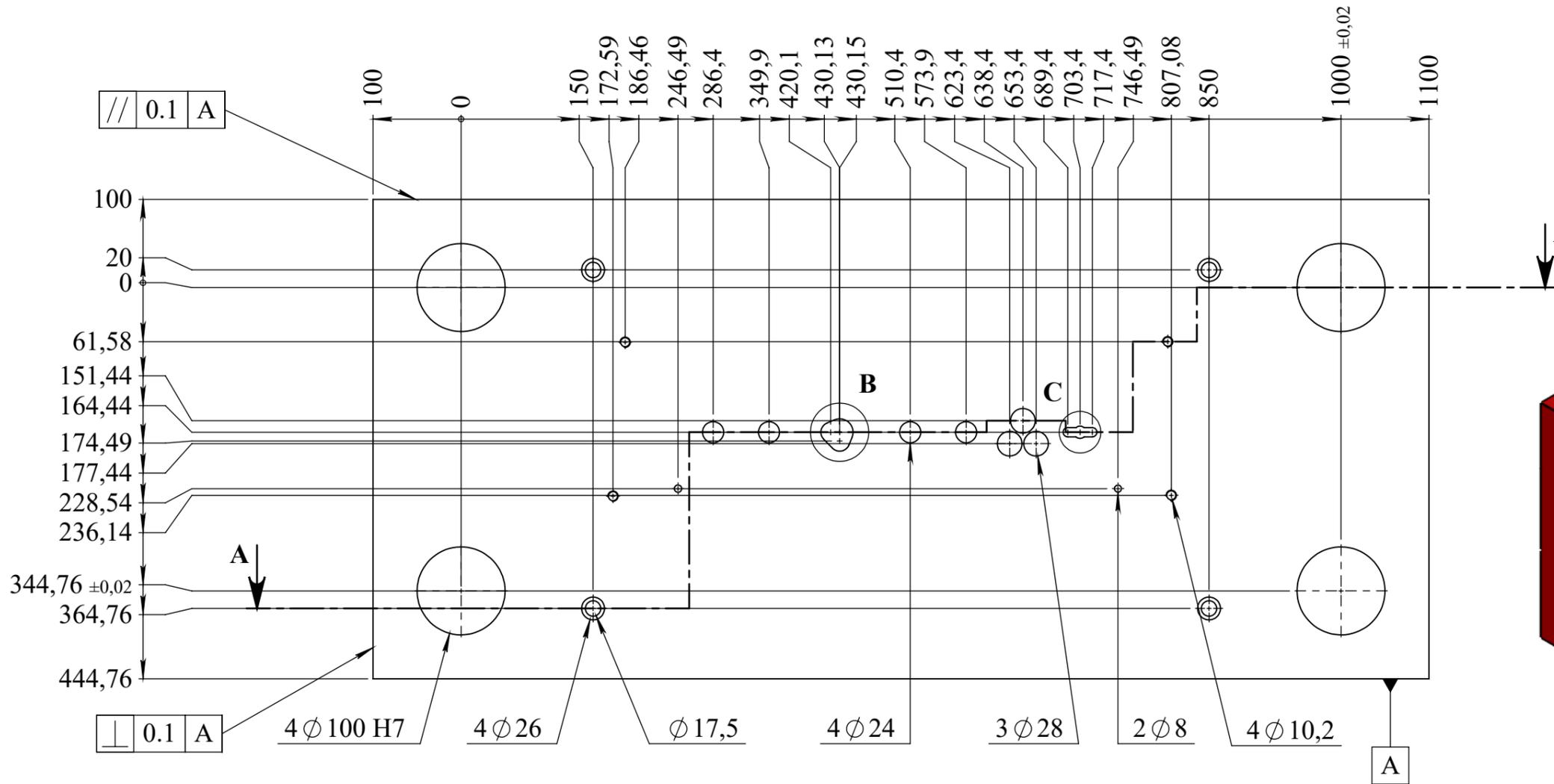
[21] Dridi Mohamed Salah Guendouzi Abdelghani Conception d'une presse mécanique pour emboutissage de 40 tonnes mémoire de master académique en génie mécanique option : construction mécanique Université Mohammed Seddik Ben Yahia - Jijel promotion juin 2019

[22] Haddadi Aziza Amara Thiziri étude d'un procédé poinçonnage d'une tôle en aluminium master académique en génie mécanique. Université mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou promotion 2017/2018

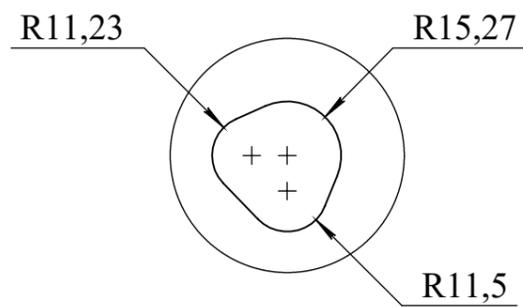
[23] E.N.I.E.M Tizi-Ouzou ; base de documentation E.N.I.E.M; Z.I ; AISSAT Idir ; Oued Aissi ; Tizi-Ouzou ; Algérie ; tél : +213.26.41.32.14 ; fax : +213.26.20.04.24

[24] <https://www.steinel.com>

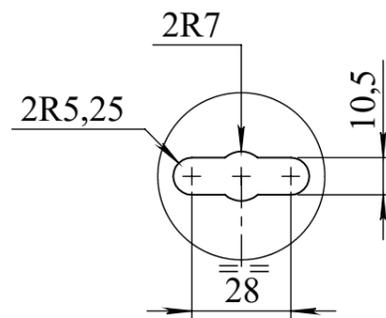
# **Mise en plan de l'outil et ces composants**



**COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 6**

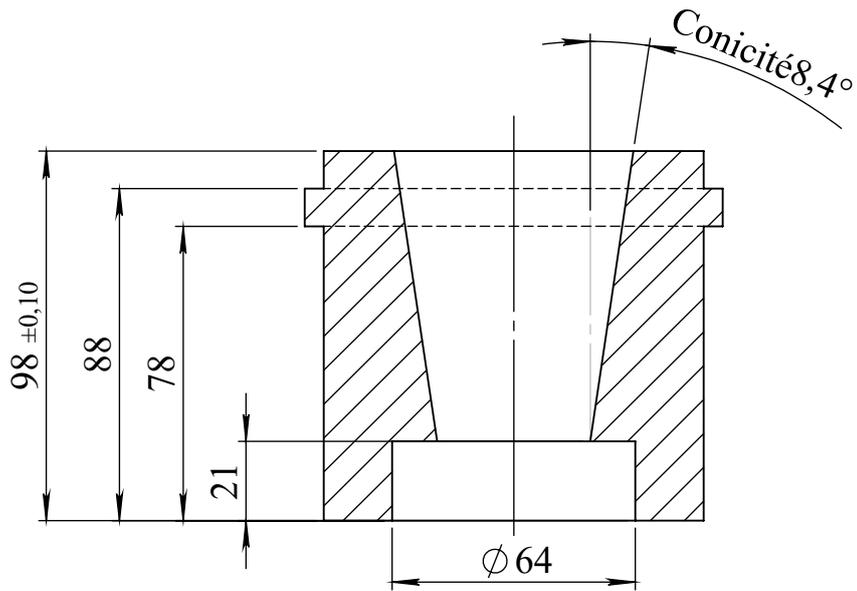
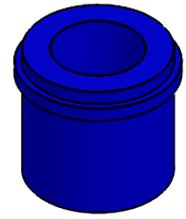


**DÉTAIL B  
ECHELLE 1 : 2**

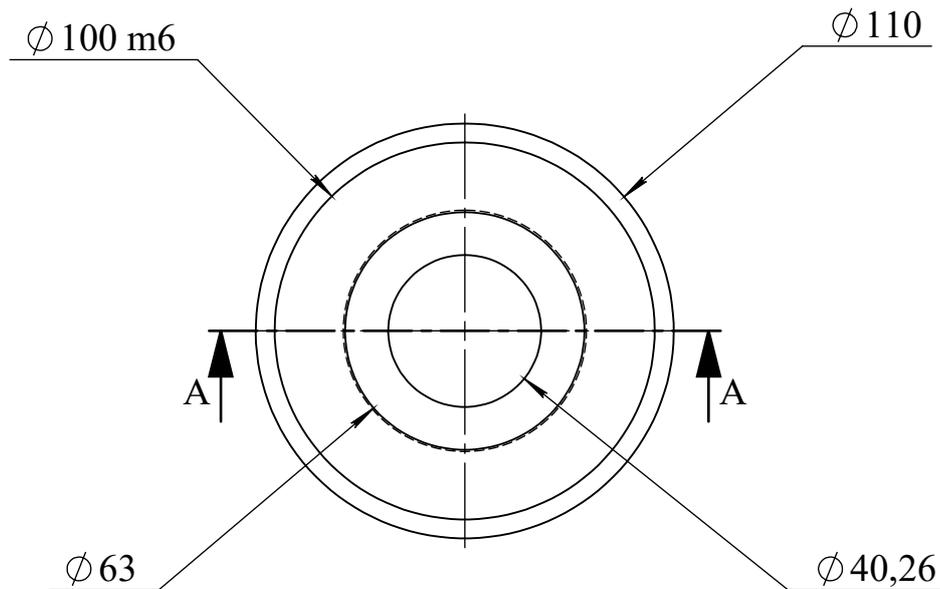


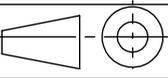
**DÉTAIL C  
ECHELLE 1 : 2**

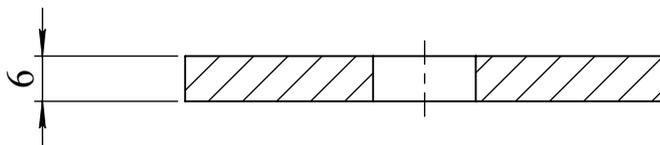
<b>01</b>	<b>01</b>	<b>Semelle INF</b>	<b>FT 30</b>	-
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1/6		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>		Etat de surface
Planche N°: 01				6.3
A3		<b>ZARED OULEHADJ</b>		Promo: 2021/2022
		 <b>FGC - DGM - UMMTO</b>		Master II



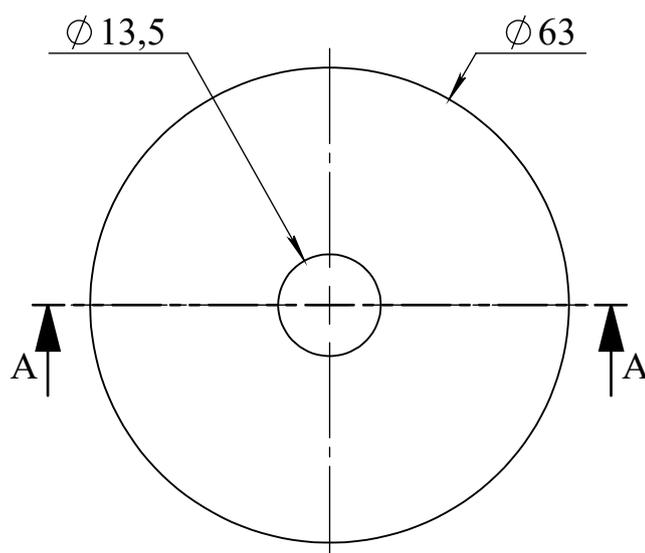
COUPE A-A

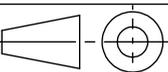


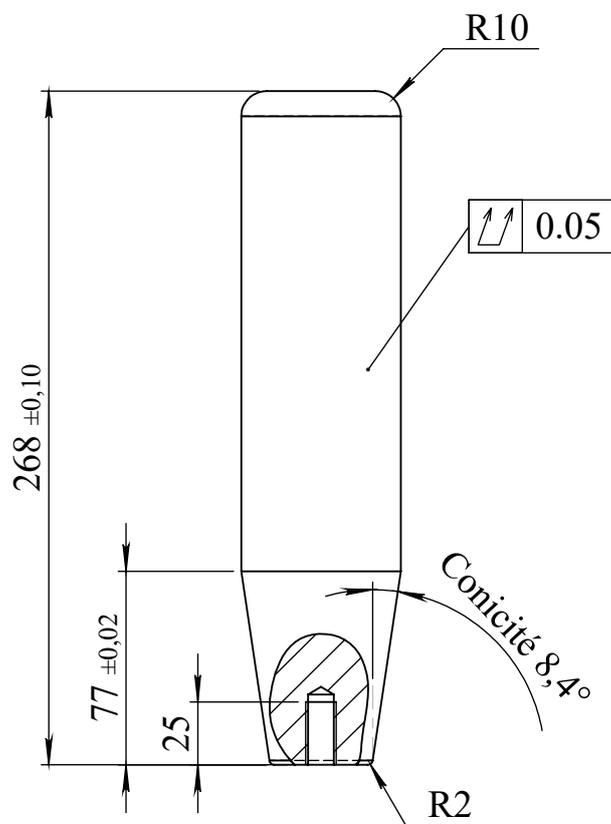
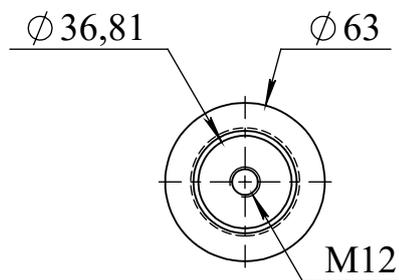
02	04	Bague INF	Acier Allié	Tr + Rv 60/64 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/2		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface 3.2/√	
Planche N°: 02			Promo : 2021/2022	
		ZARED OUELHADJ		
A4		 <b>FGC DGM UMMTO</b>	MASTER II	

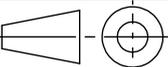


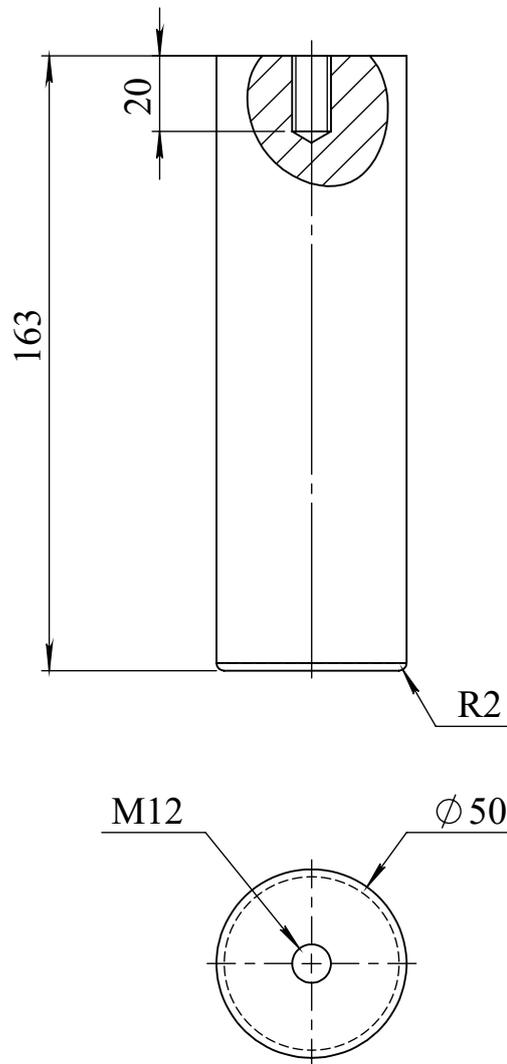
COUPE A-A

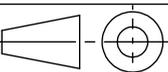


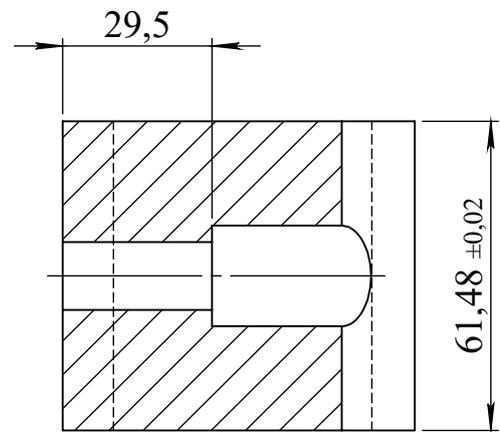
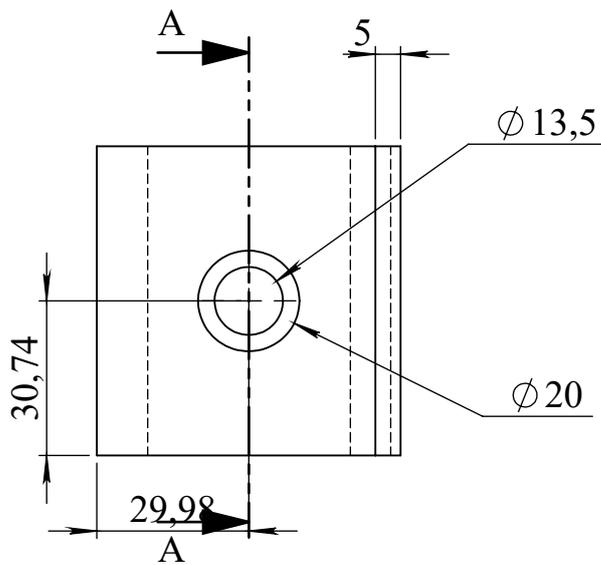
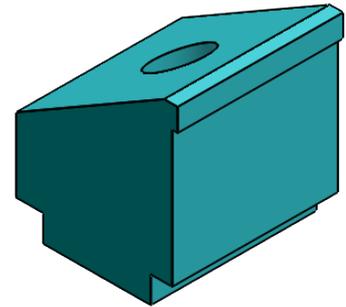
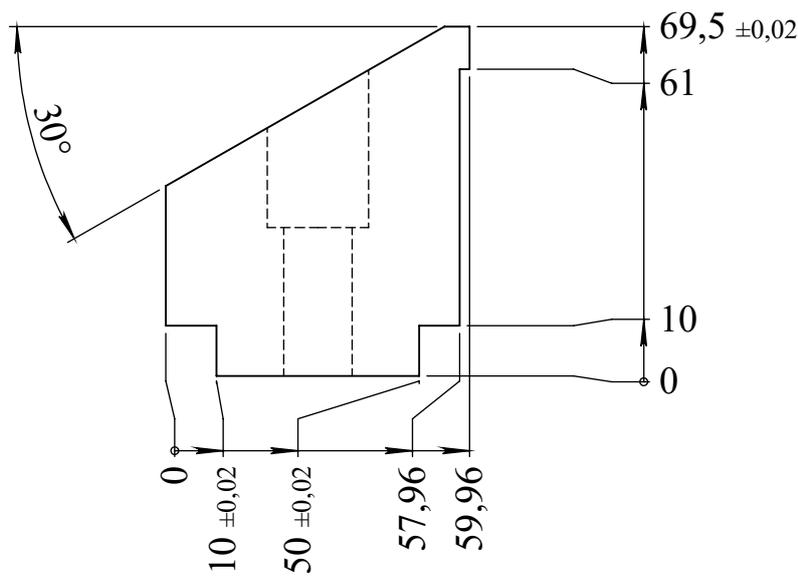
03	04	Rendelle $\phi$ 63 X 6	Acier	DIN 9825 ISO 9182-34
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1	<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>			Etat de surface 3.2/
Planche N°: 03				
	ZARED OUELHADJ			Promo : 2021/2022
A4		FGC DGM UMMTO	MASTER II	



04	04	Colonne De Guidage	Acier Allié	Trempe à coeur 60/62 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/3	Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX		Etat de surface 0.8/	
Planche N°: 04				
	ZARED OUELHADJ		Promo : 2021/2022	
A4	 FGC DGM UMMTO	MASTER II		

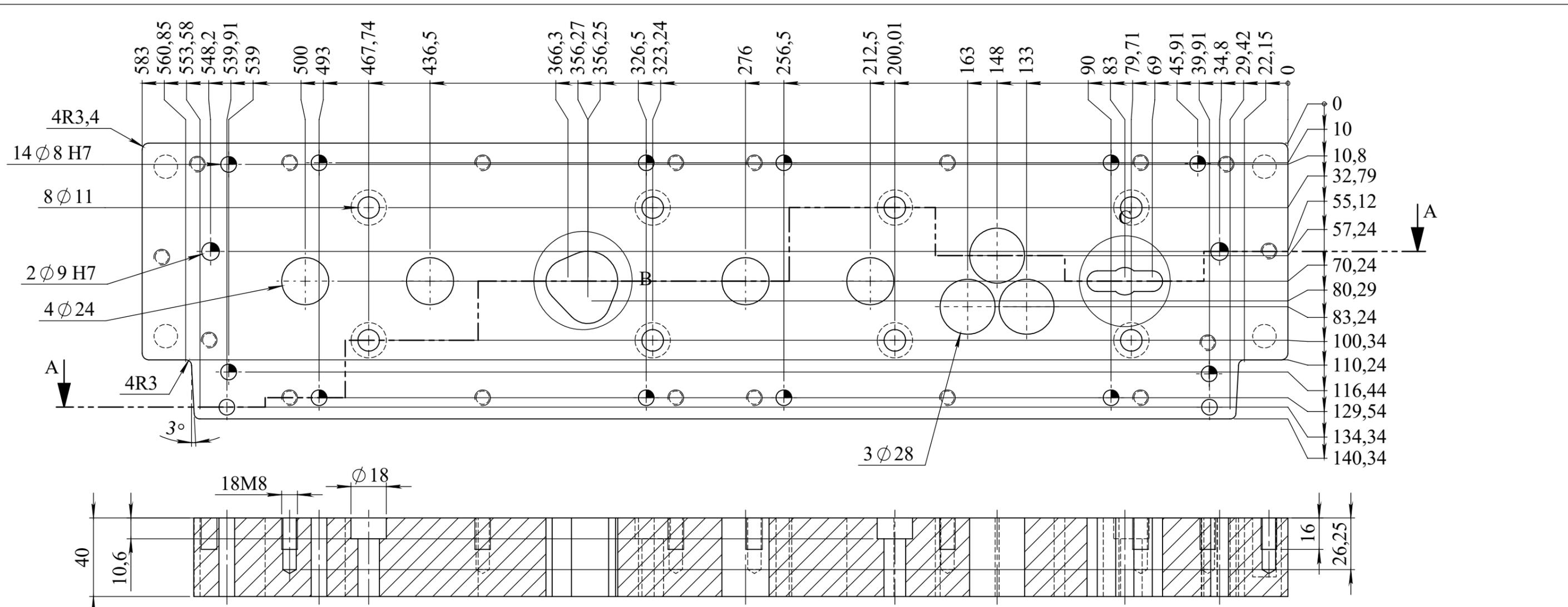


05	04	Buté de fin de course	XC 48	-
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/2		<b>Outil Détournage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface 6.3/√	
Planche N°: 05			ZADER OUELHADJ	
		FGC DGM UMMTO		Promo : 2021/2022
04	A4			MASTER II

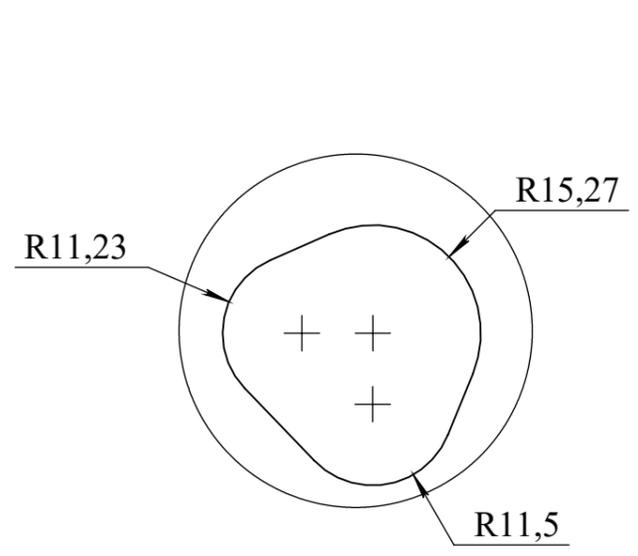
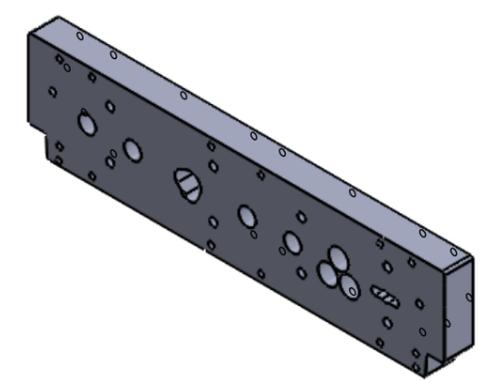


COUPE A-A  
ECHELLE 2 : 3

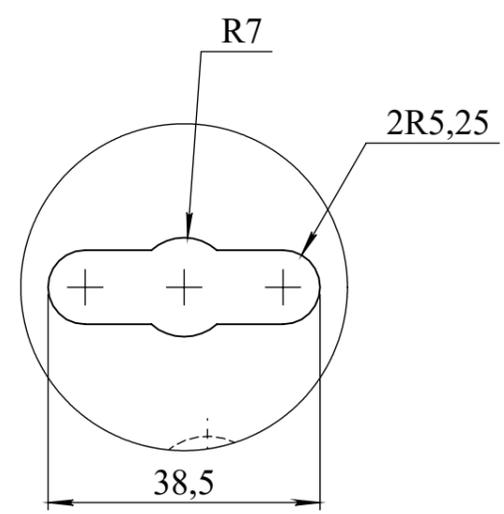
06	04	Coupe Chute	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/2		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface 3.2/√	
Planche N°: 06			Promo : 2021/2022	
		ZARED OUELHADJ	MASTER II	
A4		FGC DGM UMMTO		



COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 2

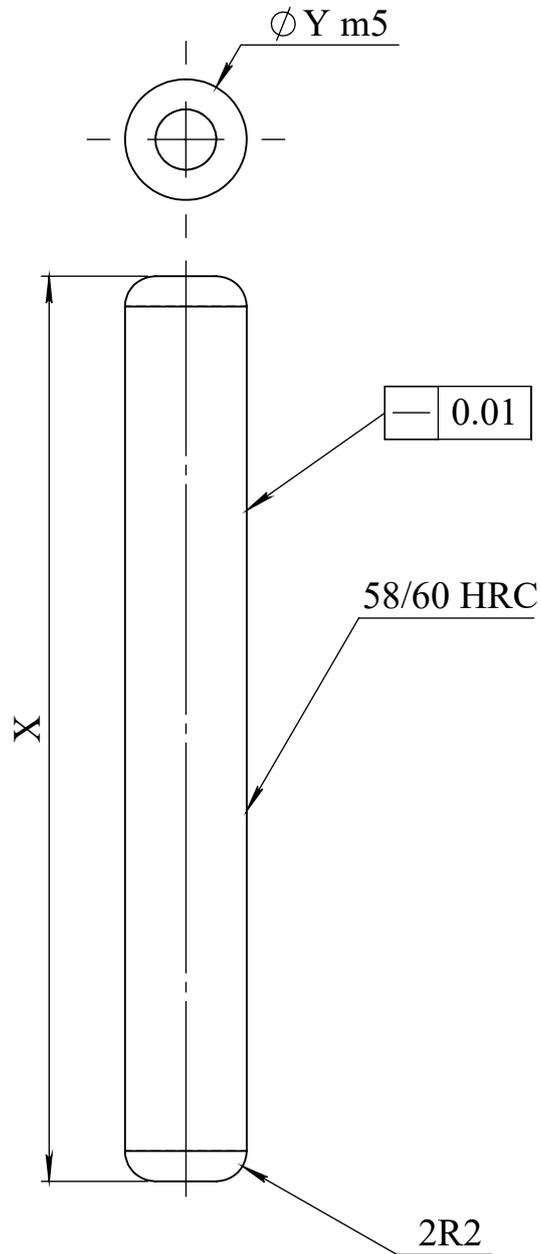


DÉTAIL B  
ECHELLE 1 : 1



DÉTAIL C  
ECHELLE 1 : 1

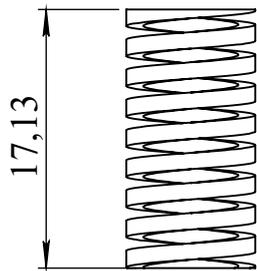
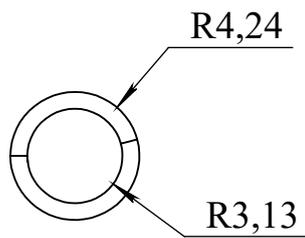
07	01	Porte Matrice INF	XC 38	-
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1/2		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>		Etat de surface 3.2/
Planche N°: 07				
		ZARED OUELHADJ		Promo: 2021/2022
A3		FGC - DGM - UMMTO		Master II



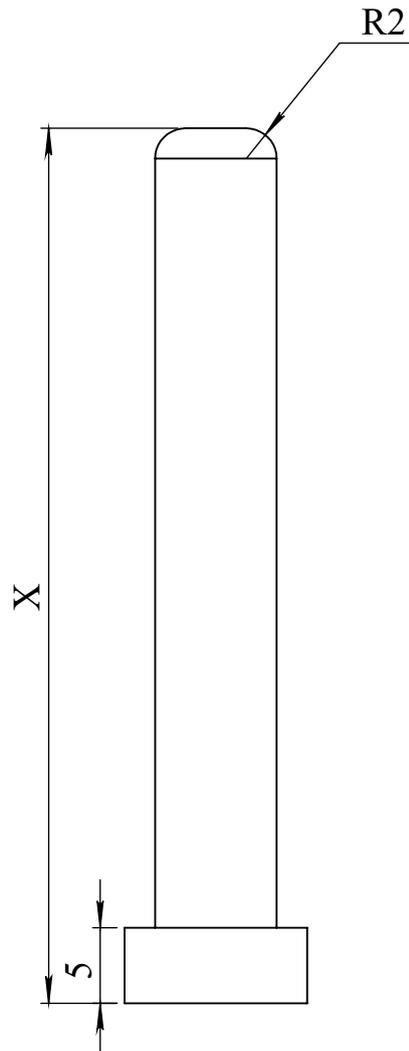
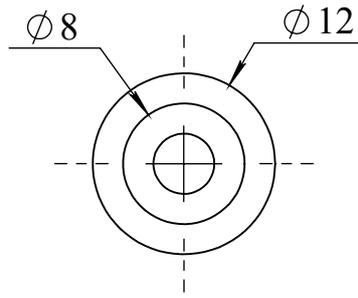
Goupilles NF EN ISO 8734  
DIN 6325

34	02	16	160
08	25	08	60
Ref	Nbr	$\phi X$	Y

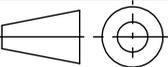
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 2/1		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>		Etat de surface
Planche N°: 08				0.8/ √
		<b>ZARED OUELHAJD</b>		Promo : 2021/2022
A4		 <b>FGC DGM UMMTO</b>		MASTER II

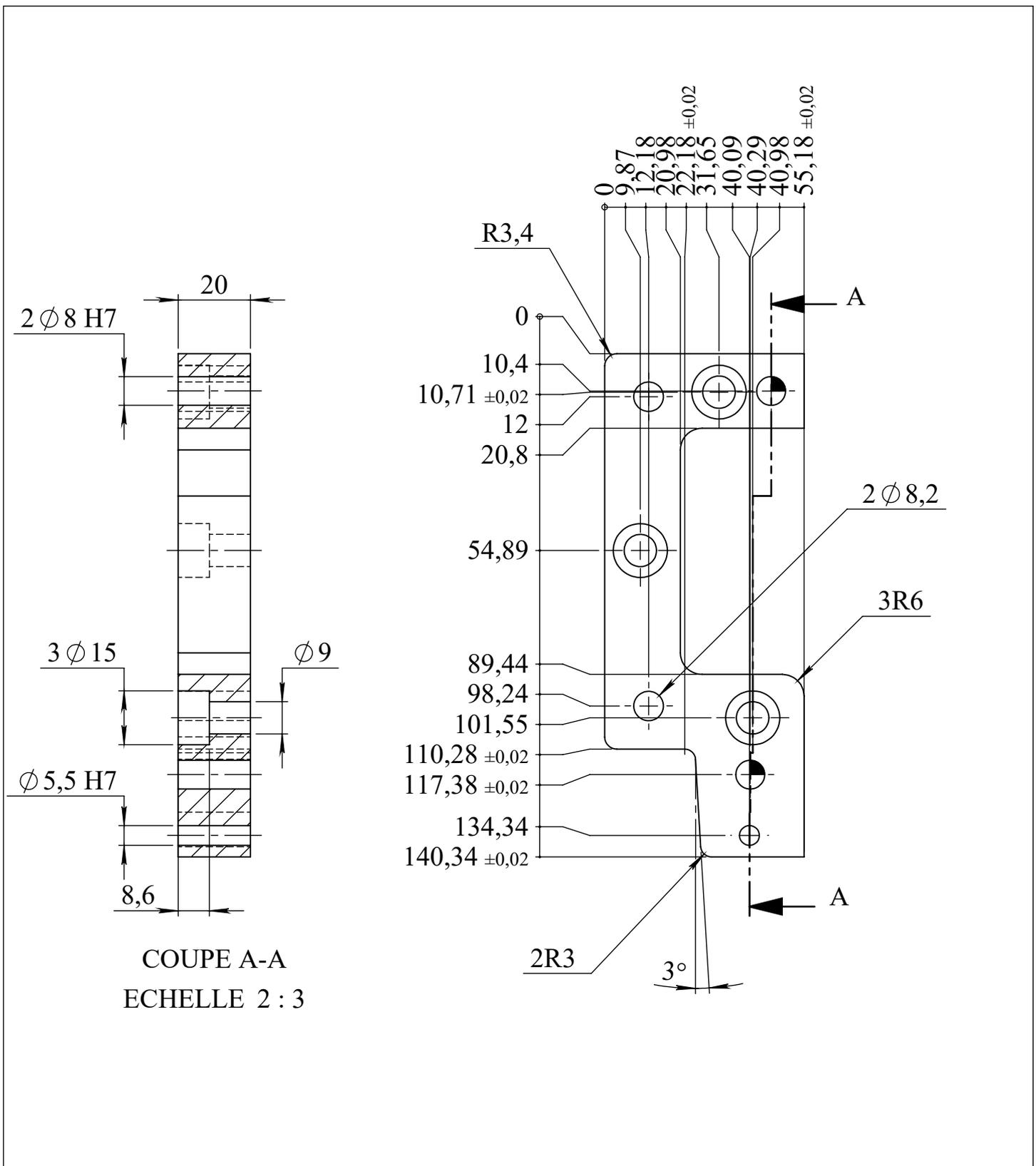


09	04	Ressort Léger Ejecteur	-	-
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 2/1		Outil Détournage poinçonnage Bandeau en INOX	Etat de surface	
Planche N°: 09				
		ZARED OUELHADJ	Promo : 2021/2022	
A4			FGC DGM UMMTO	MASTER II

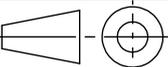


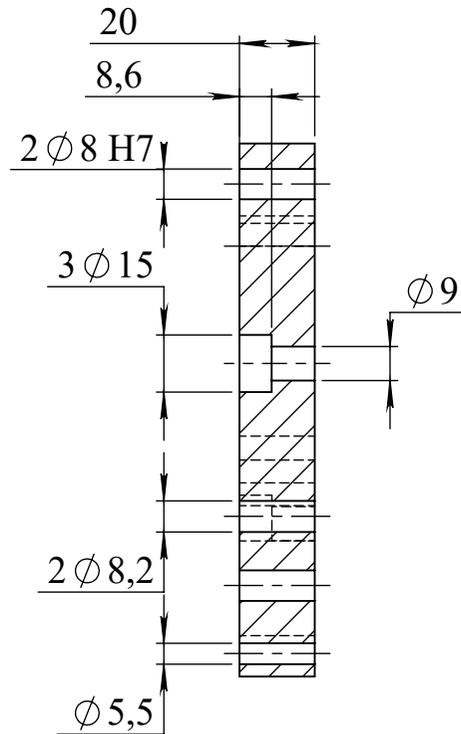
Ref	Nbr	Désignation	Ø	x
10	02	Ejecteur	08	50
11	02	Ejecteur	08	58

Echelle: 2/1	<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface
Planche N°:10 et 11		
	ZARED OUELHADJ	Promo : 2021/2022
A4	 FGC DGM UMMTO	MASTER II

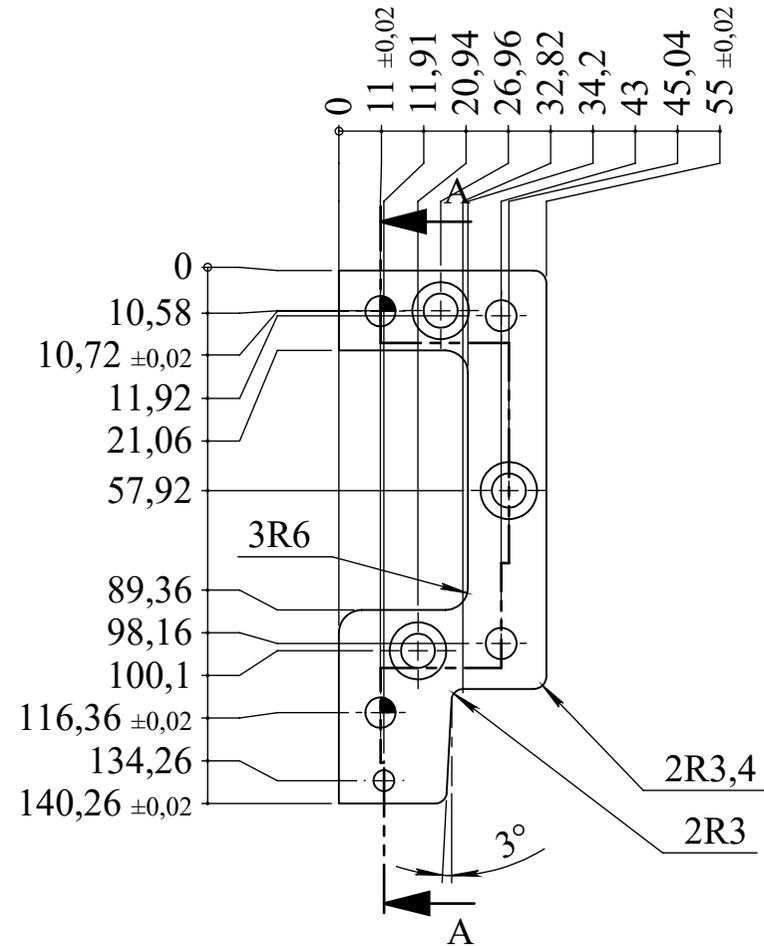


COUPE A-A  
ECHELLE 2 : 3

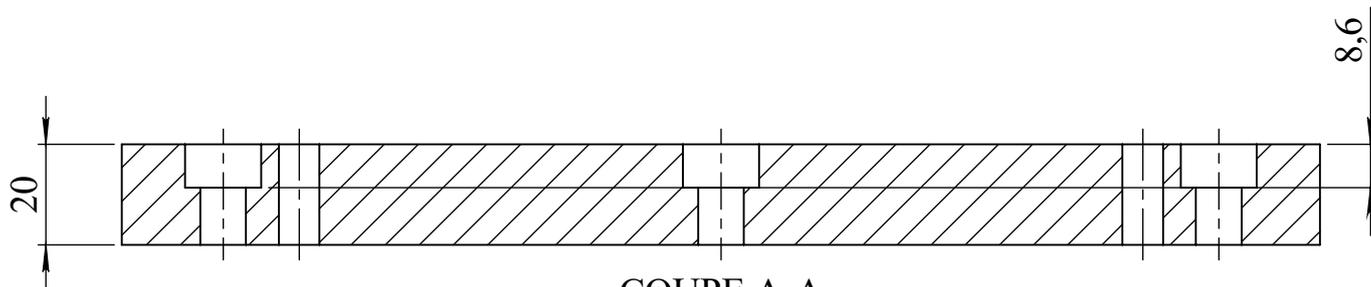
12	01	Couteau Rep 01	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 2/3		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface 1.6/	
Planche N°: 12				
		ZARED OUELHADJ	Promo : 2021/2022	
A4		 <b>FGC DGM UMMTO</b>	<b>MASTER II</b>	



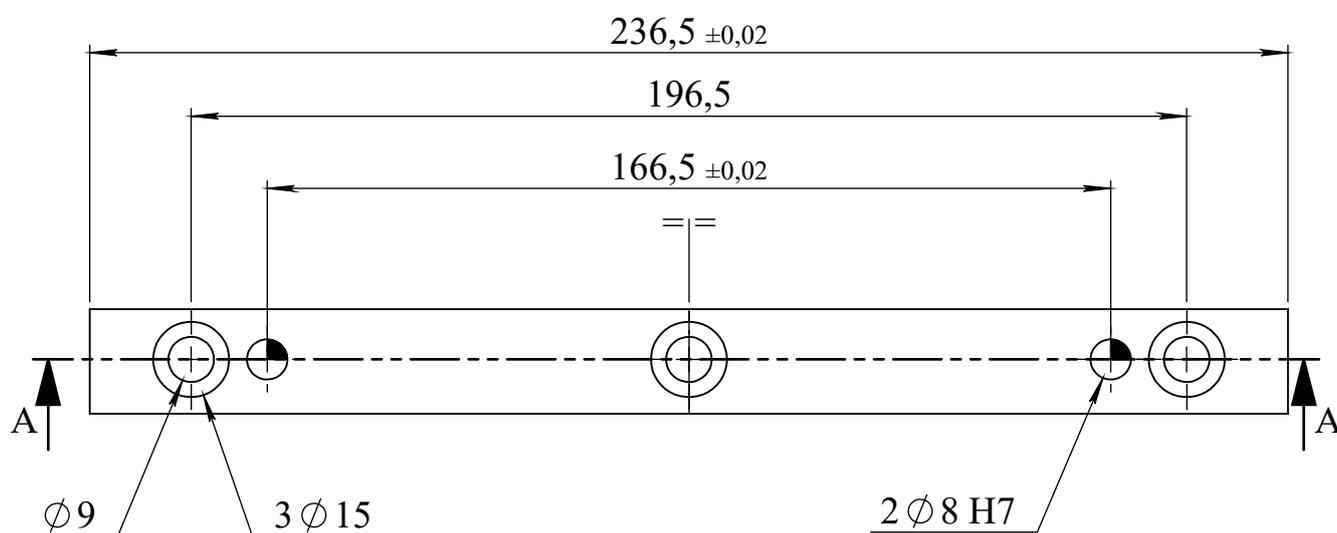
COUPE A-A

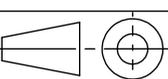


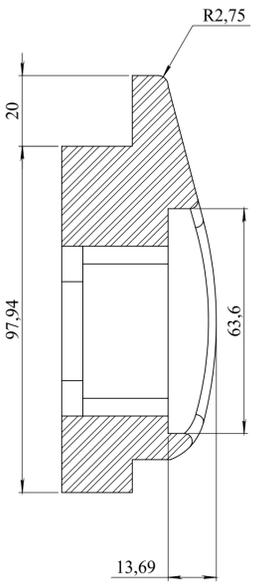
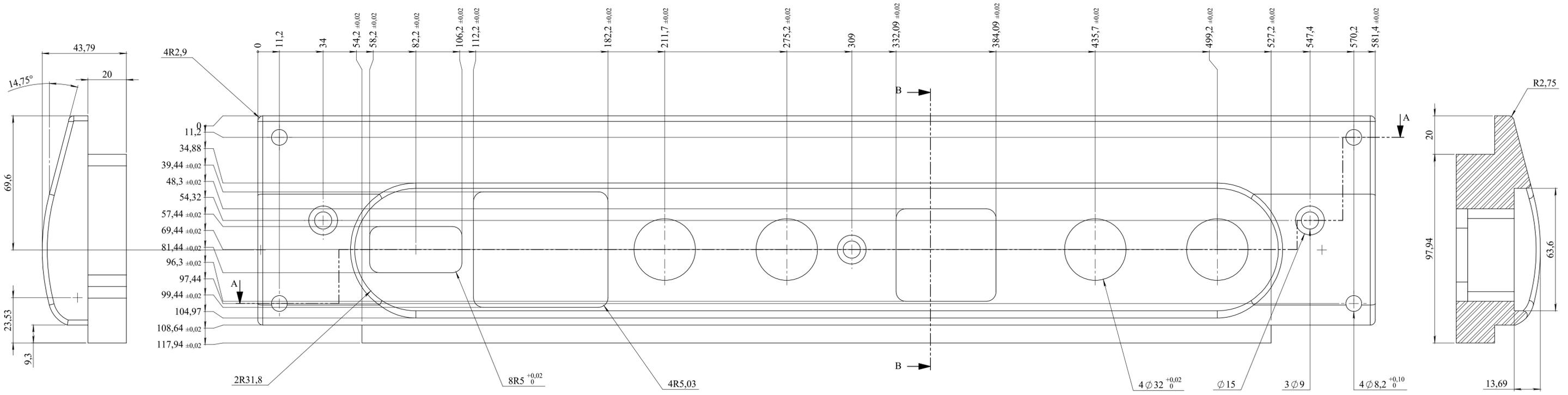
13	01	Couteau Rep 02	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/2		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface 1.6/	
Planche N° 13				
		ZARED OUELHADJ	Promo 2021/2022	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	



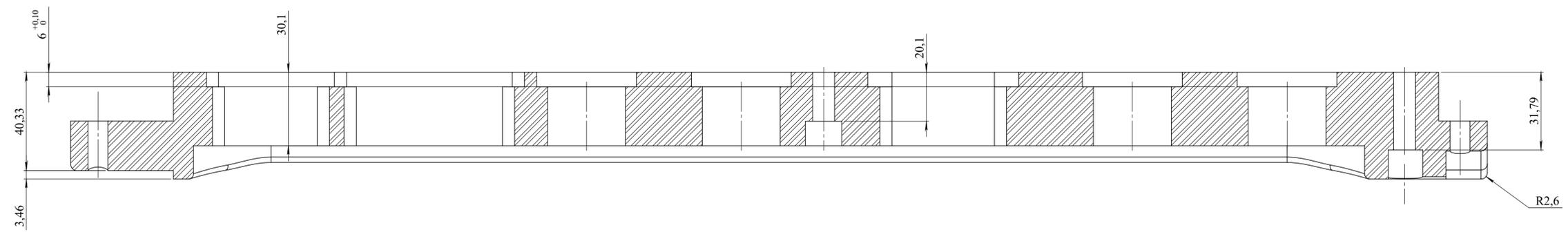
COUPE A-A  
ECHELLE 2 : 3



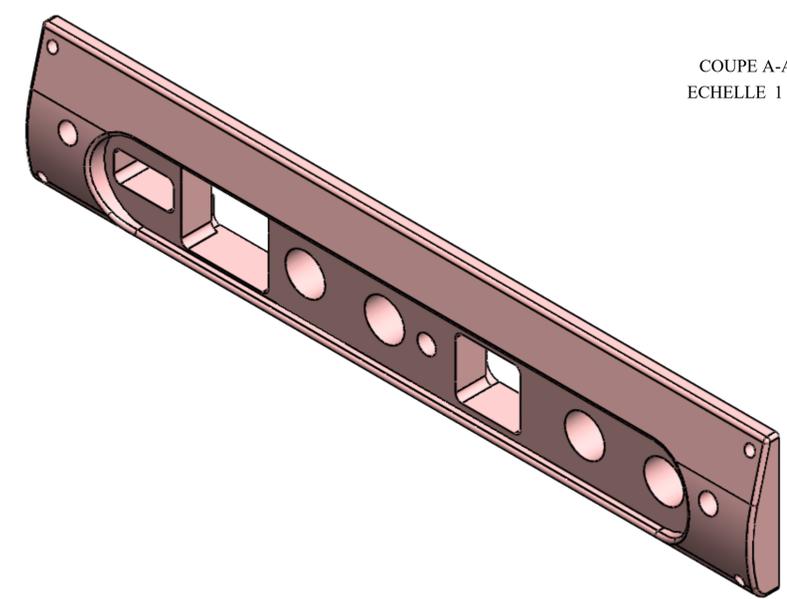
14	04	couteau	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 2/3		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface 1.6/ √	
Planche N°: 14			ZARED OUELHADJ	
		FGC DGM UMMTO		Promo : 2021/2022
A4		FGC DGM UMMTO		MASTER II



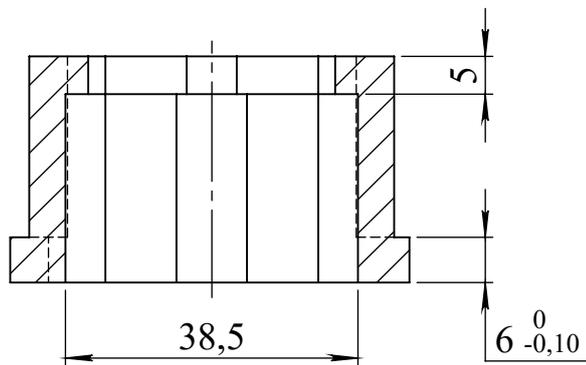
COUPE B-B  
ECHELLE 1 : 1



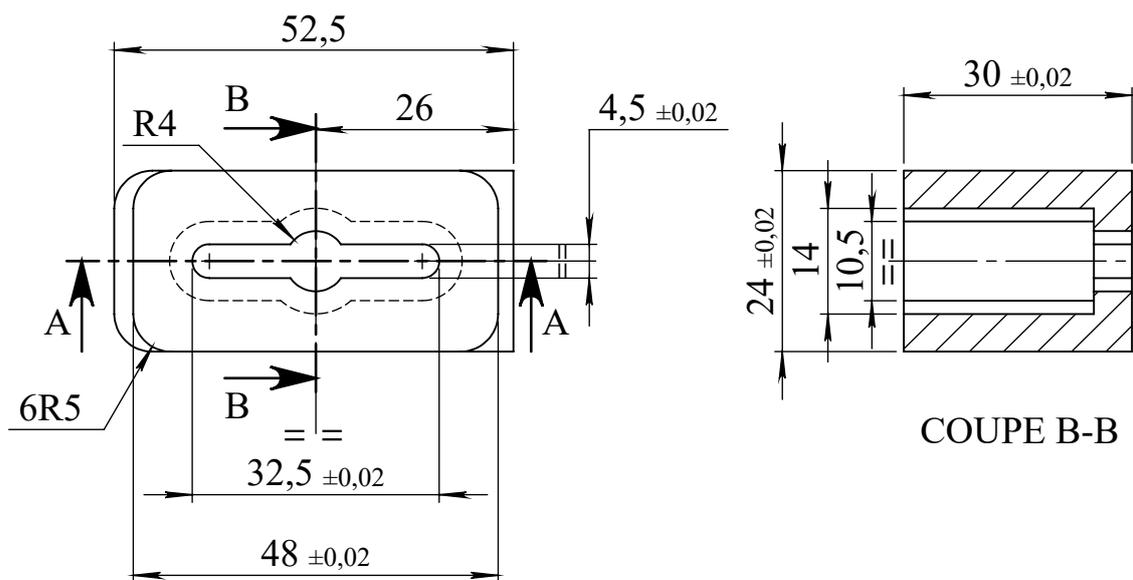
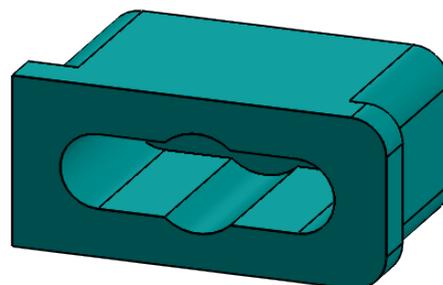
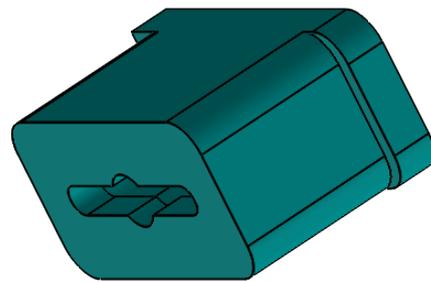
COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 1



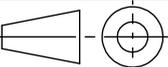
14	01	Porte Canon	XC 48	Cimenté
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1/1		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface 1.6/	
Planche N°: 14			ZARED OUELHADJ	
A2		FGC - DGM - UMMTO		Promo: 2021/2022 Master II

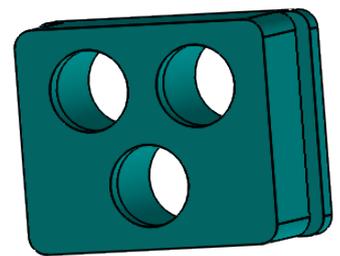
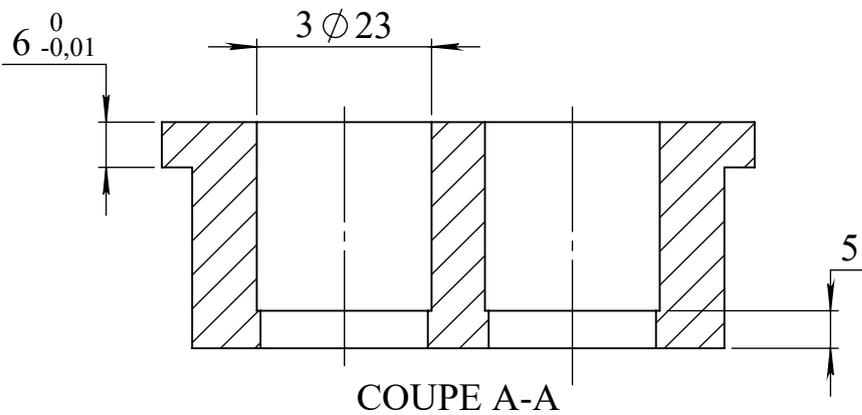
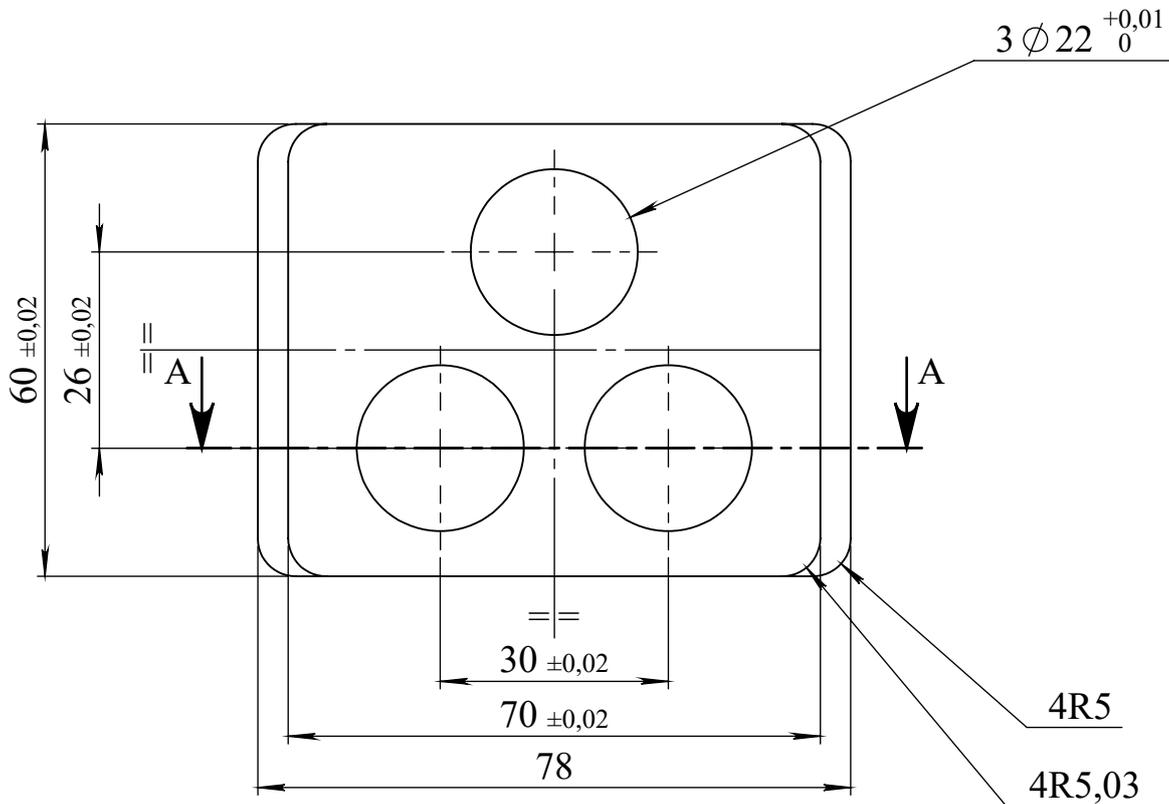


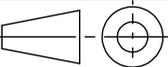
COUPE A-A

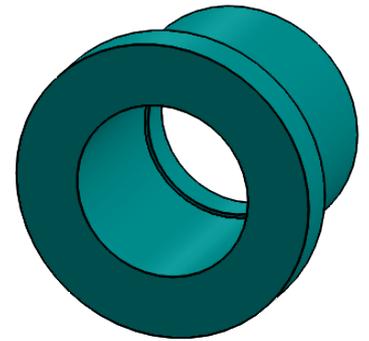
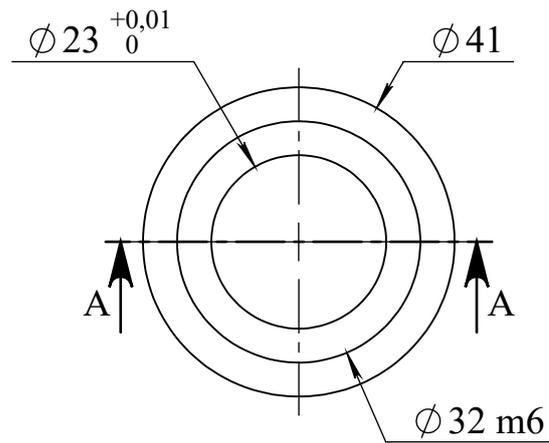
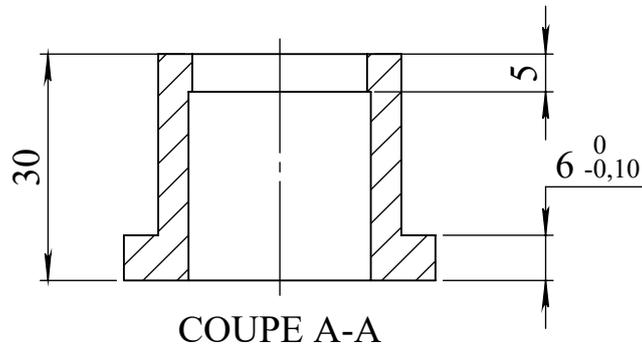


COUPE B-B

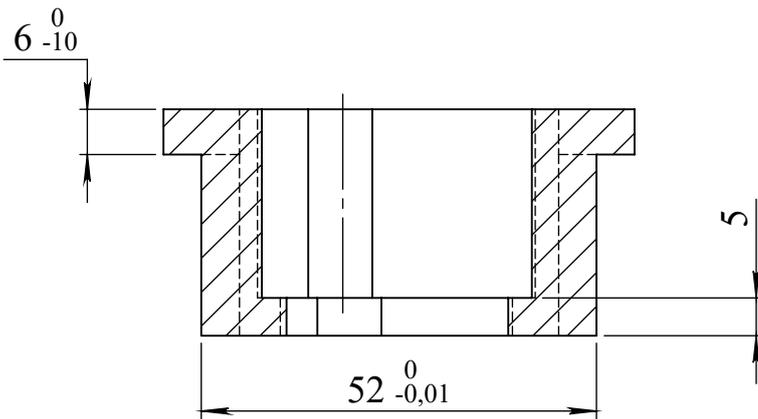
15	01	Canon Pour La Minutré	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface 1.6/√	
Planche N°: 15			Promo : 2021/2022	
		ZARED OUELHADJ	Promo : 2021/2022	
A4		 FGC DGM UMMTO	MASTER II	



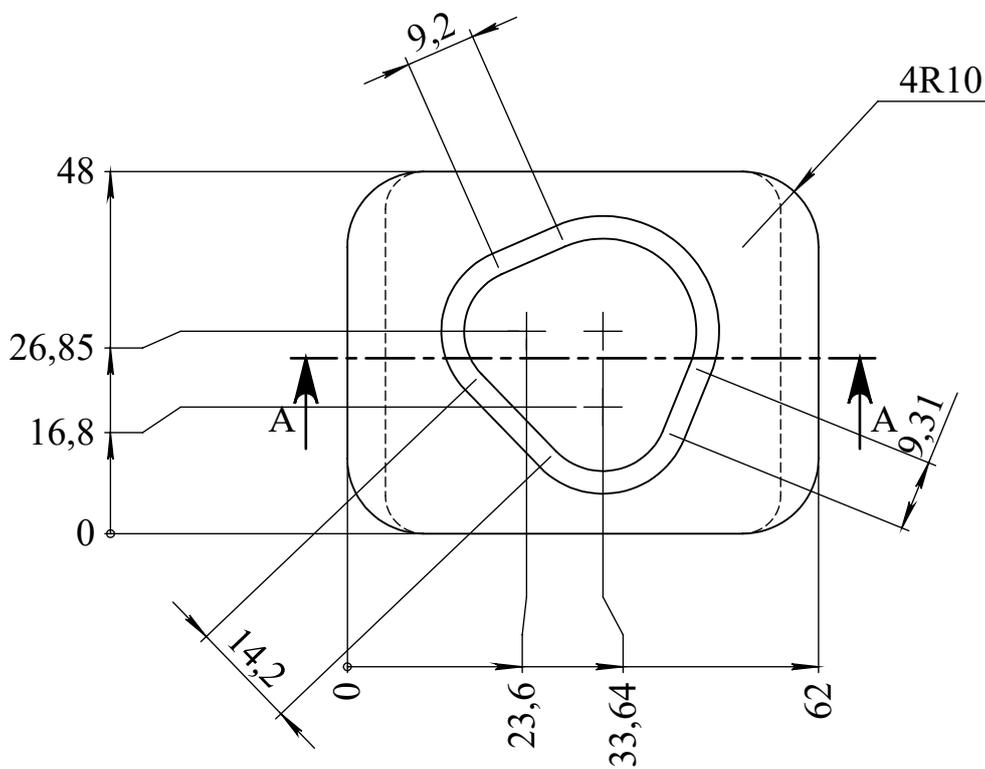
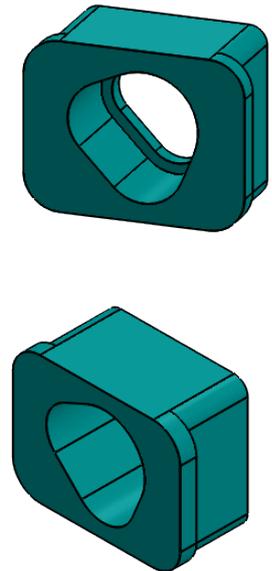
16	01	Matrice Bouton D'allumage	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1	<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>			Etat de surface 1.6/
Planche N°: 16				
	ZARED OUELHADJ			Promo : 2020/2021
A4		FGC DGM UMMTO		MASTER II

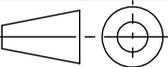


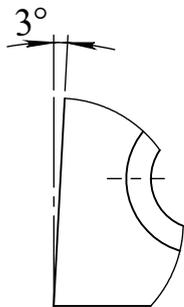
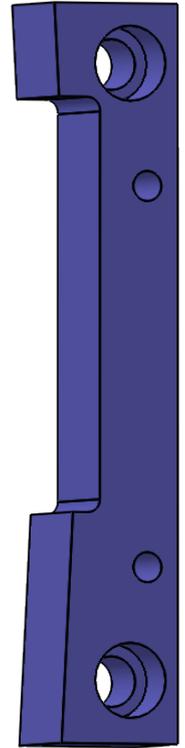
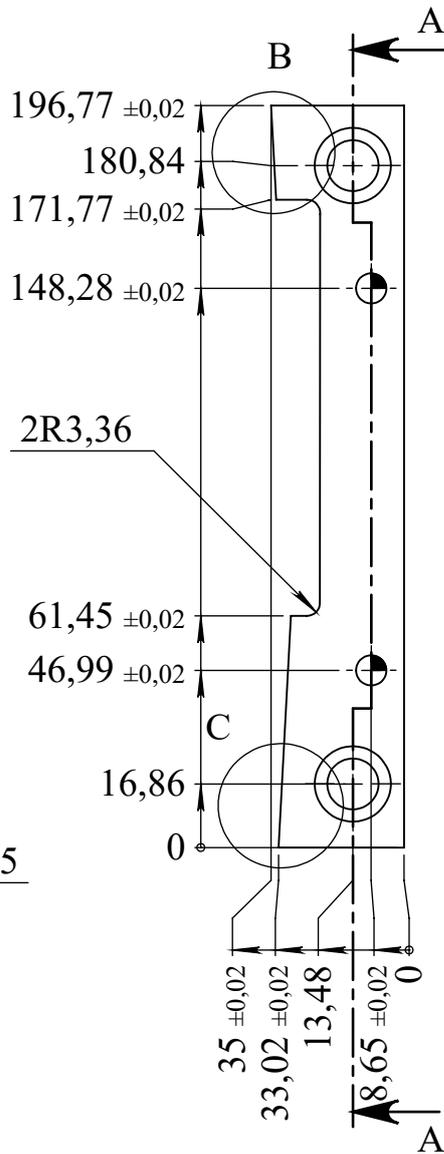
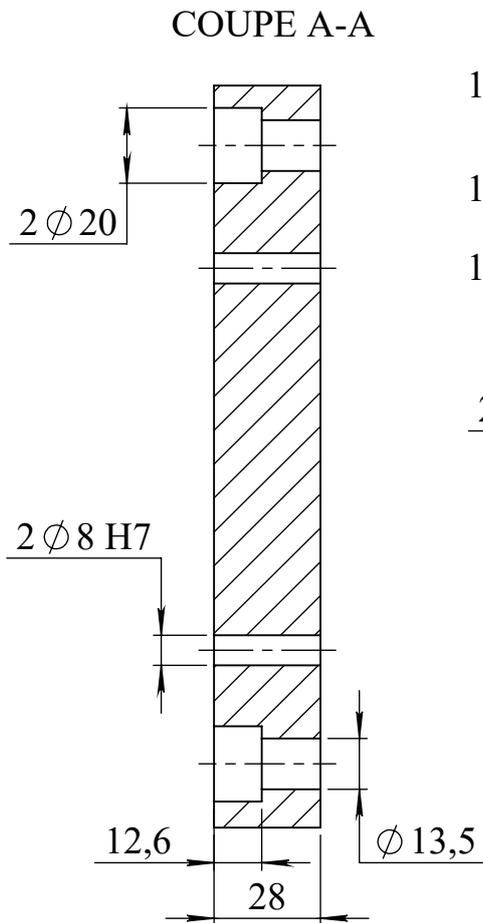
17	04	Canon Pour Robenet	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface 1.6/	
Planche N°: 17				
		ZARED OUELHADJ	Promo : 2021/2022	
A4		FGC DGM UMMTO	MASTER II	



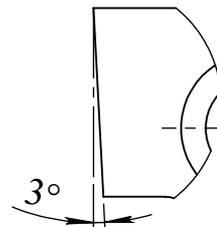
COUPE A-A



18	01	Canon Pour Robenet Thermostatique	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1/1	<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>			Etat de surface 1.6/√
Planche N°: 18				Observation
	ZARED OUELHADJ			Promo : 2021/2022
A4	 FGC DGM UMMTO			MASTER II

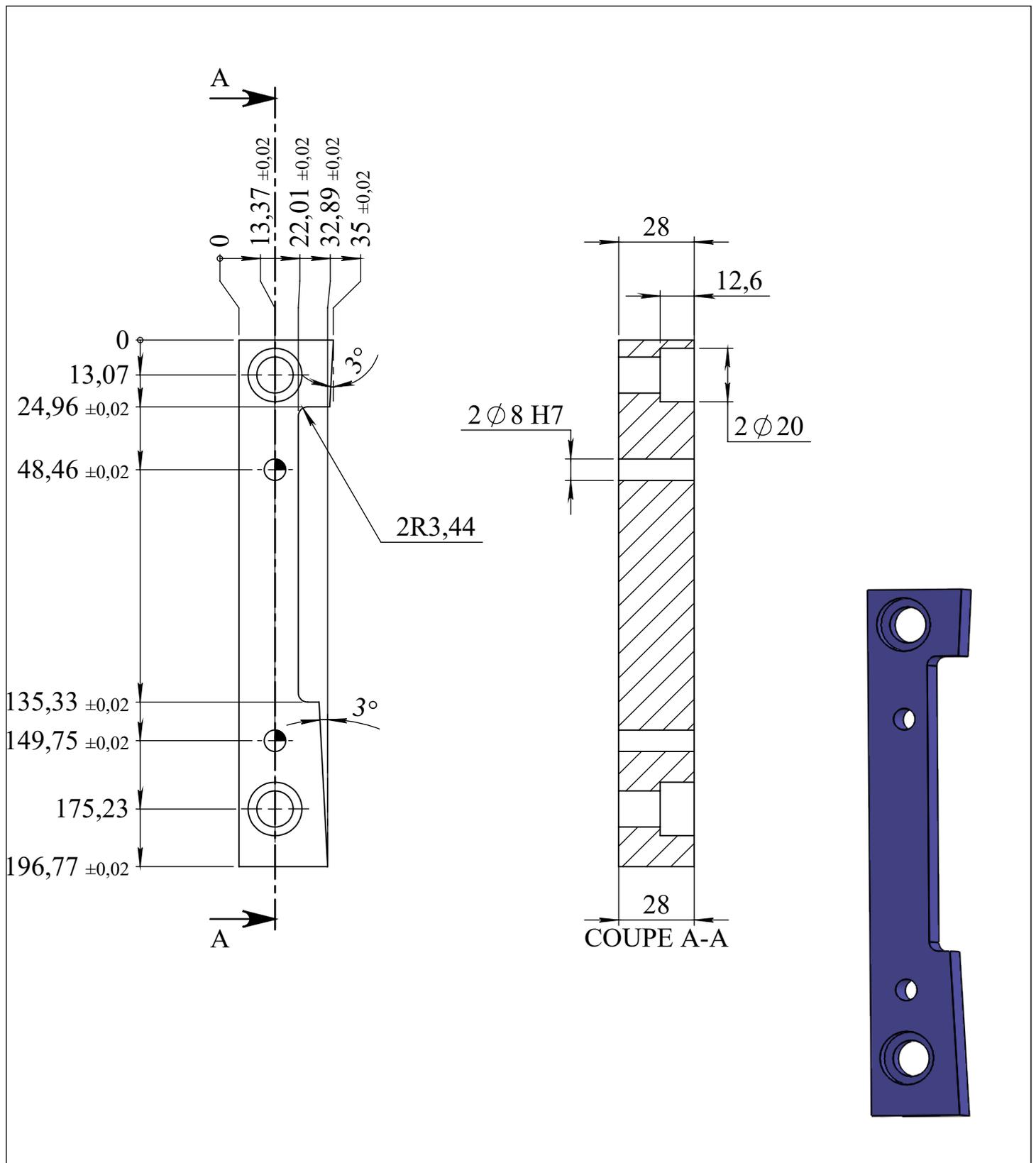


DÉTAIL C  
ECHELLE 1 : 1

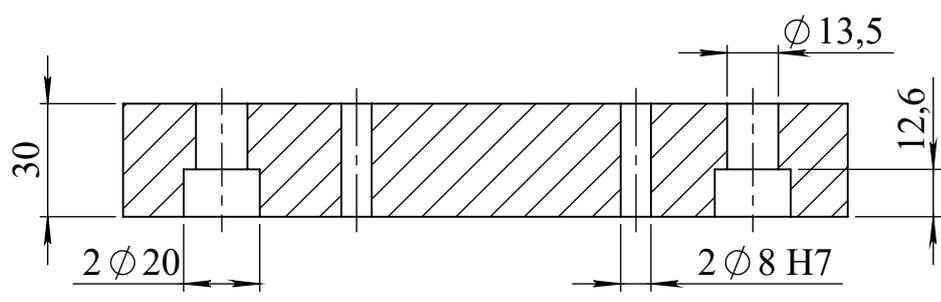
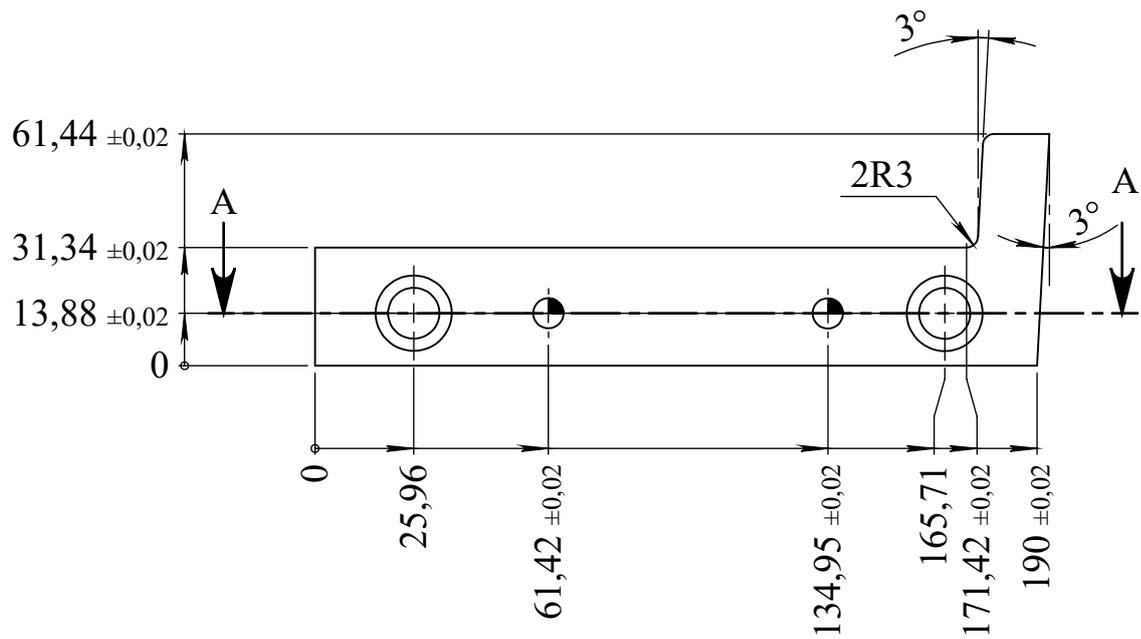


DÉTAIL B  
ECHELLE 1 : 1

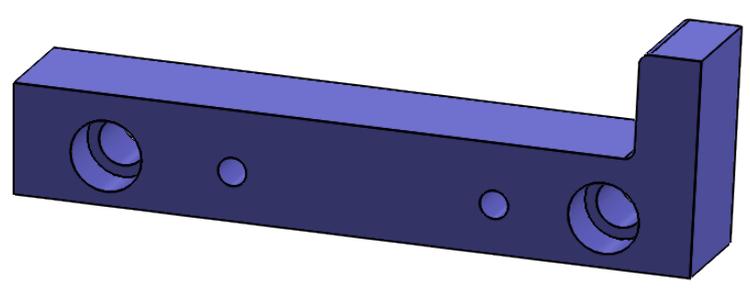
19	01	Lame SUP 01	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/2		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface 1.6/	
Planche N°: 19				
		ZARED OUELHADJ	Promo : 2021/2022	
A4		FGC DGM UMMTO	MASTER II	



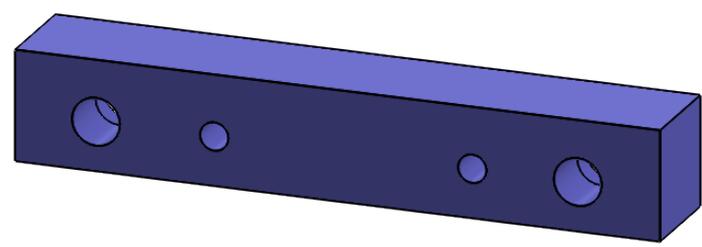
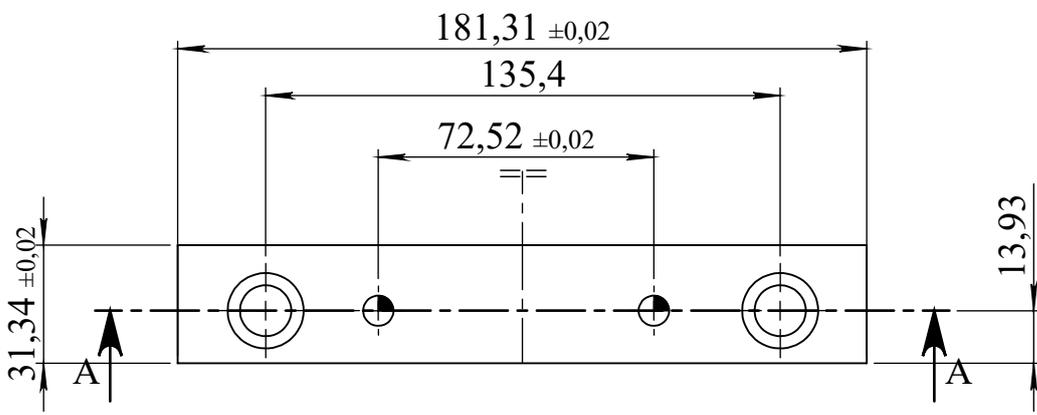
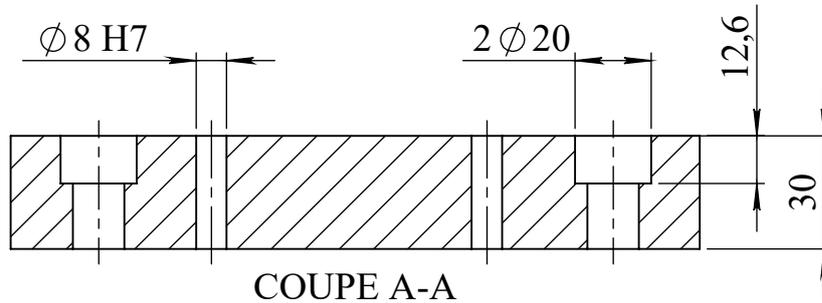
20	01	Lame SUP 02	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/2		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface 1.6/	
Planche N°: 20				
		ZARED OUELHADJ	Promo : 2021/2022	
A4		FGC DGM UMMTO	MASTER II	



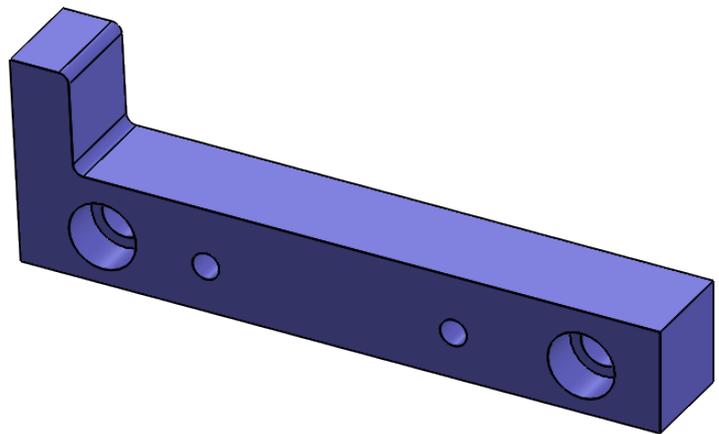
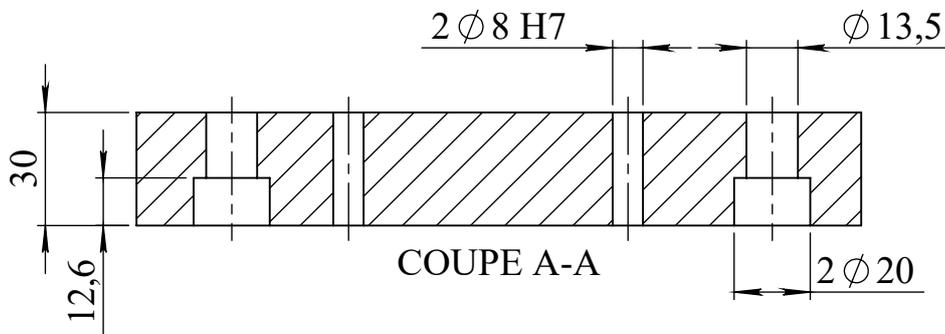
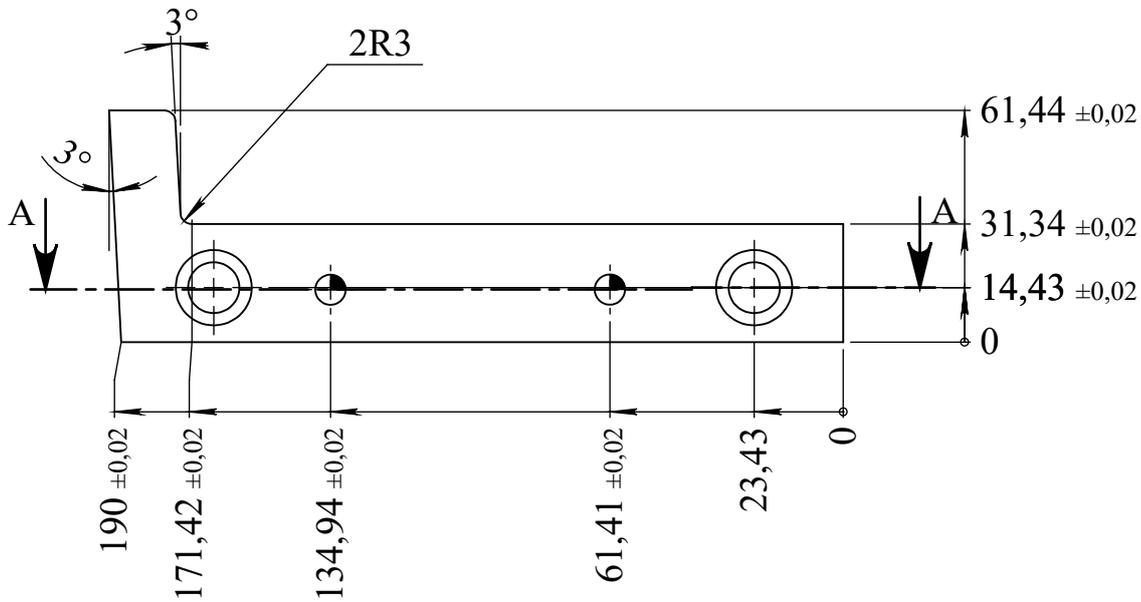
COUPE A-A



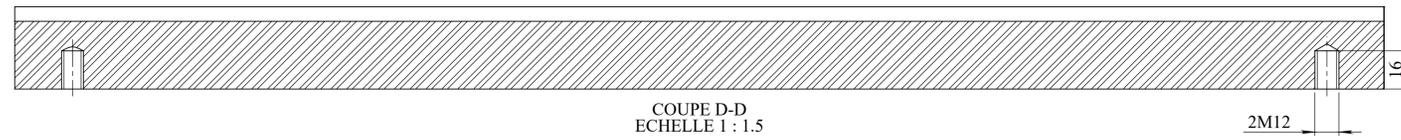
21	01	Lame SUP en L Droite	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/2		<b>Outil Détournage poinçonnage Bandeau en INOX</b>		Etat de surface 1.6/√
Planche N°: 21				
		ZARED OULEHADJ		Promo : 2021/2022
A4				MASTER II



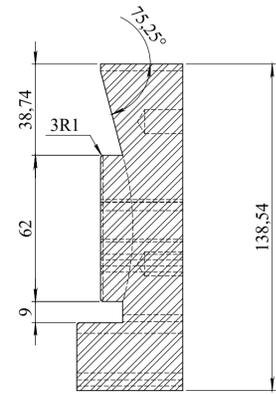
23	04	Lame SUP	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/2		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface 1.6/	
Planche N°: 22				
		ZARED OUELHADJ	Promo : 2021/2022	
A4		FGC DGM UMMTO	MASTER II	



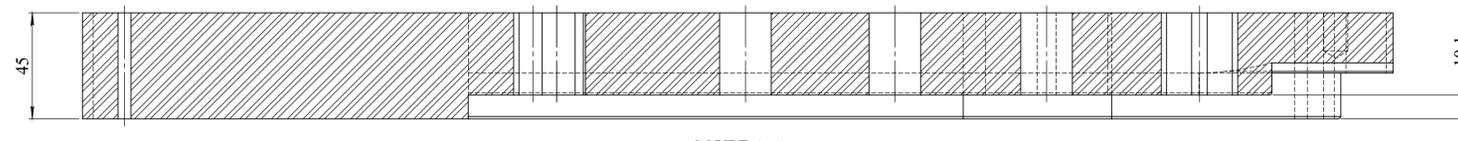
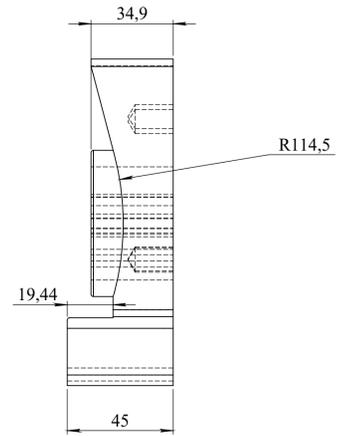
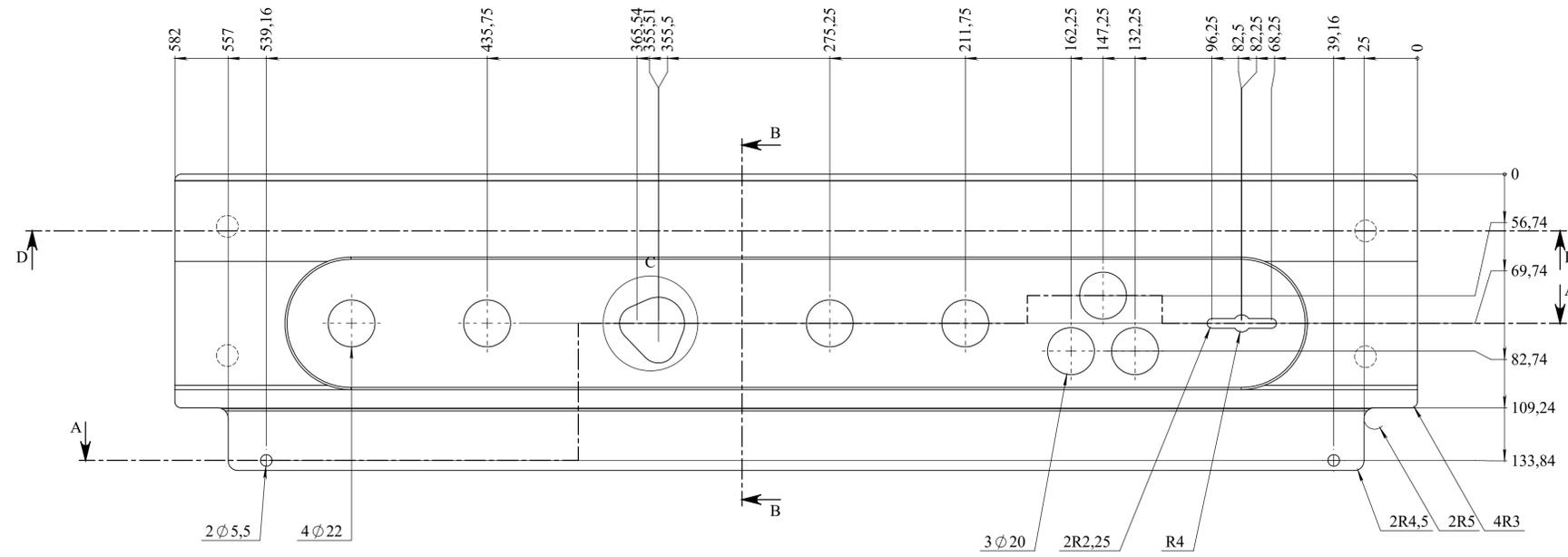
22	01	Lame SUP en L Gauche	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1/2		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>		Etat de surface 1.6/ ✓
Planche N°: 22				
		ZARED OUELHADJ	Promo : 2021/2022	
A4		FGC DGM UMMTO	MASTER II	



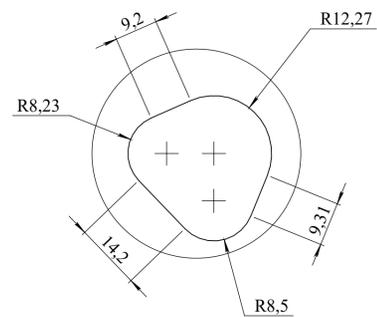
COUPE D-D  
ECHELLE 1 : 1.5



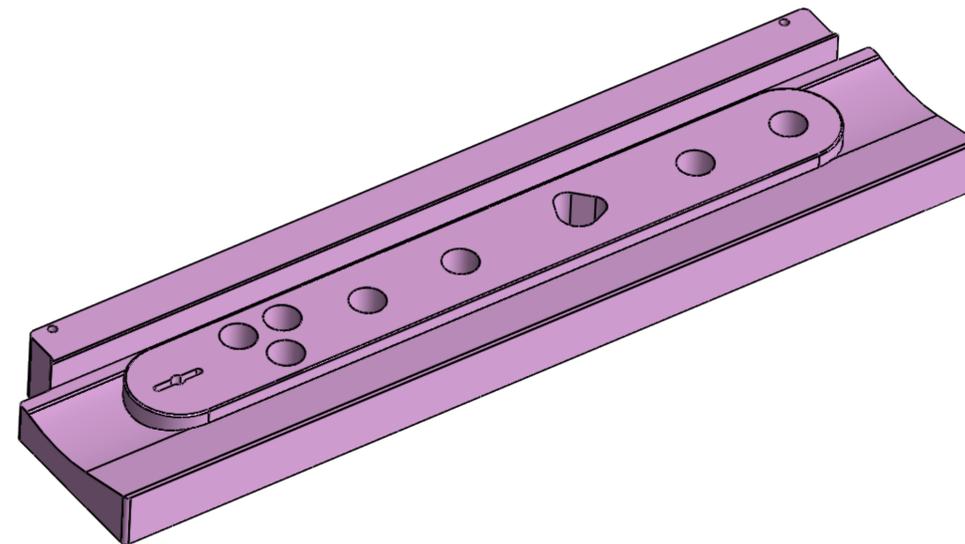
COUPE B-B  
ECHELLE 1 : 1.5



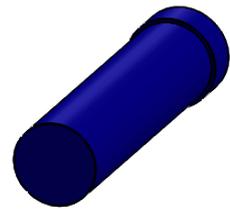
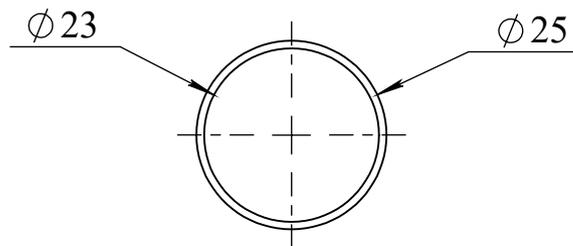
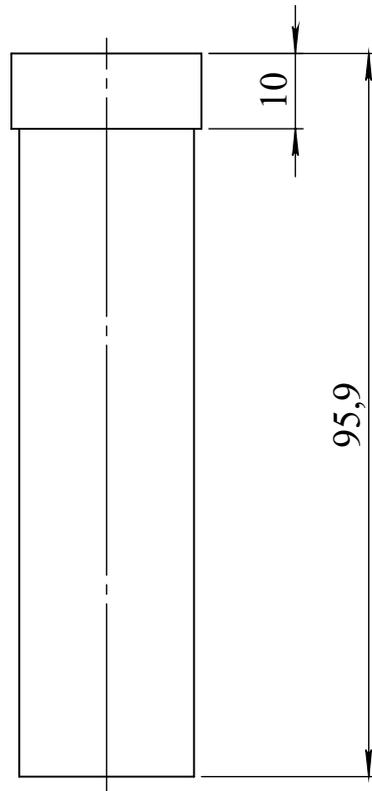
COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 1.5

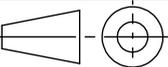


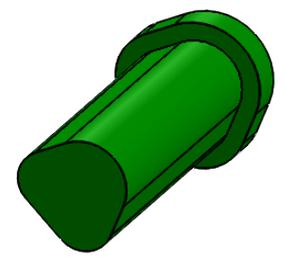
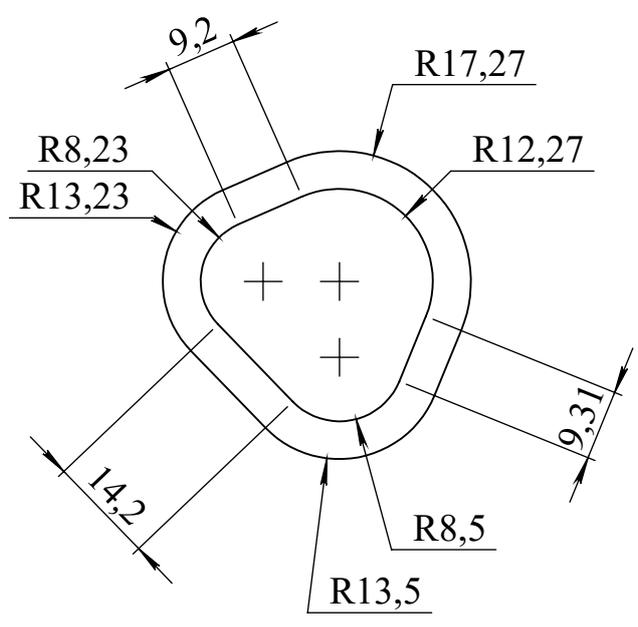
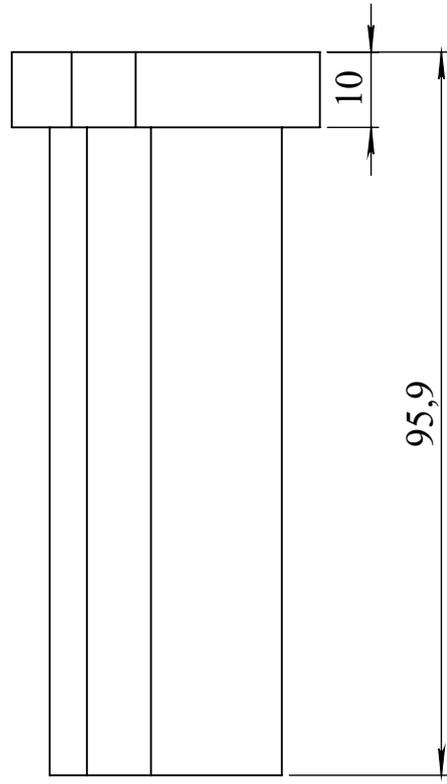
DÉTAIL C  
ECHELLE 2 : 1.5

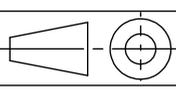


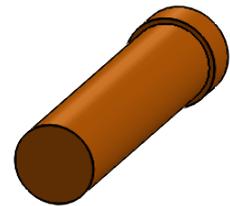
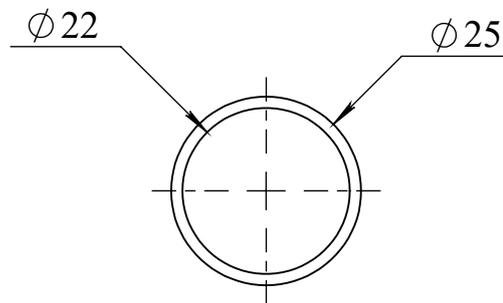
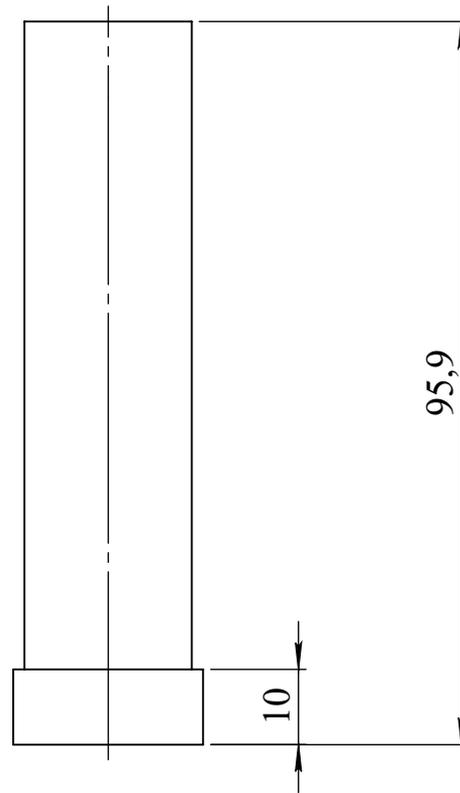
24	01	Serre Flan	XC 48	Cementé
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1/1.5		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface 3.2/	
Planche N°: 24			Promo: 2021/2022	
A2		ZARED OUELHADJ	Master II	
		FGC - DGM - UMMTO		

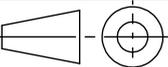


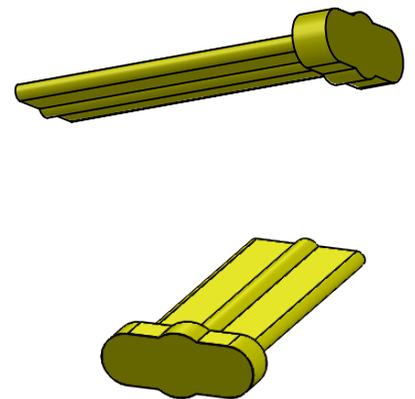
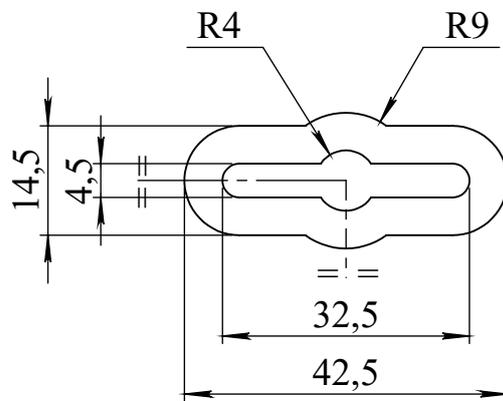
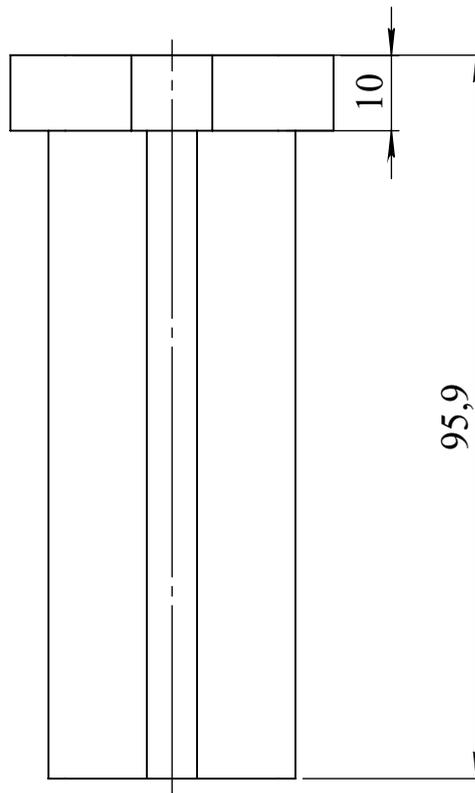
25	04	Poinçon $\phi 23 \times 95.9$	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1	<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>			Etat de surface 1.6/ ✓
Planche N°: 25				
	ZARED OUELHADJ			Promo : 2021/2022
A4		FGC DGM UMMTO		MASTER II

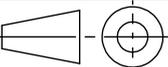


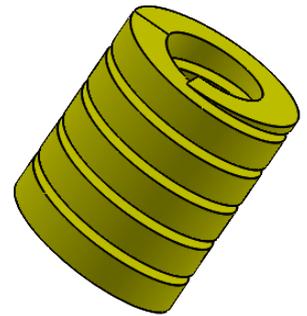
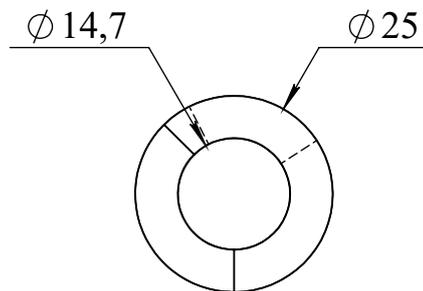
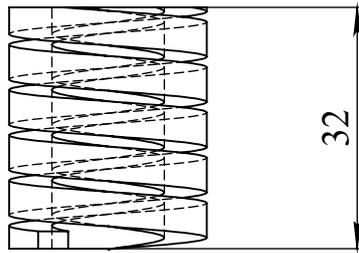
26	01	Poinçon Robenet Thermostatique	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1/1		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface 1.6/	
Planche N°: 26				
		ZARED OUELHADJ	Promo : 2021/2022	
A4		 <b>FGC DGM UMMTO</b>	MASTER II	

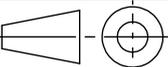


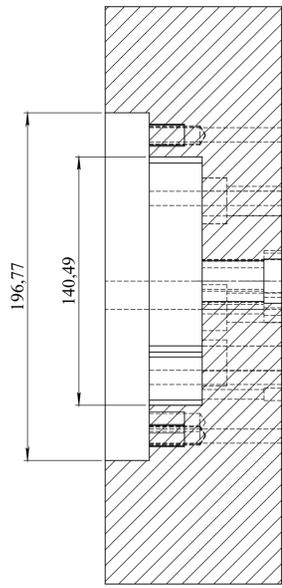
27	03	Poinçon $\phi$ 22 X 95.9	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface	
Planche N°: 27			1.6/	
		ZARED OUELHADJ	Promo : 2021/2022	
A4		 <b>FGC DGM UMMTO</b>	MASTER II	



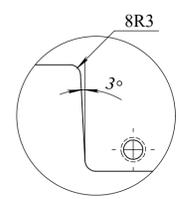
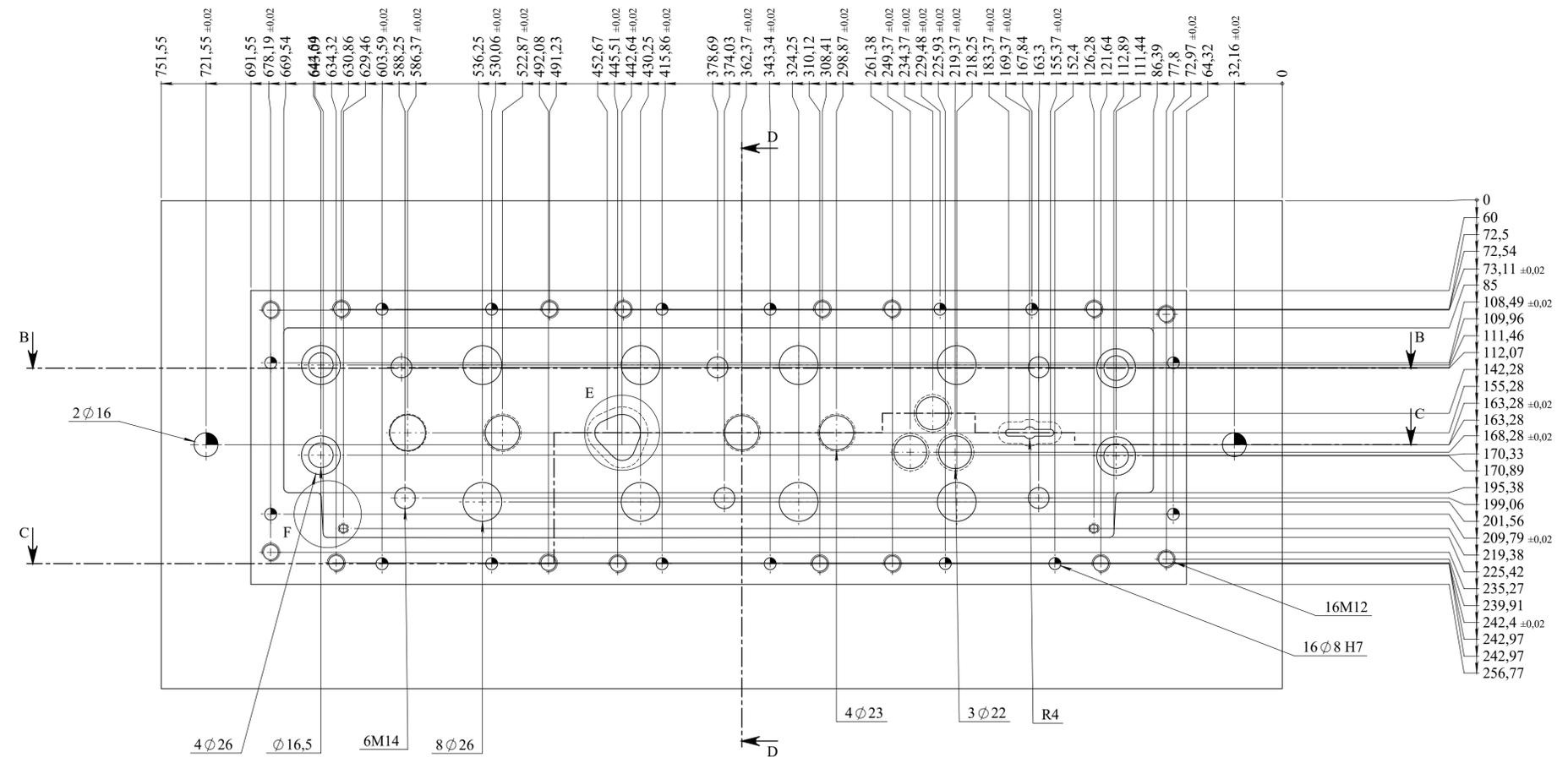
28	01	Poinçon minutrie	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1/1	<b>Outil Détournage poinçonnage</b> <b>Bandeau en INOX</b>			Etat de surface $\sqrt{1.6}$
Planche N°: 28				
	ZARED OUELHADJ			Promo : 2021/2022
A4	 FGC DGM UMMTO	MASTER II		



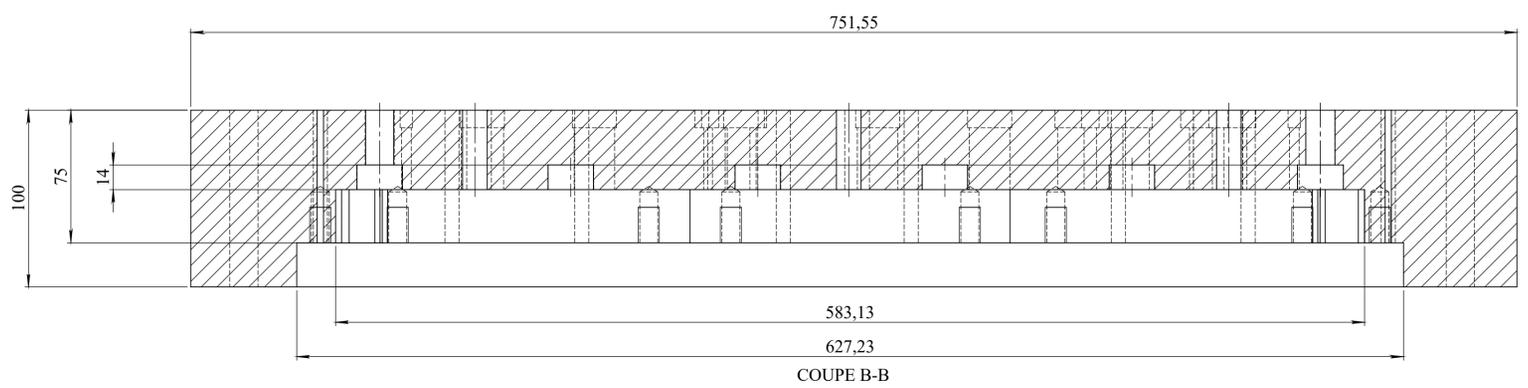
29	12	Ressort extra fore $\phi$ 25 X 32	Fil D'acier à ressort (Cr-V/Cr-Si)	ISO 10243
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1/1		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface	
Planche N°: 29			-	
		ZARED OUELHADJ	Promo : 2021/2022	
A4		 <b>FGC DGM UMMTO</b>	MASTER II	



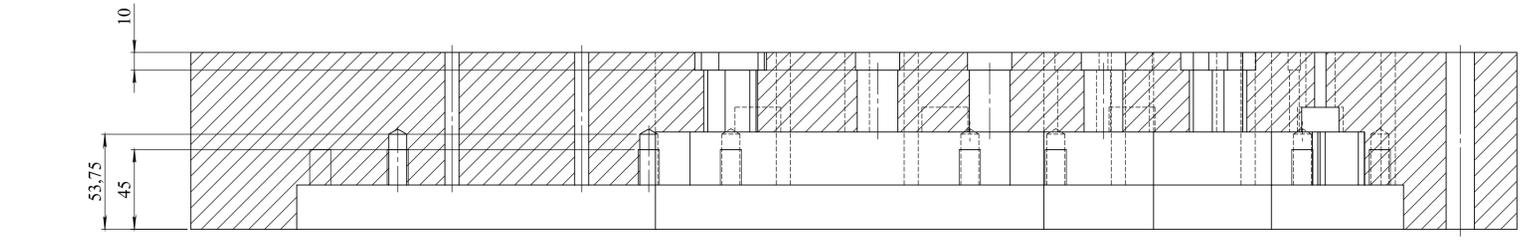
COUPE D-D



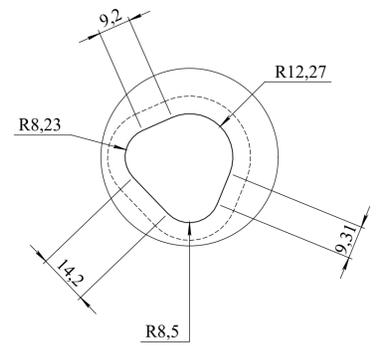
DÉTAIL F  
ECHELLE 1 : 1



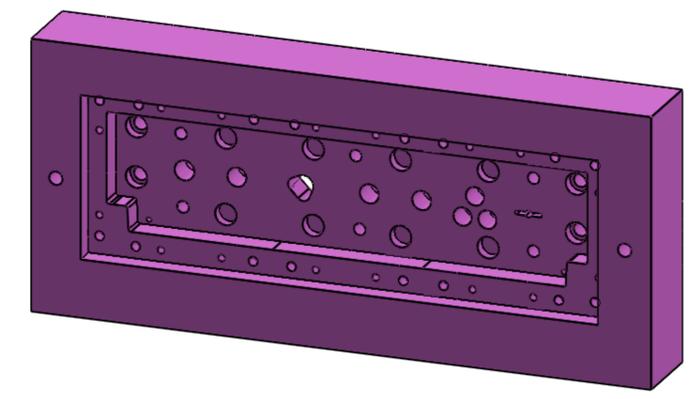
COUPE B-B



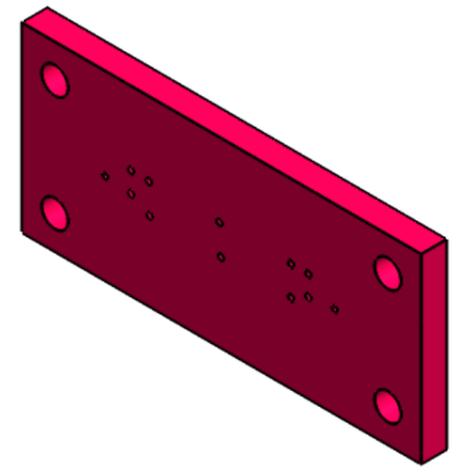
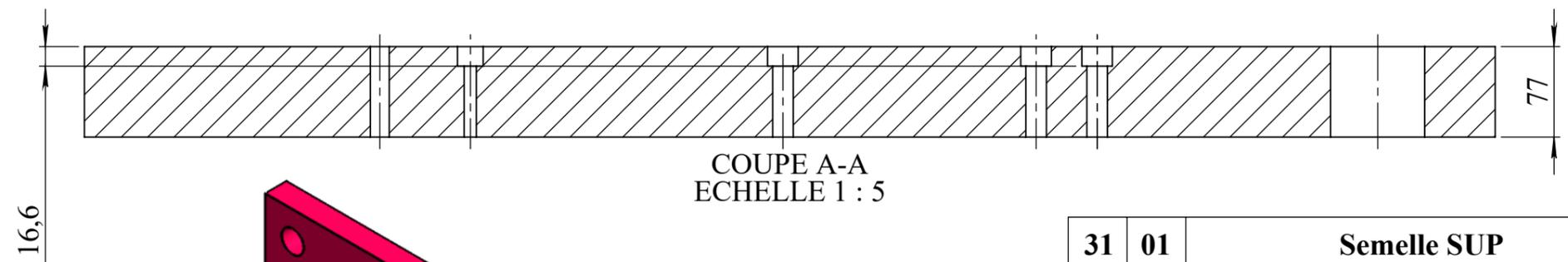
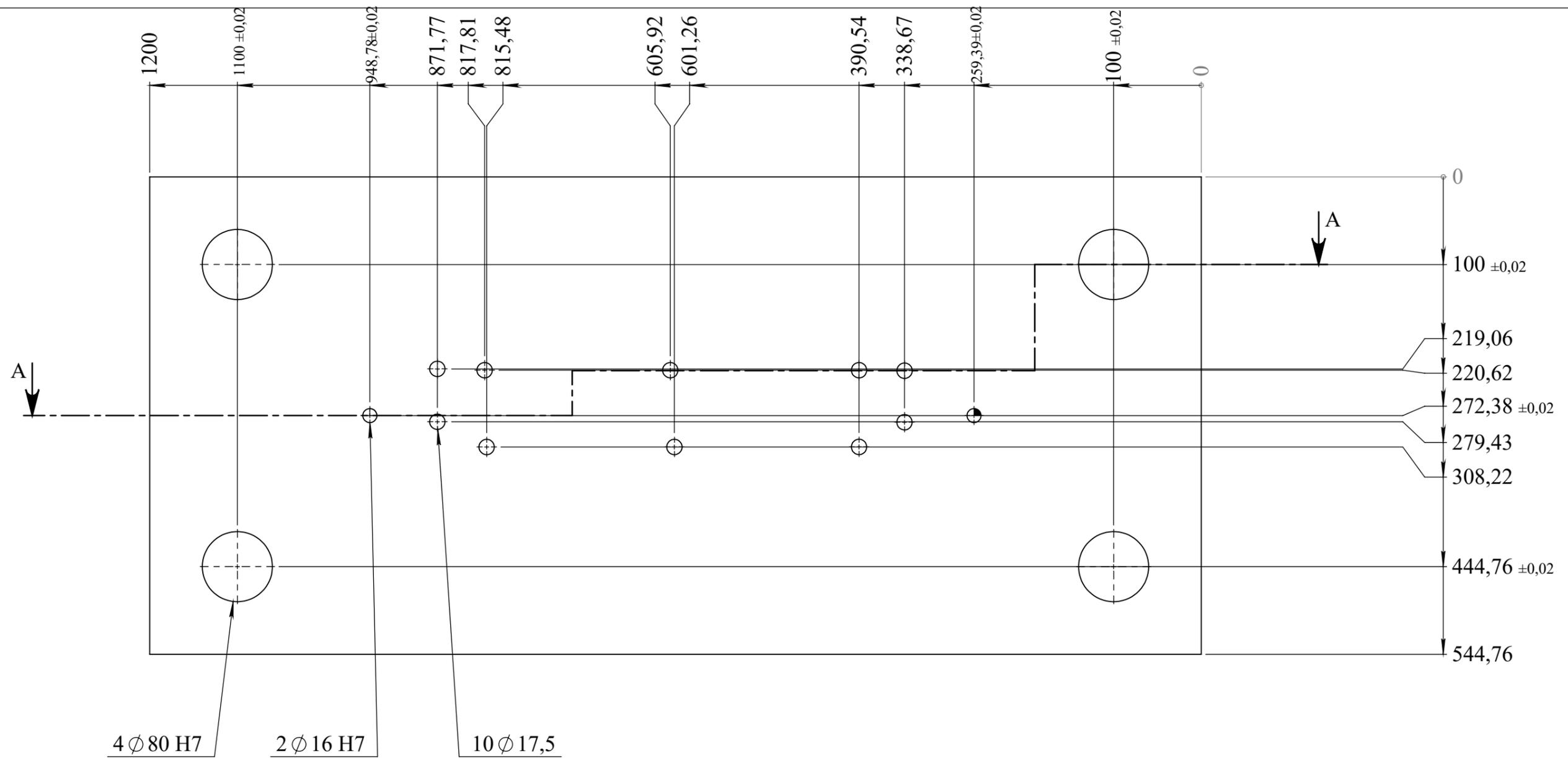
COUPE C-C

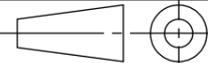


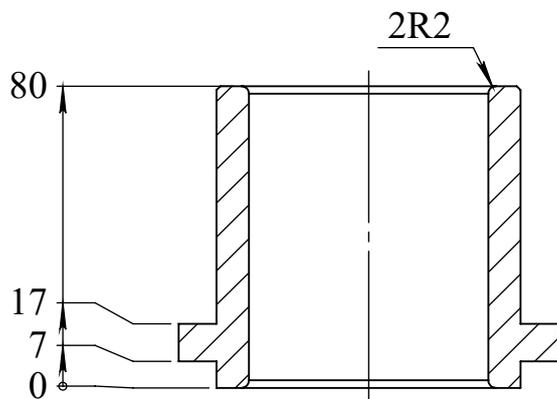
DÉTAIL E  
ECHELLE 1 : 1



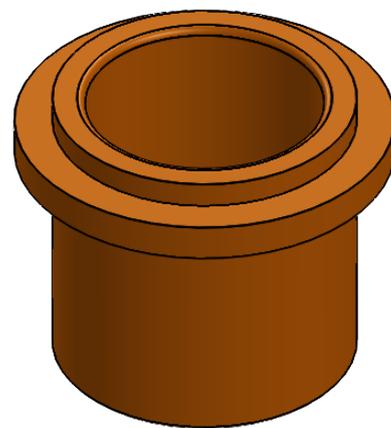
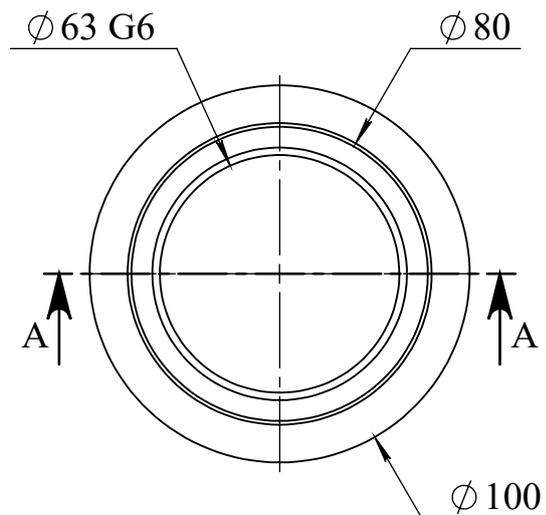
30	01	Porte-Lame	XC 48	-
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1/2		<b>Outil Détourage poinçonnage</b>	Etat de surface	
Planche N°: 30			<b>Bandeau en INOX</b>	
A2		ZARED OUELHADJ	Promo: 2021/2022	
A2		FGC - DGM - UMMTO	Master II	

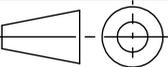


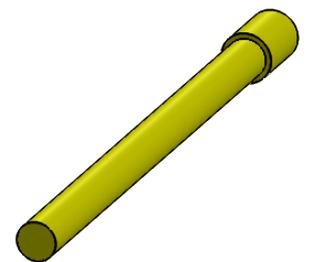
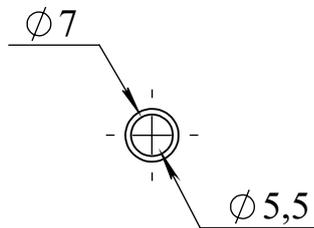
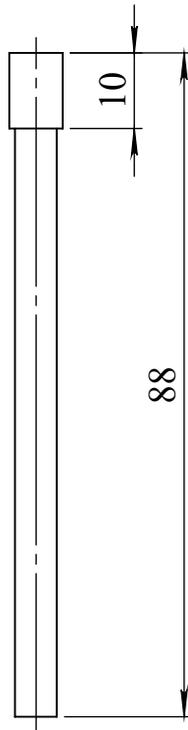
31	01	Semelle SUP	XC 48	-
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1/5		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface	
Planche N°: 31				
		ZARED OUELHADJ	Promo: 2021/2022	
A3		 FGC - DGM - UMMTO	Master II	

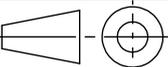


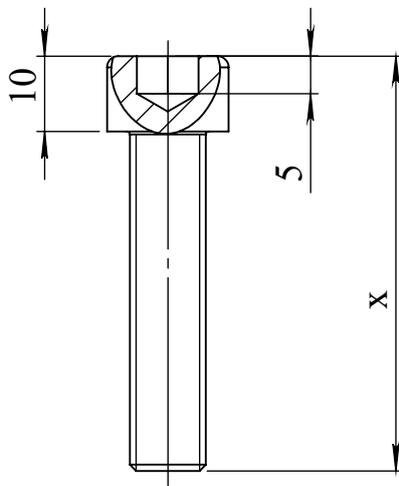
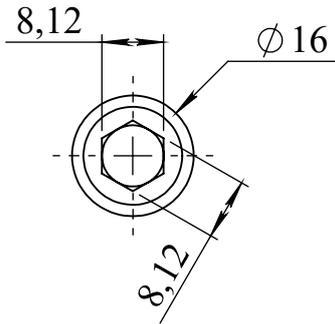
COUPE A-A

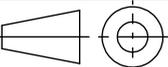


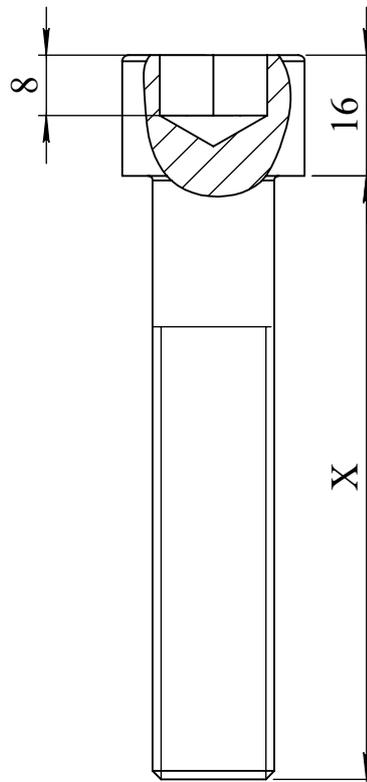
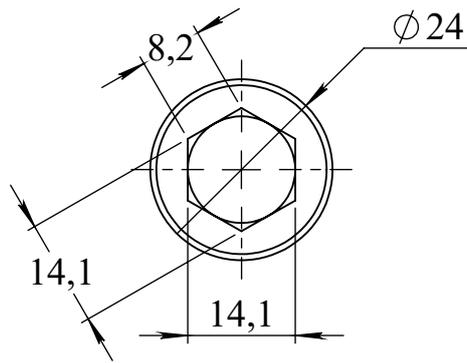
32	04	Bague en Bronze	Bronze	-
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/2	<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>			Etat de surface 1.6/ ✓
Planche N°: 32				
	ZARED OUELHADJ			Promo : 2021/2022
A4	 FGC DGM UMMTO	MASTER II		

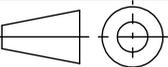


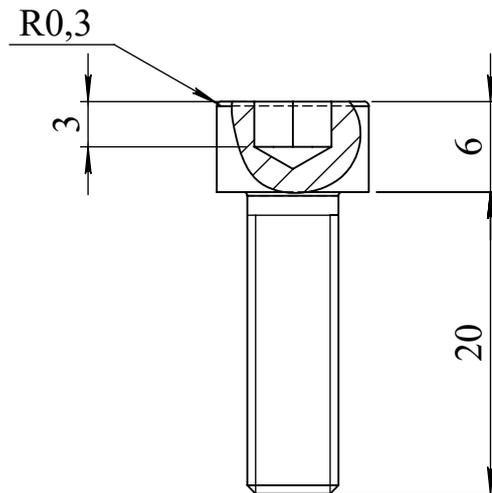
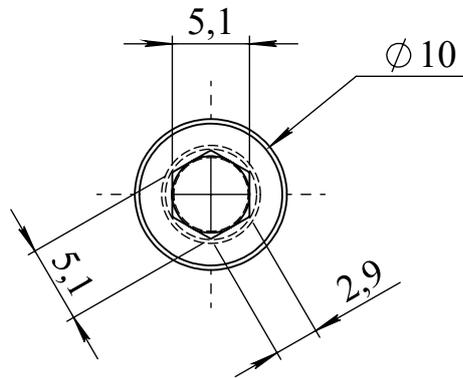
33	02	Poinçon $\phi 5.5 \times 88$	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1	<b>Outil Détourage poinçonnage</b> <b>Bandeau en INOX</b>			Etat de surface 1.6/
Planche N°: 33				
	ZARED OUELHADJ			Promo : 2021/2022
A4		FGC DGM UMMTO	MASTER II	

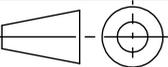


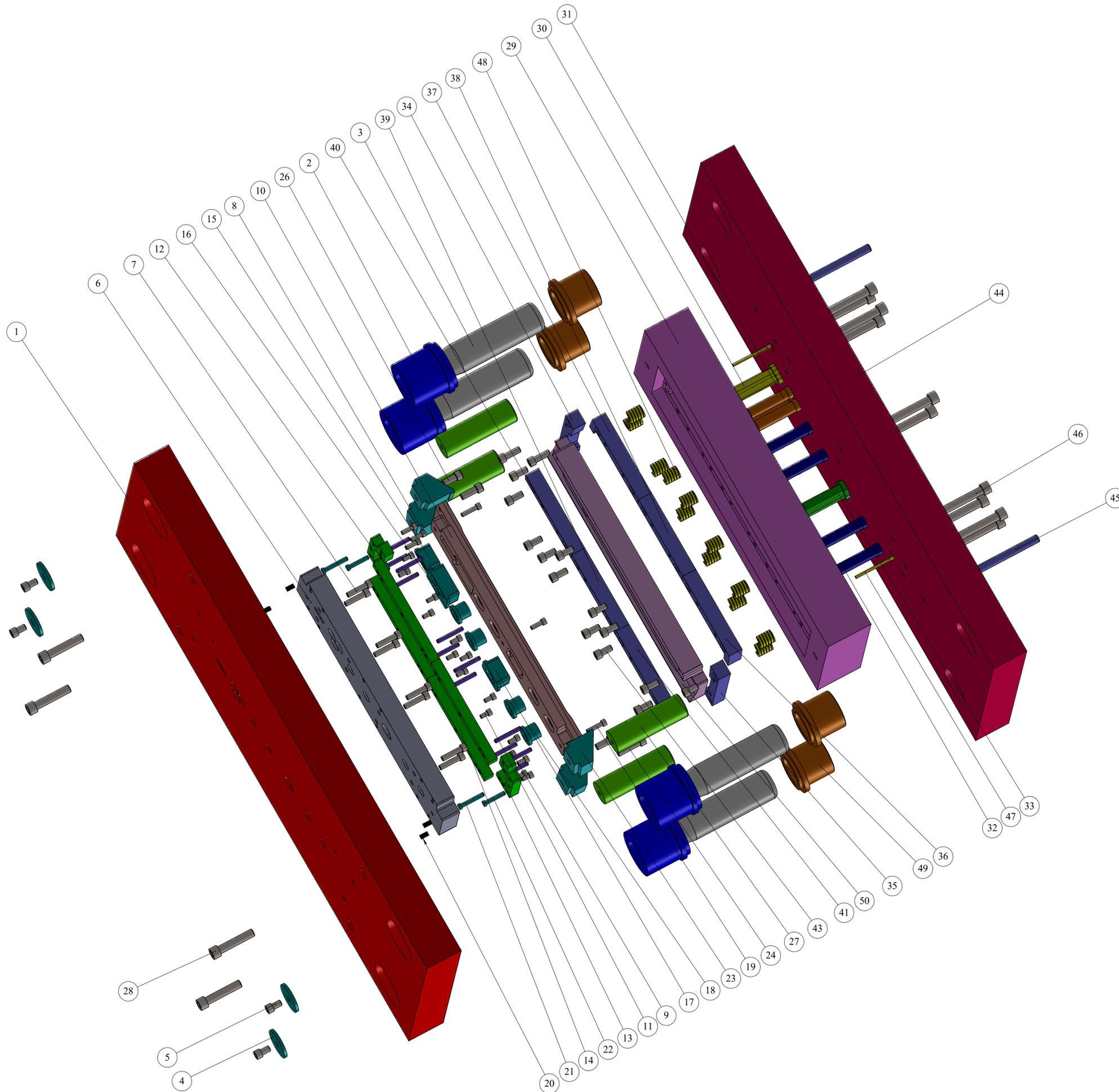
35	08	VIS CHc M10	45
36	16		55
Ref	Nbr	Désignation	Longueur
Echelle: 1/1		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface
Planche N°: 35 et 36			Promo : 2021/2022
		ZARED OUELHADJ	
A4		 <b>FGC DGM UMMTO</b>	MASTER II



37	06	VIS CHc M16 ISO 4762	80
38	04		10
Ref	Nbr	Désignation	Longueur "X"
Echelle: 1/1		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface
Planche N°: 37 et 38			Promo : 2021/2022
		ZARED OUELHADJ	
A4		 <b>FGC DGM UMMTO</b>	MASTER II



39	24	VIS CHc M6 X 20	-	ISO 4762
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 2/1		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>		Etat de surface
Planche N°: 39				Observation
		<b>ZARED OULHADJ</b>		Promo : 2021/2022
A4		 <b>FGC DGM UMMTO</b>		<b>MASTER II</b>



1	1	SEMELLE INF
2	4	Bague INF
3	4	colonne de guidage
4	4	rondel D56
5	6	ISO 4762 M12 x 20 - 20N
6	1	porte matrice INF
7	8	ISO 4762 M10 x 45 - 32N
8	4	ISO 4762 M8 x 25 - 25N
9	12	Goupille D8 X 60
10	1	porte canon
11	15	ISO 4762 M8 x 16 - 16N
12	1	couteau Rep 1
13	1	couteau Rep 2
14	4	couteau Rep 4
15	1	canon pour la minutré
16	1	matrice bouton d'allumage
17	1	canon pour robinet thermostatique a gaz
18	4	canon pour robinet a gaz
19	2	ISO 4762 M8 x 35 - 35N
20	4	Ressort pour injecteur
21	2	Ejecteur D12 X D8 X 78
22	2	Ejecteur D12 X D8 X 65
23	4	coupe déchet
24	1	ISO 4762 M12 x 50 - 50N
25	1	HX-SHCS 0.5-20x1.375x1.375-N
26	2	HX-SHCS 0.5-20x1.125x1.125-N
27	4	bute fin course
28	4	ISO 4762 M16 x 80 - 44N
29	1	Porte lames
30	1	Poincon Minutrie
31	3	poincon D22
32	4	poincon D23
33	1	Poincon Robinet Thermostatique
34	1	lame SUP 1
35	1	lame SUP 2
36	1	lame en L Gauche
37	1	lame en L Droite
38	1	lame SUP 3
39	1	lame SUP 4
40	1	lame SUP 5
41	1	lame SUP 6
42	2	ISO 4762 M12 x 35 - 35N
43	12	ISO 4762 M12 x 25 - 25N
44	1	semelle SUP
45	2	Goupille D16 X 160
46	6	ISO 4762 M16 x 100 - 44N
47	2	Poincon D5.5 X 88
48	12	ressort D25 X 32
49	4	Bague en Bronze
50	1	serre flan

Ref	Nbr	Désignation	
Echelle : 1/4		<b>Outil Détourage poinçonnage Bandeau en INOX</b>	Etat de surface
Planche N°: 44			-
		<b>ZARED OUELHADJ</b>	Promo: 2021/2022
A1		 FGC - DGM - UMMTO	Master II