

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI – TIZI- OUZOU**



**Faculté du Génie de la Construction**

**Département de Génie Mécanique**

**Mémoire de Fin d'Etudes**

**En Vue de l'obtention du Diplôme Master en Génie Mécanique**

**Spécialité : Construction Mécanique**

**Thème**

**Etude et conception d'un outil de pliage des rebords de la  
lèchefrite pour une cuisinière ENIEM**

**Proposé par :**

ENIEM Mr.CHAALAL

**Dirigé par :**

Mr. M. HAMOUR

**Réalisé par :**

- ARAB Hayat.
- MOUZARINE Thilali.

**Promotion 2018/2019**

# Remerciement

*Nous remercions tout d'abord le bon Dieu qui nous a donné la foi et le courage pour accomplir ce projet.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre gratitude à notre promoteur Mr M. HAMOUR pour ses conseils, ses orientations ainsi que sa disponibilité tout au long de Notre travail.*

*Nous tenons à remercier tout particulièrement, notre co-promoteur Mr. Mourad CHAALAL, qui a suivi au quotidien notre travail. Sa très grande disponibilité a rendu ce mémoire particulièrement agréable. Son expertise, ainsi que ses conseils avisés ont été très formateurs et d'un très grand secours durant ce projet*

*Nous exprimons notre reconnaissance à tout le personnel de l'unité cuisson (service méthode) de l'ENIEM Oued Aissi, pour nous avoir dirigés et orientés pendant toute la durée de notre stage au sein de l'entreprise.*

*Nos plus vifs remerciements vont aussi à tous les membres de jury pour avoir accepté d'honorer par leur jugement notre travail. Sans oublier nos parents qui ont sacrifié jusqu'aujourd'hui, aussi leurs encouragements incessants tout le long de notre parcours.*

*Enfin, nos remerciements vont à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail.*



# Dédicaces

*Indéfectibles et sans limite de mes chers parents qui ne cessent de me donner avec amour le nécessaire pour que je puisse arriver à ce que je suis aujourd'hui. Que Dieu vous protèges.*

*Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie se modeste travail :*

- ♥ *A l'homme, mon précieux offre de Dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect, mon chère père AHCEN.*
- ♥ *A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère BOUZID MALIKA.*
- ♥ *A mon fiancé S.YOUB qui n'a pas cessé de me conseiller, encouragé et soutenir tout au long de mes études.*
- ♥ *A mes frères et sœurs : K.L.O.A.A.A.Y. Que Dieu les protège et les offre la chance et le bonheur.*
- ♥ *A tout mes amis que j'ai connu jusqu'à maintenant Merci pour leurs aides et leurs encouragement.*
- ♥ *Sans oublier mes deux meilleurs amis : B.sabiha et M.Thilali, pour leurs soutien morale, patience et compréhension tout au long de ce projet.*

*Merci d'être la toujours pour moi.*

**ARAB HAYAT**

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail*

♥ *Mes très chers parents, pour tous leurs sacrifices, leurs amour, leur soutien, leur tendresse et leurs prière tout au long de mes études (Mon père HMED et ma chère maman B.Dehbia).*

♥ *Mes très chères sœurs Tawes et Naima pour leurs encouragements permanents, et leur soutien morale.*

♥ *Ames chères frères Salah, Aziz et Mohamed pour leurs appuis et leurs encouragement.*

♥ *A toute ma famille, mes amis de la promotion de Construction mécanique, tous mes amis sans citer les noms et à tous ceux qui m'ont aidé durant ma vie universitaire.*

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible.*

*Mercie d'être la toujours pour moi*

**MOUZARINE THILALI**

---

## Sommaire

Introduction Générale.....	1
Présentation de l'ENIEM	
1- Historique.....	2
2- Présentation de l'ENIEM.....	2
3- Organigramme de l'ENIEM .....	3
4- Organisation de l'entreprise .....	4
4.1- Direction générale (DG).....	4
4.2- Direction des Ressources Humaines .....	4
4.3- Direction Financière et comptabilité .....	4
4.4- Direction Planification et Contrôle de gestion .....	5
4.5- Direction développement et partenariat .....	5
4.6- Direction Gestion Industrielle .....	5
4.7- Direction Marketing et Communication .....	5
5- Activités de l'entreprise .....	5
5.1- Unité de prestation technique (UPT).....	5
5.2- Unité commerciale (UC) .....	6
5.3- Unité de production.....	6
4.3.1- Unité froid (U. Fr) .....	6
5.3.2- Unité climatisation (U.Cl) .....	7
5.3.3- Unité cuisson (U. Cu) .....	7
6- Politique de l'entreprise [1].....	8
6.1- Politique qualité.....	8
6.1.1- Engagement de la direction .....	8
6.1.2- Ses objectifs.....	8
6.2- Politique environnementale.....	8
6.2.1- Engagements.....	9
6.2.2- Objectifs et cibles environnementaux.....	9

---

7- Conclusion .....	10
<b>Chapitre I : Procédés de Mise en Forme des Pièces Mécaniques</b>	
I.1 Introduction.....	11
I.2 Définition du formage.....	11
I.2.1- Formage par compression .....	12
1.2.1. a- Laminage .....	12
1.2.1.b - Matriçage .....	12
1.2.2- Formage des tôles métalliques .....	12
I.3- Température dans le formage des métaux .....	12
I.3.1- Formage à froid.....	12
a- Avantages.....	12
b- Inconvénients.....	12
I.3.2- Formage à température moyenne.....	12
a- Avantages.....	13
I.3.3- Formage à haute température.....	13
a- Avantages.....	13
b- Inconvénients.....	13
I.3.4- Définition des presses .....	13
I.4- Procédés de mise en forme .....	14
1.4.1- Découpage des tôles .....	14
I.4.1.1- Définition .....	14
I.4.1.2 Différentes opérations de découpage.....	15
I.4.1.3 Principe de découpage .....	17
I.4.1.4- Différentes phases d'une opération de découpe.....	17
I.4.2- Emboutissage .....	18
I.4.2.1- Définition .....	18
I.4.2.2 Types d'emboutissage .....	19
I.4.2.3 Principe de l'emboutissage .....	20
I.4.2.4 Phases d'emboutissage .....	21
I.4.2.5- Métal employé.....	22
I.4.2.6 Outillage .....	22
I.4.2.7 Avantages et inconvénients d'emboutissage .....	22

---

I.4.3 Poinçonnage .....	23
I.4.3.1- Définition .....	23
I.4.3.2- Principe du poinçonnage .....	24
I.4.3.3- Phases de poinçonnage .....	24
I.4.3.4 Alignement des poinçons.....	25
I.4.3.5 Outils de poinçonnage .....	25
I.4.3.6 Parties nécessaires pour le poinçon .....	26
I.4.3.7- Matrice .....	26
I.4.3.8- Jeu de poinçonnage .....	27
Tout comme en cisailage, un jeu est nécessaire entre les arêtes des outils. ....	27
I.4.3.9 - Avantages et inconvénients du poinçonnage.....	27
I.4.4 Pliage.....	28
I.4.4.1 Définition.....	28
I.5- Conclusion .....	28
 <b>Chapitre II : Procédés de Pliage</b>	
II.1 Introduction .....	29
II.2 Définition de pliage .....	29
II.3- Principe du pliage.....	30
II.4 Types de pliage.....	30
II.5- Modes de déformation en pliage .....	31
II.5.1- Pliage en « V » (en l'air ou en frappe) .....	31
a- Pliage en air .....	31
b- Pliage en frappe .....	32
II.5.2 Pliage par encastrement (plieuse à sommier).....	33
II.5.4 Pliage en L .....	33
II.6- Technique du pliage .....	34
II.7- Caractéristiques d'un pli.....	35
II.7.1- Le pli.....	35
II.7.2- Calcul des longueurs des fibres .....	35
II.7.3- Rayon de la fibre neutre.....	36
II.7.4 - Recherche du % d'allongement des fibres (A%) .....	36
II.8- Différents rayons de pliage.....	37
II.8.1 Rayon du poinçon de pliage.....	37

---

II.8.2 Rayon minimal de pliage .....	38
II.8.3- Rayon de pliage appelé aussi rayon intérieur de pliage ou $R_i$ .....	39
II.8.4 Calcul du rayon moyen .....	41
II.9- Calcul des parties droites.....	41
II.9.1- Calcul à partir d'une cote extérieure .....	41
II.10 Développement de la carre .....	42
II.10.2 Angle différent de $90^\circ$ .....	43
II.11 Effort nécessaire pour former un pli .....	43
II.12 Calcul des efforts de pliage .....	44
II.12.1 Pliage en V .....	44
a) Pliage sans frappe .....	44
II.12.2 Pliage en U .....	46
II.13 Effort mis en jeu durant et après le pliage .....	46
II.14 Efforts nécessaires pour l'outillage .....	46
II.14.1 Effort de bordage .....	46
II.14.2- Force d'extraction de la partie supérieure de l'outil (dévêtissage).....	47
II.14.3- Force d'empêchement du glissement de la tôle.....	47
II.14.4- Force d'extraction théorique.....	47
II.14.5 Force d'extraction réelle .....	47
II.14.6 Nombre théorique des ressorts .....	48
II.14.7 Force totale de bordage (Kg) .....	48
II.15 Jeu de pliage .....	48
II.16 Déformation plastique .....	49
II.17 Retour élastique .....	50
II.20- L'outillage .....	52
II.21- Différents sortes de plieuses.....	52
II.21.1- Plieuses Simples .....	52
II.21.2 Plieuses Universelles .....	52
II.21.3 Presses Plieuses.....	52
II.21.4 Un système bielle-manivelle ou hydrauliques .....	53
II.22 Défauts de pliage .....	53
a) Chanfrein de bord .....	53
b) Sens du grain .....	53

III. 22- Conclusion .....	54
Chapitre III : Présentation de la Pièce	
III.1 Introduction .....	55
III.2 Présentation de la pièce (lèchefrite) .....	55
III.3- Emplacement de la pièce.....	56
III.4- Fiches techniques de la lèchefrite .....	57
III.4.1 Dimensions normalisées selon la norme EN 10131 [12]: .....	57
III.4.2- Caractéristiques chimiques de lèchefrite.....	58
III.4.3 Caractéristiques mécaniques de lèchefrite.....	58
III.4.4- Aspect de surface .....	58
III.4.5 Aptitude au revêtement surface .....	58
III.5- Processus de fabrication de la lèchefrite .....	59
III.6- Explication de ce processus de fabrication de la lèchefrite .....	60
III.6.1- Découpage tôle .....	60
III.6.2- Emboutissage de la tôle.....	61
III.6.3- Poinçonnage et détourage de la pièce .....	62
Figure III.4: Lèchefrite après poinçonnage et détourage.....	62
III.6.4 Pliage des arêtes (rebords) de la pièce.....	62
III.6.5- Traitements de surface .....	63
a) Décapage.....	63
b)- Emaillage en masse .....	63
c)- Cuisson à 890°C .....	64
d) Montage finale.....	64
III.7- Définition de la tôle laminée à froid .....	65
Chapitre IV : Machines Utilisées Pour la Mise en Forme des Tôles	
IV.1. Introduction.....	66
IV.2.Définition d'une machine.....	66
IV.3.Définition des presses .....	67
IV.3.1 Types de presses .....	69
a- Presses mécaniques.....	69
b) Les presses hydrauliques .....	71
IV.3.2 Nombre de coulisseaux .....	72

a- Presse à simple effet.....	72
b- Presse à double effets .....	72
c- Presse à triple effets .....	72
IV.3.3 Selon la forme de bâti.....	72
a)- Presses à col de cygne .....	73
b)- Presses à arcade .....	73
c)- Presses à montant droit.....	73
d)-Presses à colonnes .....	73
e)-Presses à table mobile et bigorne.....	73
IV.4.Caractéristiques d'une presse.....	73
IV.5- Exigence de choix d'une presse.....	74
IV.6.Description détaillée de l'équipement ou installation (Presse MANZONI) .....	74
IV.7. Principe de fonctionnement (presse MANZONI).....	77
IV.8.Presses de mise en forme utilisées à l'ENIEM .....	78
IV.8.1. Presse T 27 excentriques .....	78
IV.8.2.Presse T29 hydraulique (opération d'emboutissage) .....	79
IV.8.3.Presse T31 A mixte (hydraulique et mécanique) .....	79
IV.8.4.presse T 31 B et T 31 C excentriques.....	80
.....	80
IV.8.5. Montage des Outils sur les Presses.....	80
1. Petite Presse .....	80
2- Grosses presses. ....	81
Figure IV.15 : Coulisseau et plateau rainurés sur les grosses pièces .....	81
IV.9 Caractéristiques des presses utilisées dans l'entreprise .....	82
IV.10- Conclusion .....	83
 Chapitre V : Etude et conception de l'outil du pliage	
V.1 Introduction .....	84
V.2- Cahier de charge.....	84
V.2.1- Définition du cahier de charge .....	84
V.2.2- Cahier de charge de cette étude .....	84
V.2.2.1- Dimensions de la pièce et de flan .....	84
V.2.2.2 - Caractéristiques chimiques de lèchefrite .....	85

---

V.2.2.3- Caractéristiques mécaniques de lèchefrite.....	85
V.2.2.4 Aspect de surface .....	85
V.2.2.5- Résistance au cisaillement .....	85
V.3- Travail demandé.....	85
V.4 - Application.....	85
V.4.1- Définition de l’outil de presse .....	85
V.4.2- Différents constituants d’un outil de presse .....	86
V.4.2.1- Poinçon .....	86
V.4.2.2 Matrice .....	87
V.5- Etude des paramètres du pliage.....	87
V.5.1- Calculs .....	87
V.5.1 Calculs des rayons nécessaires pour le pliage.....	87
V.5.2- Longueurs des fibres (les développées).....	89
V. 5.2.1 Fibre extérieure .....	89
V.5.2.2- Fibre neutre .....	90
V.5.3 Calcul de la développée (la longueur du pli) : .....	90
V.5.4- Calculs des forces de pliage.....	91
V.5.5.2- contrainte critique .....	95
D’après le résultat obtenu, la condition est vérifiée. ....	96
V.5.6- Conclusion.....	96
V.6- Conception de l’outil.....	96
V.6.1- Définition de la conception d’un produit mécanique par ordinateur (CAO).....	97
V.6.3- Description de l’outil.....	97
V.6.3.1- Partie inférieure.....	97
V.6.3.2 - Partie supérieure .....	102
V.6.3.3- Eléments standards .....	104
V.7- Le choix de la presse à utiliser .....	104



## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Organigramme de l'ENIEM.....	3
<b>Figure I.1:</b> Découpage par grignotage.....	15
<b>Figure I.2:</b> Découpage par encochage.....	16
<b>Figure I.3:</b> Exemple de crevage.....	16
<b>Figure I.4 :</b> Exemple de cisaillement d'une tôle.....	16
<b>Figure I.5 :</b> Exemple de détournage d'une pièce.....	17
<b>Figure I.6 :</b> Phases de découpage.....	18
<b>Figure I.7:</b> Exemple d'une pièce a embouti.....	20
<b>Figure I.8:</b> 1ère phase d'emboutissage.....	21
<b>Figure I.9 :</b> 3 <sup>ème</sup> phase d'emboutissage.....	21
<b>Figure I.10:</b> Relèvement du poinçon et serre-flan.....	21
<b>Figure I.11 :</b> Outillage d'emboutissage.....	22
<b>Figure I.12:</b> Exemple des formes obtenues par poinçonnage .....	24
<b>Figure I.13:</b> Différentes phases de poinçonnage .....	24
<b>Figure I.14:</b> Guidage du poinçon.....	25
<b>Figure I.15:</b> Outils du poinçonnage.....	26
<b>Figure I.16:</b> Composantes du poinçon.....	26
<b>Figure I.17:</b> Matrice de poinçonnage.....	27
<b>Figure I.18:</b> Pliage d'une tôle en vé.....	28
<b>Figure II.1 :</b> Pliage de tôle sur une presse plieuse.....	29
<b>Figure II.2:</b> Schéma de pliage avec matrice et poinçon.....	30
<b>Figure II.3:</b> Quelques types de pliage de tôle.....	30
<b>Figure II.4 :</b> Vé et contre-vé en pliage.....	31
<b>Figure II.5:</b> Poinçon du pliage en vé.....	31
<b>Figure II.6:</b> Pliage en vé.....	31
<b>Figure II.7:</b> Pliage vé en frappe.....	32
<b>Figure II.8:</b> Différence entre le pliage en air et en frappe.....	32
<b>Figure II.9:</b> Pliage à encastrement.....	33
<b>Figure II.10:</b> Pliage en U.....	33
<b>Figure II.11:</b> Exemple d'une pièce pliée en L.....	34

<b>Figure II. 12:</b> Exemple de pliage en V.	34
<b>Figure II.13 :</b> Fibre neutre.	35
<b>Figure II.14:</b> Schématisation des fibres d'une pièce en pliage.	35
<b>Figure II.15:</b> Allongements des fibres en pliage.	36
<b>Figure II.16 :</b> Exemple de calcul pour l'allongement des fibres.	37
<b>Figure II.17:</b> Rayon du poinçon de pliage.	38
<b>Figure II.18:</b> Coefficient de striction Z.	39
<b>Figure II.19:</b> Choix du rayon de pliage.	40
<b>Figure II.20:</b> Différents rayons dans un pli.	41
<b>Figure II.21:</b> Parties droites d'un pli.	42
<b>Figure II.22:</b> La carre à 90°.	42
<b>Figure II.23:</b> Effort de pliage $F_1$ .	44
<b>Figure II.24 :</b> Position de l'axe neutre et de coefficient K.	45
<b>Figure II.25:</b> Jeu de pliage.	49
<b>Figure II.26:</b> Pliage des tôles métalliques.	49
<b>Figure II.27:</b> Formation des fissures lors de pliage.	50
<b>Figure II.28:</b> Schématisation du retour élastique d'une tôle.	50
<b>Figure II.29:</b> Paramètres du retour élastique.	51
<b>Figure II.30:</b> Chanfrein de bord.	53
<b>Figure II.31:</b> Fissuration de la tôle dans le pliage en sens du grain.	53
<b>Figure II.32 :</b> Amincissement de la zone pli.	54
<b>Figure III.1 :</b> Lèchefrite d'une cuisinière ENIEM.	56
<b>Figure III.2:</b> Emplacement de la lechefrite dans la cuisinière.	56
<b>Figure III.3:</b> Schéma des étapes de fabrication de lèchefrite.	59
<b>Figure III.4 :</b> Découpage de la tôle par cisaillement.	60
<b>Figure III.5:</b> Découpage des bobines de tôle en flan.	60
<b>Figure III.6 :</b> Tôle après emboutissage (obtention de la forme de lèchefrite).	61
<b>Figure III.7:</b> Lèchefrite après poinçonnage et détourage.	62
<b>Figure III.8:</b> Lèchefrite (pièce finis).	63
<b>Figure III.9 :</b> Train de laminage.	65
<b>Figure IV.1 :</b> Schéma d'une machine.	66

<b>Figure IV.2:</b> Presse mécanique.....	68
<b>Figure IV.3:</b> Presse hydraulique.....	68
<b>FigureIV.4 :</b> Organigramme de classification des presses.....	69
<b>Figure IV.5:</b> Schématisation d'une presse mécanique.....	70
<b>Figure IV.6:</b> Schéma d'une presse à vis.....	70
<b>Figure IV.7:</b> Presse à vilebrequin.....	71
<b>Figure IV.8 :</b> Schéma d'une presse Manzoni.....	76
<b>Figure IV.9 :</b> Presse T 27 excentrique pour la fabrication en série.....	78
<b>Figure IV.10 :</b> Presse hydraulique.....	79
<b>Figure IV.11 :</b> Presse mixte.....	79
<b>Figure IV.12 :</b> Presse T 31 B exentrique.....	80
<b>Figure IV.13 :</b> Presse T31 C exentrique.....	80
<b>Figure IV.14 :</b> Système de fixation.....	80
<b>Figure IV.15 :</b> Système de fixation de la partie supérieure de l'outil.....	81
<b>Figure IV.16 :</b> Coulisseau et plateau rainurés sur les grosses Presses.....	81
<b>Figure V.1:</b> Composants d'un outil de presse.....	86
<b>Figure V.2 :</b> Ressort utilisé dans la semelle inférieure.....	94
<b>Figure V.3:</b> Ressort utilisé pour la plaque.....	95
<b>Figure V.4 :</b> Semelle inférieure.....	98
<b>Figure V.5:</b> Plaque support matrice.....	99
<b>Figure V.6 :</b> Plaque de centrage.....	100
<b>Figure V.7:</b> Support pour colonne.....	100
<b>Figure V.8:</b> Matrice de bordage.....	100
<b>Figure V.9:</b> Bague d'arrêt de cours.....	101
<b>Figure V.10:</b> Colonne de guidage.....	101
<b>Figure V.11:</b> Goujon de centrage.....	101
<b>Figure V.12:</b> Pivot pour ressort.....	102
<b>Figure V.13:</b> Ressort d'éjection.....	102
<b>Figure V.14:</b> Semelle supérieure.....	102
<b>Figure V.15:</b> Extracteur.....	103
<b>Figure V.16:</b> Goujon de détachement.....	103
<b>Figure V.17:</b> Poinçon de bordage.....	103

<b>Figure V.18 : Pièce soudée.....</b>	<b>104</b>
<b>Figure V.19 : Sillent bloc.....</b>	<b>104</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau III.1 :</b> Dimensions nominales de la lèche fritte.....	57
<b>Tableau III.2:</b> Caractéristiques chimiques de lèchefrite.....	58
<b>Tableau III.3:</b> Caractéristiques mécanique de lèchefrite.....	58
<b>Tableau IV.1 :</b> Caractéristiques des presses utilisées dans l'entreprise .....	82

## Liste des symboles

**ENIEM** : Entreprise National des Industries Electroménagers

**A(%)** : Allongement

**E** : Module d'élasticité de la tôle ( $\text{N/mm}^2$ ).

**e** ou **Ep**: Epaisseur de la tôle (mm).

**F<sub>re</sub>** : Force maximal des ressorts pour plaque. (Kg)

**F<sub>ext</sub>** : Longueur de la fibre extérieure (mm)

**F<sub>neut</sub>** : Longueur de la fibre neutre (mm)

**F<sub>int</sub>** : Longueur de la fibre intérieure (mm)

**F** : Effort de pliage (daN) ;

**F<sub>crit</sub>** : Force critique (daN)

**F<sub>d</sub>** : Force dévêtissage. (Tonnes)

**F<sub>b</sub>** : Force de bordage. (Tonnes)

**F<sub>et</sub>** : Force d'extraction théorique. (Kg)

**F<sub>s</sub>** : Force pour empêcher le glissement de la tôle. (Kg)

**F<sub>r</sub>** : Force d'extraction réelle. (Kg)

**F<sub>l</sub>** : Force de travail d'un ressort. (Kg)

**F<sub>b</sub>** : Force de pliage des rebords. (kg)

**F<sub>t</sub>** : Force totale. (Kg)

**F<sub>le</sub>** : Force de travail d'un ressort. (Kg)

**K** : Un coefficient dépendant de V.

**l** : Largeur de la pièce. (mm)

**L** : Longueur pliée

**N<sub>r</sub>** : Nombre réelle des ressorts.

**N<sub>re</sub>** : Nombre réel des ressorts.

**P** : Périmètre de la pièce. (mm)

**R<sub>1</sub>** : Rayon du pli (intérieur), avant retour élastique.

**R<sub>2</sub>** : Rayon du pli (intérieur), pièce finie.

**R<sub>p</sub>** : Résistance pratique (N/mm<sup>2</sup>).

**R<sub>p</sub>** : Rayon de l'outil de pliage (mm).

**R** : Rayon de la pièce final (mm).

**R<sub>min</sub>** : Rayon minimal de pliage en (mm).

**R<sub>i</sub>** : Rayon intérieur. (mm)

**R<sub>ext</sub>** : Rayon extérieur. (mm)

**R<sub>moy</sub>** : Rayon moyen. (mm)

**R<sub>i</sub>** : Rayon intérieur. (mm)

**R<sub>fn</sub>** : Rayon de la fibre neutre (mm)

**R<sub>pg</sub>** : Résistance pratique au glissement (daN/mm<sup>2</sup>)

**R<sub>m</sub>** : Résistance mécanique du métal à plier (N/mm<sup>2</sup>).

**R<sub>r</sub>** : Résistance à la rupture. (Mpa)

**S<sub>0</sub>** : Section de la pièce. (mm<sup>2</sup>)

**S<sub>1</sub>** : Section de la pièce après pliage.(mm<sup>2</sup>)

**v** : Ouverture du V<sub>é</sub> (mm).

**V<sub>é</sub>** : Angle de pliage. (mm)

**Z(%)** : Coefficient de striction

**D<sub>v</sub>** où bien **AB** : représente le développé de la carre.

**α**: Angle de la carre à 90°.

**α<sub>1</sub>** : Angle de la pièce après pliage.

**α<sub>2</sub>** : Angle d'outil.

**σ** : Contrainte de traction (N/mm<sup>2</sup>)

**σ<sub>adm</sub>** : Contrainte admissible [Mpa]

**s** : Coefficient de sécurité d'acier ( s = 1,5)

**S** : Surface (mm<sup>2</sup>)



## Liste des planches

### Partie inférieure

**Planche 01** : Bague d'arrêt de cours.

**Planche 02** : bague.

**Planche 03** : Colonne.

**Planche 04** : Goujon de centrage.

**Planche 05** : Coquille.

**Planche 06** : Matrice de bordage 3.

**Planche 07** : Matrice de bordage 1.

**Planche 08** : Matrice de bordage 2.

**Planche 09** : Partie inférieur.

**Planche 10** : Pivot pour ressort.

**Planche11**: Plaque de centrage.

**Planche 12** : Plaque support matrice.

**Planche 13** : Semelle inférieur.

**Planche 14** : Support pour colonne.

## **Parti supérieure**

**Planche 01** : Colonne rep2.

**Planche 02**: Extracteur.

**Planche 03** : Goujon de détachement.

**Planche 04** : Partie Supérieur.

**Planche 05** : Poinçon de bordage 4.

**Planche 06** : Poinçon de bordage 5.

**Planche 07** : Poinçon de bordage 6.

**Planche 08**: Pièce soudée.

**Planche 09** : Semelle supérieure.

**Planche 10** : sillent bloc

**Planche 11** : Assemblage complet.

## **Introduction Générale**

Tous les objets qui nous entourent ont été façonnés par l'homme, Celui-ci leur a donné une composition, une consistance, une forme, une couleur... propre à leur usage. Pour mettre en forme ces objets, l'industrie utilise des méthodes de fabrication et des procédés d'obtention des pièces de différents matériaux. Ce procédé est aujourd'hui le plus utilisé pour la mise en forme des aciers et le plus compatible pour une production de très grandes séries de pièces plus au moins compliquées.

La production de grandes séries de ces pièces dans des entreprises devient économique et moins coûteuse que son achat, c'est le cas de l'Entreprise Nationale de l'Industrie de l'Electroménager) ENIEM.

Le bureau d'études de cette entreprise, nous a confié de faire une étude et une conception d'un outil permettant la réalisation d'une pièce d'une cuisinière appelée lèchefrite dans le cadre de notre travail de recherche.

Pour atteindre cet objectif, nous avons organisé notre travail en cinq chapitres.

Après une introduction générale sur le sujet, vient le chapitre I. Ce chapitre nous a permis de voir les différents procédés de mise en forme des pièces mécaniques effectués sur presses au niveau de l'entreprise dans le but de donner une forme déterminée au matériau afin d'obtenir un objet ayant les propriétés souhaitées.

Dans le chapitre 2, nous avons étudié les différents paramètres définissant non seulement le pliage et les plis de la pièce, mais aussi la différence entre les deux pliages intérieur et extérieur.

Les différentes caractéristiques mécaniques, chimiques de lèchefrite, sa fiche technique, son emplacement et le processus de fabrication ont fait l'objet du chapitre 3.

Le chapitre 4 est consacré aux différents types de presses utilisées dans l'industrie, leur classification et leur principe de fonctionnement, c'est ce qui nous donnera une idée générale sur la conception de notre outil.

Quant au chapitre 5, il traite le calcul des différents rayons des rebords de la pièce et ainsi que leurs positions. Un calcul de vérification au cisaillement des rebords de la pièce a été également effectué.

Le travail ainsi effectué nous permet de tirer une conclusion générale

## 1- Historique

L'entreprise nationale des industries électroménagères (ENIEM) est née après la restructuration de l'entreprise mère la SONELEC, le 02 janvier 1983.

ENIEM est entrée en production (sous le nom de l'entreprise la SONELEC), à partir de janvier 1977, dont l'activité principale est la fabrication et la commercialisation d'appareils électroménagers. [01]

En 1989, l'entreprise a connu une baisse brusque de production due à la concurrence du marché. Cette situation a provoqué sa transformation en société par action au capital de 40.000.000 DA, dans le but d'améliorer la recherche et le développement de ses produits, devenu de nos jours, le leader de l'électroménagère en Algérie et cela dans divers domaines tels que :

- Les appareils ménagers domestiques (climatisation, cuisson, réfrigération et conservation à Oued Aïssi).
- Les lampes d'éclairages à Mohammadia (Mascara).
- Les produits sanitaires à Khemis Miliana (Ain Defla).

Avec un capital social de 10.279.800.000 DA détenu en totalité par l'ELEC ELDJAZAIR. Son siège est à TIZI OUZOU. Ses unités de productions et commerciales sont implantées au niveau de la zone industrielle « Aissat Idir ».

## 2- Présentation de l'ENIEM

Elle se trouve à une dizaine de kilomètre à l'Est de Tizi-Ouzou et précisément à la zone industrie d'OUED AISSI. Cette entreprise est constituée par le décret n°83-19 du 02/01/1983, elle est issue de la reconstruction organique de la SONELEC, créée en 1974 dont la production dans le domaine de l'électroménager a démarré en 1977. L'ENIEM a été transformée en entreprise publique économique (société par action) en 1989 et elle a été dotée d'un capital social de 40.000.000,00 DA. Son capital social est de 10 279 800 00,00 DA en 2009, il est détenu en totalité par la SGP INDELLENCE dont elle relevé actuellement.

La mission de l'ENIEM consiste dans la fabrication, l'assemblage, la vente et la promotion des services après-vente des produits électroménagers.

Cette entreprise a évolué dans l'environnement où la contrainte budgétaire n'existait pas et l'objectif de rentabilité n'a jamais été une priorité. Les objectifs sociaux ont de tout temps dominé et la législation avantageait les valeurs sociales (le maintien d'emploi, augmentation des salaires...)

Aujourd'hui, l'ENIEM se met sur un autre chemin, où la rentabilité constitue l'objectif ultime de toute entreprise.

### 3- Organigramme de l'ENIEM

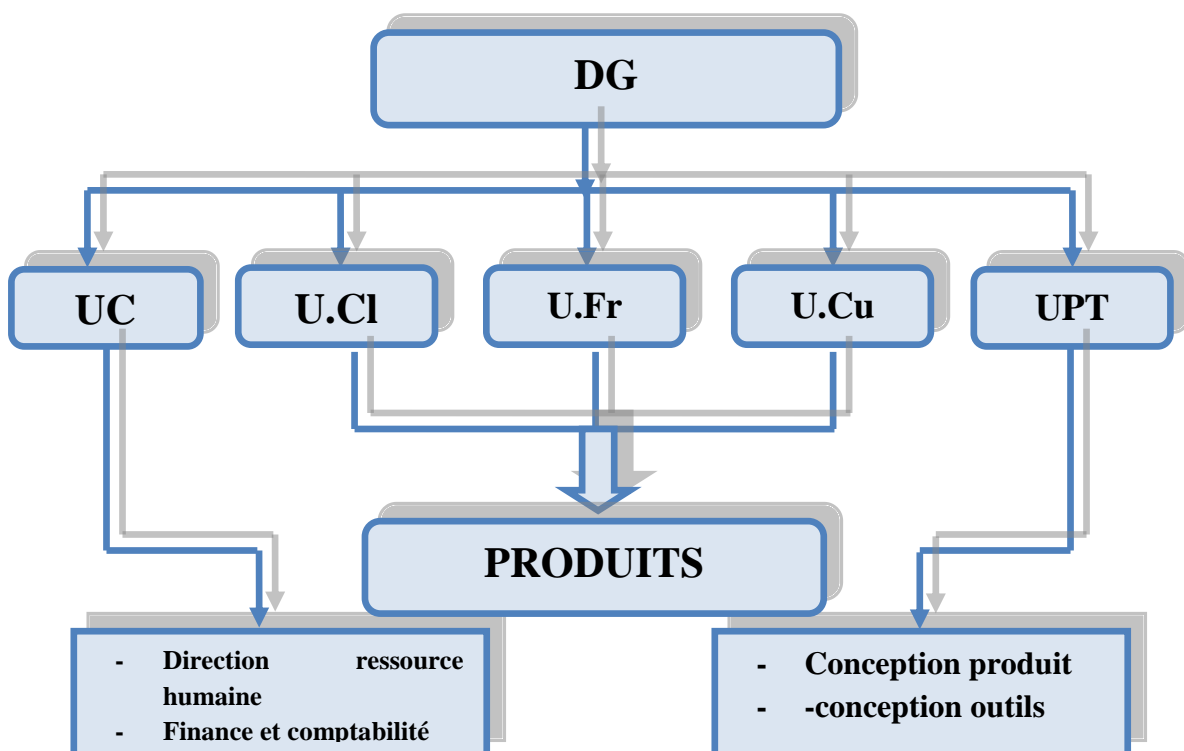


Figure 1: Organigramme de l'ENIEM

## **4- Organisation de l'entreprise**

### **4.1- Direction générale (DG)**

Est une unité responsable de stratégie, du développement de l'entreprise et ce tenant compte de résolution de son conseil d'administration.

Elle exerce son autorité hiérarchique, fonctionnelle sur l'ensemble des directions et des unités. Le président directeur générale est assisté par les cadres dirigeants chargés des principales fonctions de l'entreprise suivante :

- Direction industrielle(DI).
- Direction développement et partenariat(DDP).
- Direction central finance et comptabilité(DFC).
- Direction des ressources humaines(DRH).
- Direction planification et contrôle de gestion(DPG).
- Direction marketing et communication(DMC).
- Direction qualité (DQ).

Son rôle e: D'assurer le bon fonctionnement de l'entreprise, tracer les objectifs en Matière de production et commercialisations, ainsi que la stratégie de l'entreprise.....

### **4.2- Direction des Ressources Humaines**

Ces missions sont :

- Mettre les ressources humaines nécessaires pour le bon fonctionnement de l'entreprise.
- Suivre les carrières de personnel.
- Elaboration des plans de formations de différentes fonctions de l'entrepris

### **4.3- Direction Financière et comptabilité**

Elle est chargé de :

- Examiner les comptes sociaux de l'entreprise.
- Mettre des ressources financières nécessaires pour le bon fonctionnement.
- Suivre et évaluer les paiements, la trésorerie et les créances des différentes partenaires de l'entreprise.
-

#### **4.4- Direction Planification et Contrôle de gestion**

Qui procède à l'élaboration des objectifs commerciaux, financiers et productions pour l'ensemble de l'entreprise et le suivi permanent du déroulement de l'ensemble des activités de l'entreprise.

#### **4.5- Direction développement et partenariat**

Ces missions sont :

- Assurer la veille technologique et essayer de l'adapter aux nouvelles technologies sur les produits de l'entreprise.
- Recherche permanent de partenariat technologique.

#### **4.6- Direction Gestion Industrielle**

Elle a pour rôle :

- La mise en œuvre de programme de production des différentes unités et le suivi de processus industriel.
- Le suivi de fonctionnement de l'ensemble des unités de production.

#### **4.7- Direction Marketing et Communication**

Son objectif est :

- La commercialisation des produits fabriqués par l'entreprise.
- La définition du politique marketing de l'entreprise et sa mise en œuvre.

### **5- Activités de l'entreprise**

L'ENIEM est composé de trois unités :

#### **5.1- Unité de prestation technique (UPT)**

Cette unité est spécialisée dans la fourniture de prestation technique et de service nécessaire aux unités de production. Elle assure les activités suivantes :

- La conception et la réalisation des outils et des moules.
- L'usinage de divers pièces se recharge et l'entretien des bâtiments.
- Impression et fabrication de palettes.
- L'étalonnage et la vérification des instruments de mesures.
- La production d'énergie et des fluides et le transport de marchandise.
- Neutralisation des rejets industriels avant leur évacuation vers l'oued.
- Surveillance du site et prestation sociale.

## **5.2- Unité commerciale (UC)**

Cette unité est créée spécialement pour assurer la commercialisation des produits de l'entreprise du service après-vente. Ces activités sont

- marketing.
- la vente.
- le service après-vente.
- la gestion des stocks des produits finis.

## **5.3- Unité de production**

Elle est composée de 3 unités principales :

### **4.3.1- Unité froid (U. Fr)**

Elle est de loin l'unité la plus importante de point de vue effectif car elle représente 70% de tout l'entreprise, elle produit plusieurs modèles de réfrigérateurs et congélateurs. La mission globale de cette unité est de produire et développer les produits de froid domestique. Elle regroupe les activités de transformation de la tôle, traitement et revêtement de surface (peinture, plastification), injection plastique et polystyrène,...

#### **➤ Activités**

- Transformation de tôle.
- Traitement et revêtement de surface (peinture, plastification).
- Injection plastique et polystyrène.
- Fabrication de pièces mécaniques (condenseur, évaporateur...).
- Isolation.
- Thermoformage.
- Assemblage.

### 5.3.2- Unité climatisation (U.Cl)

Cette unité consiste à produire les moyens employés pour obtenir une atmosphère constante (température), à l'aide d'appareils tel que : climatiseurs, radiateurs, chauffe-bains, chauffages....

#### ➤ Activités

- Transformation de tôle.
- Traitement et revêtement de surface (peinture).
- Assemblage de climatiseurs.

En plus de ces activités de réalisation, les unités de production, froid, cuisson et Climatisation) assurent, en leurs seins respectives, les activités suivantes :

- Etudes /méthodes de fabrication.
- Achats.
- Contrôle (réception, en cours de fabrication, final).
- Stock (magasin, atelier).
- Maintenance.
- Sécurité industrielle.

### 5.3.3- Unité cuisson (U. Cu)

La mission principale de l'unité est de produire et développer la cuisson à gaz électrique ou mixte (différents type de cuisinières) et tout produit de technologie similaire.

#### ➤ Activités

- Transformation de tôle.
- Traitement et revêtement de surface (émaillage, zingage, chromage).
- Assemblage des cuisinières.

## **6- Politique de l'entreprise [1]**

ENIEM est certifiée ISO 14001 /2004 ENVIRONNEMENT et ISO 9001 /2008 QUALITE.

### **6.1- Politique qualité**

L'entière satisfaction durable du client constitue pour l'entreprise l'objectif essentiel face aux enjeux économiques, l'ENIEM a mis en œuvre et a développé un système de management de la qualité conforme au référentiel international ISO 9001/2008. Cette politique qualité basée sur l'amélioration continue des processus se manifeste par la volonté de la direction générale à : Comprendre les besoins présents et futurs de ses clients et y répondre efficacement. En mettant à leurs dispositions des produits et services compétitifs. Développer la culture de l'entreprise et le professionnalisme de son personnel. Améliorer en continue l'efficacité du système de management de la qualité.

#### **6.1.1- Engagement de la direction**

Pour mettre en œuvre sa politique, la direction générale de l'ENIEM s'engage à :

- Se conformer à l'exigence légale et réglementaire en vigueur.
- Appliquer et respecter les dispositions et procédures établies.
- Fournir les ressources nécessaires pour atteindre des objectifs.

#### **6.1.2- Ses objectifs**

Pour aboutir aux missions précitées, l'ENIEM se fixe les objectifs suivants :

- Accroître la satisfaction des clients.
- Améliorer les compétences du personnel.
- Réduire les rebuts.
- Augmenter la valeur de la production.
- Améliorer le chiffre d'affaire.

### **6.2- Politique environnementale**

La politique environnementale de l'ENIEM s'inscrit dans le développement durable en intégrant un management proactif dans le domaine de la protection de l'environnement.

Pour y parvenir, l'ENIEM se base sur la prévention de toute pollution, la préservation des ressources, la sensibilisation, la formation, la responsabilité et l'implication de son personnel. Pour cela, l'ENIEM a décidé de s'engager dans une démarche volontaire

d'amélioration continue en mettant en place un système de management environnemental selon le référentiel ISO 14001/ 2004.

### **6.2.1- Engagements**

- Respecter les exigences légales et réglementaires en vigueur.
- Prévenir et maîtriser les risques de pollutions qui peuvent être générés par ses activités.
- Améliorer la gestion des déchets (papier, emballages, consommables, informatiques, déchets, des processus...)
- Rationaliser les consommations d'énergies.
- Améliorer la communication avec les parties intéressées (interne et externe).
- Continuer la formation pour améliorer la compétence du personnel.
- Continuer l'amélioration de l'efficacité du système de management environnemental.
- Mener des revues de direction.

### **6.2.2- Objectifs et cibles environnementaux**

Dernièrement en 2012, l'ENIEM a fixé des objectifs et cibles environnementaux :

#### ***6.2.2.1- Objectifs***

En conformité avec sa politique environnementale, l'ENIEM se fixe pour l'année 2012 les objectifs suivants :

- L'amélioration de la gestion des déchets ;
- La rationalisation de la consommation des énergies et fluides ;
- La prévention des risques de pollution ;
- La sensibilisation des parties intéressées ;
- La formation du personnel sur l'environnement.

#### ***6.2.2.2- Cibles***

- Réduire les déchets générés de 1% ;
- Elever le niveau de tri des générés de 2% ;
- Réduire les stocks morts de 4% ;
- Ratio consommation d'eau/Production <20 M3/tonne ;
- Ratio consommation d'énergie électrique/production <635 KWh/tonne.
- Ration consommation de gaz /production <1,76 KTh/tonne.
- Mesurer les rejets atmosphériques.
- Former 200 agents sur l'environnement.

- Continuer la sensibilisation des fournisseurs, agents agréés et les sous-traitants sur l'environnement.

## **7- Conclusion**

Après cette présentation, l'ENIEM (l'entreprise nationale des industries électro ménagées) est leader de l'industrie en Algérie grâce à la qualité de ses produits et à ses efforts pour rester en phase avec les exigences du marché local

# Chapitre I : Procédés de Mise en Forme des Pièces Mécaniques

## I.1 Introduction

On entend par tôle, un produit métallique plat, qui peut se présenter sous forme des feuilles ou de bobines.

Pour la fabrication de pièces mécaniques, surtout si elles sont de grandes dimensions, il est économiquement beaucoup plus intéressant de mettre en forme des tôles que de procéder à l'usinage d'éléments massifs par fraisage ou d'autres techniques équivalentes. Il en résulte une considérable économie de matière ainsi qu'une réduction de masse souvent très recherchées.

## I.2 Définition du formage

Le formage des tôles est une opération qui assure la fabrication des pièces en production de grande série à faible coût, rapportés à la qualité des pièces finales obtenues. Les procédés de mise en forme restent la forme la plus économique d'obtention des produits par déformation plastique des métaux. Aux cours du formage, les pièces subissent des variations dimensionnelles ou des caractéristiques fonctionnelles qui peuvent affecter, d'une manière considérable leur qualité finale. On distingue trois types principaux de mise en forme après avoir découpé la tôle des bobines sous forme de flan:

- Emboutissage.
- Poinçonnage et détournage.
- Pliage.

Le formage des métaux intègre un grand nombre de procédés dans lesquels la déformation plastique est utilisée pour changer la forme de la pièce à fabriquer. La déformation est obtenue par un outil appelé « **matrice** », qui applique des contraintes au-delà de la limite élastique du métal. Le métal est déformé pour prendre la forme déterminée par la géométrie de la matrice. Les contraintes appliquées pour déformer plastiquement les métaux sont généralement des contraintes de compression. Elles sont classés en deux catégories :

## **I.2.1- Formage par compression**

### ***1.2.1. a- Laminage***

Procédé de fabrication par déformation plastique qui est obtenue par compression continue au passage entre deux cylindres contrarotatifs (tournant en sens inverse l'un de l'autre) appelés « laminoir ».

### ***1.2.1.b - Matricage***

Il consiste à former par déformation plastique après chauffage, des pièces brutes réalisées en alliages effectuée à l'aide d'outillage appelés des matrices.

## **I.2.2- Formage des tôles métalliques**

C'est la partie qui nous intéresse et sur laquelle notre travail est basé. Elle fait partie de plusieurs classes d'opérations de formage citées dans l'introduction (emboutissage, poinçonnage, pliage).

Le formage des tôles est souvent effectué à froid en utilisant un ensemble d'outils appelé « poinçon et matrice ».

## **I.3- Température dans le formage des métaux**

### **I.3.1- Formage à froid**

Il est réalisé à température ambiante ou légèrement au-dessus.

#### ***a- Avantages***

- Bonne précision et tolérance faible.
- Bon état de surface.
- L'écrouissage augmente la résistance et la dureté de la pièce.
- Favorise l'orientation des grains.
- Economie de l'énergie (pas de chauffage).

#### ***b- Inconvénients***

- Les opérations nécessitent des forces et des puissances très élevées.
- Les surfaces doivent être propres
- La ductilité et l'écrouissage de la pièce limitent le taux de déformation.

### **I.3.2- Formage à température moyenne**

Les propriétés sont améliorées en augmentant la température de formage de la pièce. La ligne qui divise le formage à froid et formage à température moyenne est souvent

exprimée en terme de la température de fusion du métal  $T_f$  . La limite utilisée est généralement de l'ordre  $0.3T_f$ .

La ductilité élevée du métal et la diminution de la résistance et de l'écroutissage, permet le formage à température moyenne.

#### **a- Avantages**

- Faible force et puissance.
- Des géométries plus complexes sont possibles à obtenir.
- Le besoin de recuit peut être réduit ou éliminer.

### **I.3.3- Formage à haute température**

Il est généralement réalisé à une température supérieur à  $0.5T_f$ , son intervalle de température se situe entre  $0.5T_f$  et  $0.75T_f$ . L'augmentation de la température dans les zones localisées de la pièce peut provoquer de la fusion dans ces régions qui est fortement indésirable.

#### **a- Avantages**

- La forme et la géométrie de la pièce sont changées facilement
- Faible force et puissances.
- Les propriétés de résistances sont plus isotropes (structure des grains non orientée)
- Pas de consolidation de la pièce.

#### **b- Inconvénients**

- Faibles tolérances dimensionnelles,
- Consommation d'énergie thermique important,
- L'oxydation des surfaces de la pièce et formation des écailles,
- Faible finition des surfaces,
- Faible durée de vie des outils,

Tous les procédés de mise en forme sont réalisés par des différentes presses (hydraulique, mécanique et pneumatique).

### **I.3.4- Définition des presses**

Les presses sont des machines qui permettent de changer la forme d'une pièce en appliquant une force de pression. Ces machines sont composées essentiellement de 2 plateaux susceptibles de se rapprocher par commande mécanique ou hydraulique pour comprimer la tôle qui est placée entre eux.

## I.4- Procédés de mise en forme

### 1.4.1- Découpage des tôles

#### 1.4.1.1- Définition

Le découpage est une opération réalisée dans les ateliers de la mécanique pour la production des pièces à partir de tôles minces avec un outil de découpage (composé d'une lame tranchante en acier d'environ 23 mm de haut et 1 à 2 mm d'épaisseur fixée dans un contre plaqué d'environ 18 mm) de la forme du produit fini désiré qui est posé dans une presse. Donc la pièce obtenue doit avoir le bord découpée parfaitement perpendiculaire à la face, et de très bonnes qualités géométriques et dimensionnelles.

Ce procédé se compose de plusieurs opérations de séparation de matériaux différents, telles que : découpage, grignotage, cisailage, encochage, crevage, arasage et détourage.

Selon l'importance des séries de pièces à réaliser, plusieurs procédés peuvent être utilisés [2].

#### *a- Découpage en petites séries*

On utilise la méthode suivante :

L'électroérosion au fil qui est utilisée en général pour réaliser l'ajourage dans la bande au cours de la mise au point de l'outil de presse. Elle permet de se passer, à cette étape de développement de l'outil où seuls les postes de formage sont testés, de la réalisation des postes de découpage de la bande. C'est un procédé thermique.

#### *b- Découpage petites et moyennes séries*

On utilise la méthode suivante

L'oxycoupage : les découpages plasma traditionnel ou à jet fin, laser ou au jet d'eau abrasif sont des techniques dites « de tôlerie ». Elles sont utilisées pour débiter les tôles et, pour les trois dernières techniques, afin de réaliser des découpages de précision. L'oxycoupage, les découpages plasma et laser sont des procédés thermiques. Le découpage au jet d'eau abrasif est un procédé abrasif.

### *c- Moyennes et grandes séries*

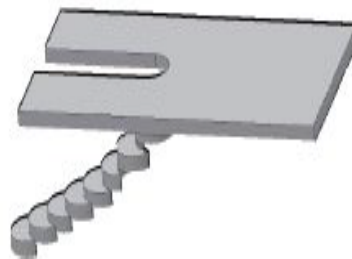
Le découpage à la presse est le procédé de découpage des tôles le plus ancien et reste encore, et de loin, le plus productif. La plupart des pièces métalliques qui composent une automobile sont découpées selon ce procédé : les pièces visibles, dites d'aspect (capots, ailes, côtés de caisse, haillons...), et plus ou moins cachées de la structure (longerons, pieds milieu, charnières, colonnes de direction...). Ce procédé est également utilisé dans les secteurs de la quincaillerie (rondelles, mécanismes de portes et fenêtres...), de l'électroménager (tambours de machines à laver, capotages...), du bâtiment (caillebotis, pièces d'échafaudage...), des composants électriques et électroniques (boîtiers d'autoradios, connexions, supports de circuits imprimés...).

La plupart du temps, le découpage accompagne une opération de formage comme l'emboutissage ou le pliage. Dans certains cas, c'est la seule ou la principale opération réalisée (cas des rondelles ou des pièces plates de connectique).

#### *1.4.1.2 Différentes opérations de découpage*

##### *a- Le grignotage*

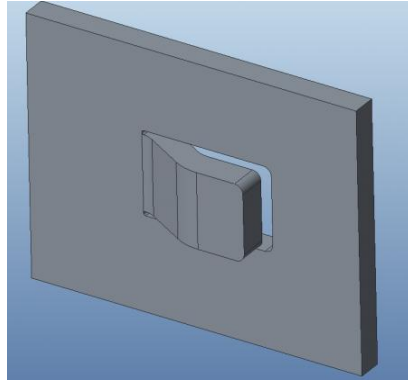
Dans l'usinage, le grignotage consiste en l'enlèvement de la matière d'une manière successive.



**Figure I.1:** Découpage par grignotage

##### *b- L'encochage*

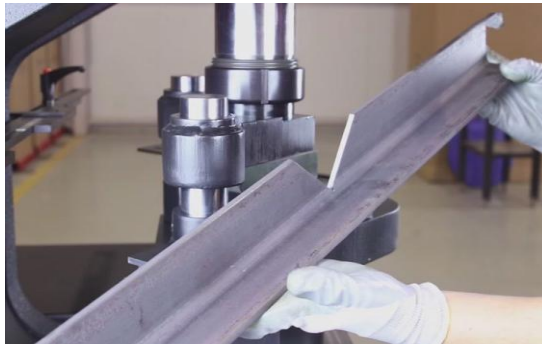
Est une opération de découpage débouchant sur un contour par cisailage effectué sur une machine comportant deux lames formant un angle réglable.



**Figure I.2:** Découpage par encochage

***c- Crevage***

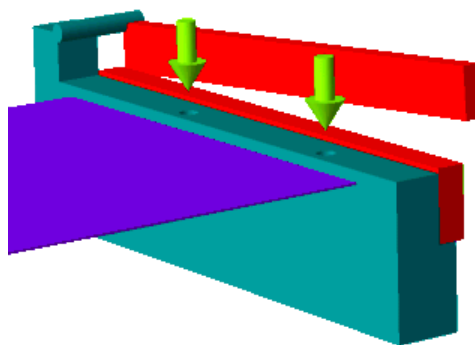
Qui est un découpage partiel.



**Figure I.3:** Exemple de crevage

***c- Cisailage***

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



**Figure I.4:** Exemple de cisaillement d'une tôle.

**d- Détourage**

C'est une opération par laquelle on donne à une pièce en cours d'usinage le contour exact imposé par le dessin.



**Figure I.5** : Exemple de détourage d'une pièce.

**I.4.1.3 Principe de découpage**

Le découpage consiste à obtenir des pièces par cisailage de tôles. Il consiste à séparer en deux parties, une tôle généralement suivant un profil fermé. L'organe principal du procédé est un outil constitué de deux éléments principaux.

- Une matrice : qui porte l'empreinte correspondante à la forme de la découpe souhaitée.
- Un poinçon : il porte une forme complémentaire à celle de l'empreinte, qui est généralement animé d'un mouvement de translation.

Deux autres éléments principaux entrent en jeu lors du découpage.

- Une tôle ou bande de matière à découper.
- Un serre-flan qui sert au maintien de la tôle (bande de matière) au cours du découpage.

**I.4.1.4- 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 minime afin d'éviter sa détérioration. Le mouvement de découpe peut être décomposé en quatre phases principales suivantes :

- **Phase(1)** : phase d'allongement, la tôle se déforme sans se rompre.( figure I.6 a ).
- 
- **Phase(2)** : phase de fissuration, le poinçon poursuit sa course et des fissures apparaissent au voisinage des arêtes coupantes, coté matrice et poinçon.( figure I.6 b).

- **Phase(3)** : phase de la découpe, les fissures se rejoignent et la pièce est découpée.(figure I.6c).
- **Phase(4)** : phase d'évacuation, le poinçon descend toujours et pousse la pièce dans la matrice avant qu'elle soit évacuée.(figure I.6 d).

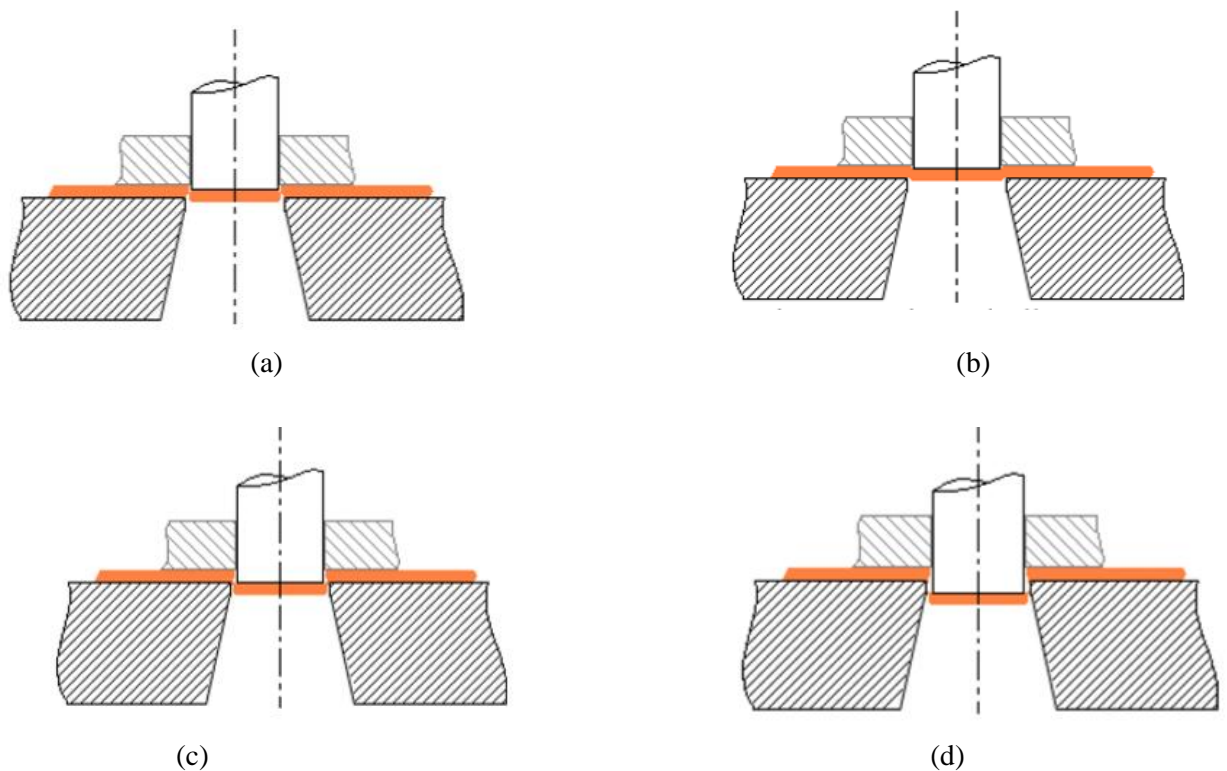


Figure I.6 : Phases de découpage.

## I.4.2- Emboutissage

### I.4.2.1- Définition

L'emboutissage consiste à former un objet creux à partir d'une plaque de tôle préalablement découpée. C'est une opération qui permet d'obtenir des pièces de formes complexes non développables, 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 ustensiles de cuisine, des emballages métalliques, des pièces mécaniques. Outre la forme de l'outil, qui dépend de la complexité de la pièce à obtenir de nombreux paramètres conditionnent la réussite de l'opération tels que le: réglages de la presse, vitesse d'emboutissage, lubrification, et ceux liés aux qualités de la tôle elle-même et à sa capacité de formage...

D'une façon générale, on peut admettre que l'épaisseur finale de la tôle reste égale à son épaisseur initiale. Pour parvenir à ce résultat, on est conduit à refouler le métal dans certaines parties, puis à l'étirer. Toutes ces opérations doivent être exécutées sans que la résistance à la rupture du métal soit dépassée. [3]

La formabilité de l'acier est améliorée en le chauffant légèrement, car il ne faut pas modifier la phase (état atomique) sinon les propriétés mécaniques sont modifiées (résistance, dureté ...) Mais en général, l'emboutissage est une opération de formage à froid, la matrice étant généralement refroidie pour limiter l'échauffement lié au contact. L'emboutissage ne plastifie pas entièrement la pièce, une étude de retour élastique est nécessaire pour assurer l'assemblage final. [4]

On distingue deux types d'emboutissage : l'emboutissage à froid et emboutissage à chaud.

#### ***1.4.2.2 Types d'emboutissage***

##### ***a- Emboutissage à froid***

C'est le procédé le plus employé pour la fabrication des pièces en grande série. Cette méthode est applicable sur des tôles à faible épaisseur pour avoir une meilleure précision dimensionnelle.

L'emboutissage à froid suppose, sauf rares exceptions, un outillage double effet et des presses mécaniques. Cette technique est la plus utilisée dans l'industrie automobile car elle comporte des nombreux avantages et inconvénients. [5]

##### ***- Avantages***

- Meilleure précision dimensionnelle.
- Faible coût.
- Bonnes propriétés mécaniques des pièces embouties.

##### ***- Inconvénients***

- Faible épaisseur des tôles (risque de rupture).
- Écrouissage du matériau (risque de durcissement structurel et baisse de la ductilité).
- Contraintes résiduelles (risque de rupture par fatigue).
- **Remarque 01** : Les matériaux concernés par ce type d'emboutissage sont : Acier doux et inoxydable, aluminium, cuivre, et laiton.

##### ***b- L'emboutissage à chaud (200° à 500°)***

C'est une technique qui facilite la déformation de la matière et permet l'emboutissage des pièces profondes par chauffage du flan, mais il est moins rapide que l'emboutissage à froid à cause du temps de chauffage. Il est principalement utilisé sur presses hydrauliques simple ou double effet. Cette méthode est applicable lorsque :

- Le métal ou l'alliage ne peut pas se conformer à froid.
- L'épaisseur et la surface de la tôle, exige une force supérieure à celle de la presse dont on dispose.
- On veut limiter les frais d'outillage (pour les faibles séries).

**-Avantages**

- Déformation plus facile des matériaux peu ductiles (acier et aluminium).
- Emboutissage de pièces épaisses et profondes par chauffage du flan et de la matrice.
- Peu d'écrouissage ou de contraintes résiduelles.

**- Inconvénients**

- Cadences de production moins élevées du fait de l'inertie de chauffage
- Pièces finies de moins bonnes qualités (état de surface et dimensionnement)
- Nécessite la mise en place d'un protocole de sécurité plus important

Remarque 02 : Les matériaux utilisés en emboutissage à chaud sont: Titane, magnésium, et zinc

**I.4.2.3 Principe de l'emboutissage**

Le principe est fondé sur la déformation plastique du matériau, déformation consistant en un allongement ou un rétreint local de la tôle pour former la pièce commandée (Rétreint: Diminution de volume d'un matériau). Par suite de la conservation globale (au moins approximative) du volume du matériau lors de l'emboutissage, les zones d'étirement subissent un amincissement (qui doit rester limité pour éviter la rupture) et les zones de rétreint (compression) subissent une combinaison d'épaississement et de plissement : on cherche en général à éviter ce dernier effet de l'emboutissage. On essaie de le déplacer dans des parties de tôle qui seront supprimées dans la suite du processus de fabrication. L'opération peut être réalisée avec ou sans serre flan pour maintenir le flan contre la matrice pendant que le poinçon déforme la feuille.

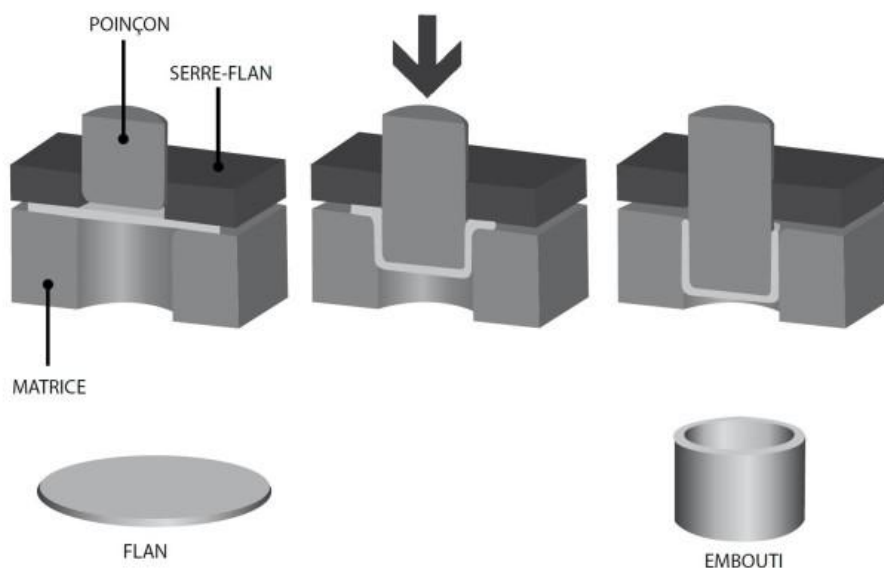


Figure I.7: Exemple d'une pièce a embouti.

#### 1.4.2.4 Phases d'emboutissage

L'emboutissage possède 5 étapes ou bien 5 phases comme on vient de le montré sur les figures ci-dessous pour atteindre la pièce finale.

**Phase 1 :** le poinçon et le serre-flan sont relevés. La tôle, préalablement graissée, est posée sur la matrice <sup>[6]</sup>

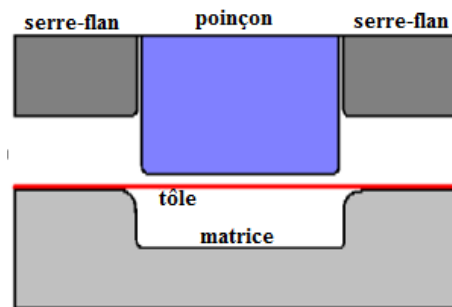


Figure I.8: 1<sup>ère</sup> phase d'emboutissage

**Phase 2 :** le serre-flan est descendu et vient appliquer une pression bien déterminée, afin de maintenir la tôle tout en lui permettant de glisse.

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

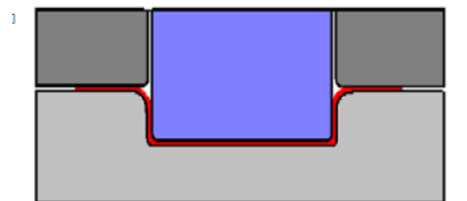


Figure I.9 : 3<sup>ème</sup> phase d'emboutissage.

**Phase 4 :** le poinçon et le serre-flan se relèvent : la pièce conserve la forme acquise (limite d'élasticité dépassée).

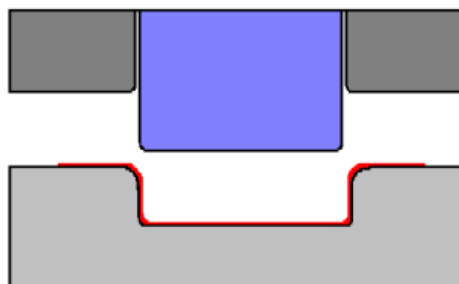


Figure I.10: Relèvement du poinçon et serre-flan.

- **Phase 5** : on procède au « détournage » de la pièce, c'est-à-dire l'élimination des parties devenues inutiles. (essentiellement les parties saisies par le serre-flan).

#### I.4.2.5- Métal employé

Il faut que le métal employé puisse supporter, sans danger de rupture, des déformations importantes. On utilise des métaux très malléables qui présentent un grand pourcentage d'allongement : acier extra-doux au carbone, aciers spéciaux, aciers inoxydables à grand allongement, cuivre, laitons, aluminium et quelques-uns de ses alliages.

Ces métaux s'emploient à l'état recuit, ce traitement thermique ayant pour effet de leur donner le maximum de malléabilité.<sup>[7]</sup>

#### I.4.2.6 Outillage

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 inférieure, en creux, qui épouse la forme extérieure de la pièce (Voir la figure I.12).
- Une matrice supérieure, en relief, qui épouse sa forme intérieure en réservant l'épaisseur de la tôle.
- Un serre-flan qui entoure le poinçon, s'applique contre le pourtour de la matrice et sert à coincer la tôle pendant l'application du poinçon.

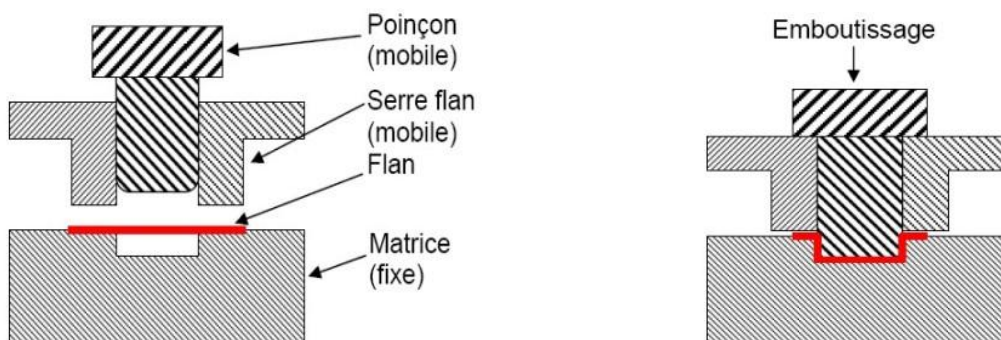


Figure I.11 : Outillage d'emboutissage.

#### I.4.2.7 Avantages et inconvénients d'emboutissage

##### a- Avantages

- 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 :
  - ✓ 100 à 200 pièces/heure (pièces de gros volumes : carrosserie automobile, ...)
  - ✓ 3000 à 4000 pièces/heure (petites pièces : renfort, capuchon de réservoir,...)

#### ***b- Inconvénients***

- Les zones d'étirement subissent un amincissement important et les zones de rétreint 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.

### **I.4.3 Poinçonnage**

#### ***I.4.3.1- Définition***

Le poinçonnage (marquage) est un découpage intérieur réalisé dans un flan, il est comme le procédé de perçage qui consiste à laisser une marque par déformation que par enlèvement de matière. Généralement, on le facilite en chauffant plus ou moins le matériau à aléser.

Cette méthode (poinçonnage) peut être assimilée à du cisailage de forme fermée c'est-à-dire découper des pièces dans un matériau, généralement de faible épaisseur à l'aide d'un poinçon et d'une matrice et la partie de matière enlevée est appelée « déboucheur ».

Généralement on l'utilise en tôlerie pour réaliser des trous et découper des flans de formes complexes parfois non rectangulaires difficiles ou impossibles à réaliser par cisailage. Il existe trois modes possibles de poinçonnage :

- **Le poinçonnage classique** : enlèvement de matière par simple réalisation de trous.
- **Le grignotage** : qui consiste à découper un pourtour intérieur ou extérieur par de multiples coups de poinçon.
- **Le découpage à la presse** : découpe de flans à l'aide d'un outillage spécifique.

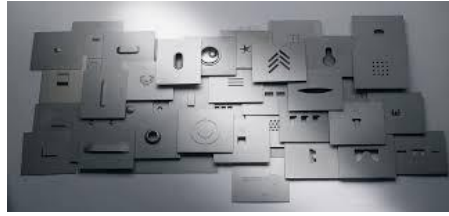


Figure I.12: Exemple des formes obtenues par poinçonnage.

#### I.4.3.2- Principe du poinçonnage

Le poinçonnage est effectué en plaçant la tôle entre un poinçon et une matrice montée sur une presse. Le poinçon et la matrice sont en acier trempé et ont la même forme. Le poinçon rentre tout juste à l'intérieur de la matrice. La presse appuie le poinçon contre et à l'intérieur de la matrice avec suffisamment de force pour percer un trou dans le demi-produit. Dans certains cas, le poinçon et la matrice « s'emboîtent » pour créer une dépression dans le demi-produit.

#### I.4.3.3- Phases de poinçonnage

1. Le poinçon et le dévêtisseur viennent au contact de la tôle.
2. Le poinçon commence à pénétrer dans la tôle.
3. Lorsque le poinçon rentre plus profondément dans la tôle la matière se cisaille. Le déboucheur correspond à la partie cisailée de la tôle.
4. Descente du poinçon jusqu'à son point mort bas afin d'éjecter le déboucheur.
5. Le poinçon remonte. Le dévêtisseur maintient la pression sur la tôle.
6. Remontée complète en fin d'usinage.
- 7.

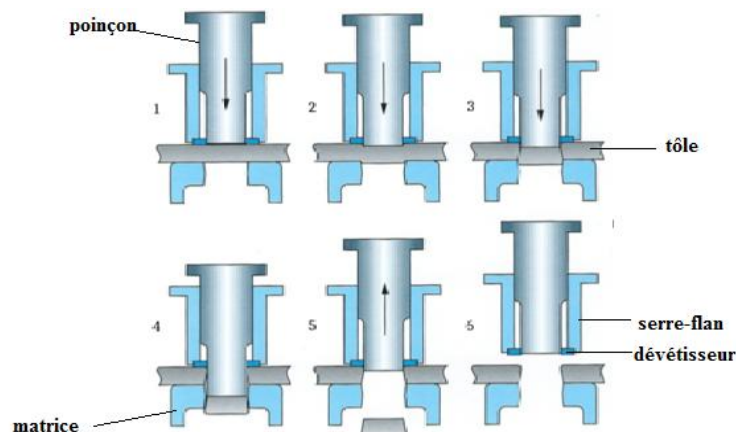


Figure I.13: Différentes phases du poinçonnage.

#### 1.4.3.4 Alignement des poinçons

- Les poinçons doivent être absolument concentriques avec l'ouverture de la matrice. Mais parfois, un changement de l'axe peut être dû aux procédures d'assemblage; un mouvement parfois minime dans la presse peut provoquer un léger décalage des deux axes.
- Même avec un positionnement parfait, un poinçon long, non supporté et non guidé peut être détourné par le mouvement du métal lors de l'opération de coupe ou par son propre poinçonnage décentré.

Pour atténuer ce problème, les poinçons doivent être guidés dans leur mouvement, à moins que leur volume ne soit si grand qu'ils constituent réellement la majeure partie de l'outil.

- Le guidage peut être réalisé par des inserts dans la plaque de porte poinçon, qui sont appelés
- Douilles de guidage. Les poinçons minces devraient être protégés par des manchons, des enveloppes et des dispositifs similaires. Les poinçons qui ont des formes irrégulières ou ceux dont la surface est inclinée utilisent souvent des éléments qui guident leur progression pendant l'opération de coupe. (voir la figure I.15)

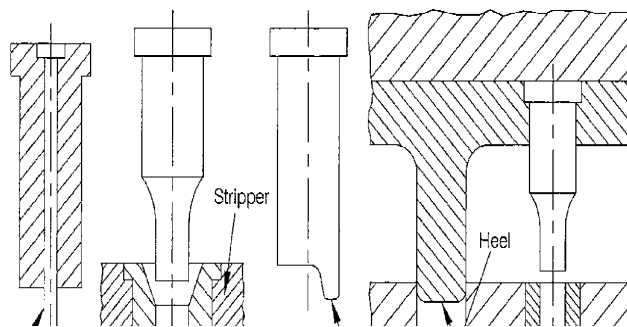


Figure I.14: Guidage du poinçon

- Les éléments de fixation permettent aussi le guidage du poinçon. Ils ressemblent à de petites plaques perforées autonomes, et ils viennent dans différentes tailles et formes et avec différentes ouvertures de maintien de l'outil. L'ensemble de l'unité, ainsi que le poinçon ou les poinçons qu'il retient, est fixé à la plaque de maintien avec des goujons et verrouillé dans cette position par des vis. Le poinçon, équipé d'une rainure de retenue à bille, est positionné avec précision par une pression de la bille à ressort.
- Une autre solution de guidage de l'outil est celle dans laquelle les poinçons sont alignés avec des broches de guidage de précision. Les ensembles d'outils à quatre colonnes sont les plus précisément alignés.

#### 1.4.3.5 Outils de poinçonnage

##### a- Partie supérieure d'outil

- Poinçon
- Guide
- Dévêrtisseur

Ressort de dévêrtissage.

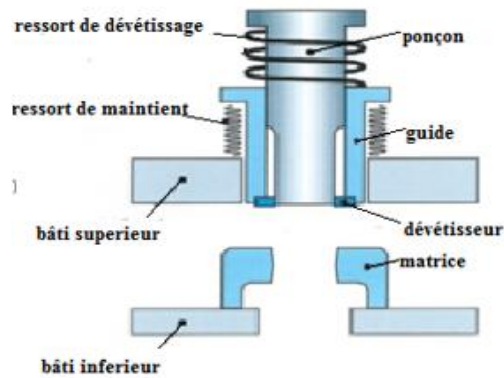


Figure I.15 : Outil du poinçonnage

### *b- Partie inférieure d'outil*

Matrice

#### *I.4.3.6 Parties nécessaires pour le poinçon*

L'outil a pour fonction de laisser une marque sur une autre pièce, ou même de la percer. Il est composé de :

- Le corps du poinçon qui possède une longueur variable pour monter et serrer,
- L'outil,
- La tête qui porte les arêtes 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.

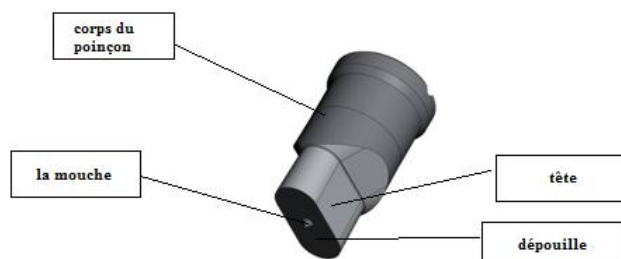


Figure I.16: Composantes du poinçon

Remarque 03: le poinçon de forme quelconque doit résister à la compression et au flambage.

#### *I.4.3.7- Matrice*

Elle est le «**support d'empreinte**» du poinçon. A son axe, elle comporte un trou aux formes et dimensions du poinçon, auxquelles on ajoute un jeu de quelques dixièmes de millimètres



Figure I.17: Matrice de poinçonnage.

#### ***I.4.3.8- Jeu de poinçonnage***

Tout comme en cisailage, un jeu est nécessaire entre les arêtes des outils.

Ce jeu diminue l'effort de poinçonnage et l'écrouissage de la zone poinçonnée. Ce jeu de poinçonnage sera proportionnel à l'épaisseur poinçonnée et dépendra de la résistance du métal.

En règle générale

##### ***a- Pour les aciers***

Soit les aciers de construction ou pour l'aluminium et ses alliages, le cuivre et ses alliages, on choisit un jeu diamétral égal à épaisseur /10.

##### ***b- Pour les métaux durs et mi-durs***

Comme pour les aciers inoxydables on choisit un jeu diamétral d'épaisseur / 8.

#### ***I.4.3.9 - Avantages et inconvénients du poinçonnage***

##### ***a- Avantages***

Par rapport au perçage, le poinçonnage est extrêmement économique (gain de temps, usure moindre des outils, affutage peu fréquent) et donne la possibilité d'utiliser toute sortes de formes pour les trous.

- Par rapport au découpage à la presse, le grignotage sur commande numérique permet de changer de série en minimisant les coûts d'outillages, de découper de grands formats, et d'utiliser des outils simples et peu onéreux.

##### ***b- Inconvénients***

- Limité dans les épaisseurs,
- Section minimale du poinçon limité.

## I.4.4 Pliage

### I.4.4.1 Définition

Le pliage est une opération qui consiste à appliquer sur une tôle plane un effort  $F$  permettant un ou plusieurs changements de direction (changement de la direction des fibres) qui définiront un ou plusieurs angles. Les deux méthodes les plus utilisées sont le pliage en l'air sur une presse plieuse et le pliage en frappe sur plieuse universelle (à sommier).

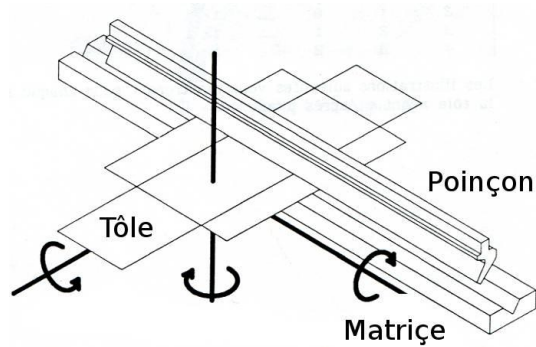


Figure 18: Pliage d'une tôle en V.

## I.5- Conclusion

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

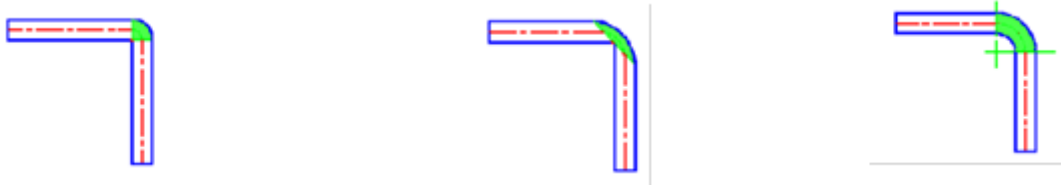
Les techniques de mise en forme des matériaux : découpage, emboutissage et pliage ont pour objectif de donner une forme déterminée au matériau tout en lui imposant une certaine microstructure, afin d'obtenir un objet ayant les propriétés souhaitées.

Le pliage, influe fortement sur la qualité des pièces fabriquées après l'emboutissage et le poinçonnage. Dans le chapitre qui suit le procédé de pliage sera plus détaillé

## Chapitre II : Procédés de Pliage

### II.1 Introduction

Le processus de pliage de tôle est très nécessaire pour finir la découpe après chaque opération de mise en forme. Il consiste à plier les arêtes vives de la pièce en partant d'une surface plane pour obtenir un angle choisi. Le pliage peut être considéré comme un cintrage de faible rayon.



#### Pliage théorique :

Zone de pliage réduite à l'angle des surfaces formant le pli avec maintien de l'épaisseur

#### réalité :

Les contraintes de pliage ont diminué l'épaisseur (risque de rupture)

#### Ce qu'il faut obtenir :

Un rayon minimum garantissant l'épaisseur et un allongement des fibres qui soit accepté par le matériau. (Pas de risque de rupture)

### II.2 Définition de pliage

Le pliage est une opération qui consiste à appliquer sur une tôle plane un effort  $F$  permettant un ou plusieurs changements de direction (changement de la direction des fibres) qui définiront un ou plusieurs angles. Les deux méthodes les plus utilisées sont :

- Le pliage en l'air sur une presse plieuse
- Le pliage en frappe sur plieuse universelle (à sommier).

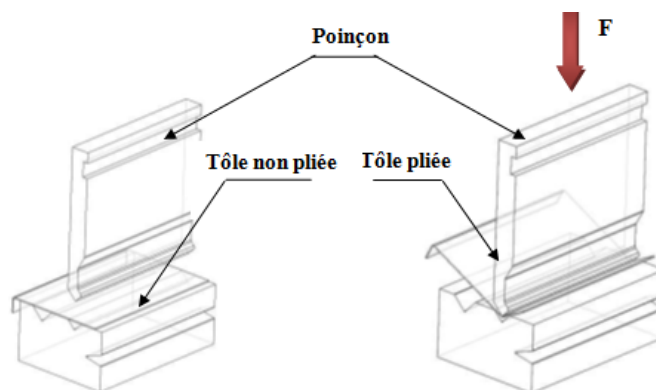


Figure II.1 : Pliage de tôle sur une presse plieuse.

### II.3- Principe du pliage

Le pliage consiste à soumettre une tôle plane à une déformation plastique obtenue grâce à une force appliquée sur la longueur de la pièce. Celle-ci sera en appui sur 2 lignes d'appuis et s'apparente à la flexion. Il faudra dépasser la limite élastique pour obtenir l'angle voulu.

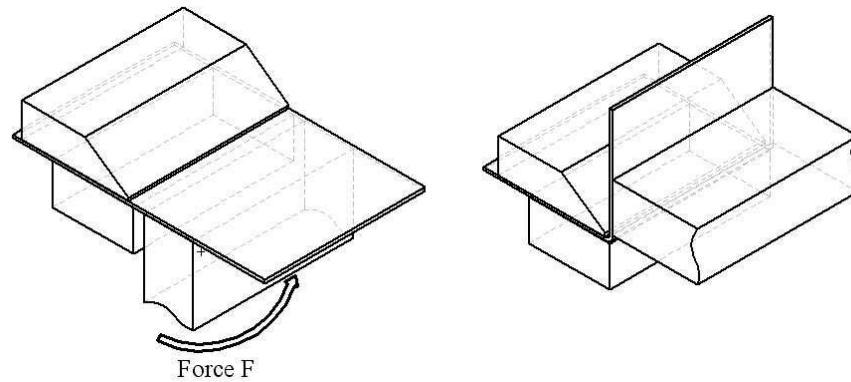


Figure II.2: Schéma de pliage avec matrice et poinçon.

### II.4 Types de pliage

Il suffit de regarder autour de nous pour voir dans le milieu où l'on se situe plusieurs pièces de métal qui ont subi une transformation. Rarement les pièces de métal découpées n'ont pas été pliées ou façonnées d'une quelconque manière.

Il est très important pour un plieur de distinguer chacun des types de pliage, car plusieurs pièces peuvent en comporter plus d'un en même temps, ceci peut venir influencer la séquence de pliage à utiliser.



Figure II.3: Quelques types de pliage de tôle.

## II.5- Modes de déformation en pliage

### II.5.1- Pliage en « V » (en l'air ou en frappe)

Le schéma du pliage pour ces deux méthodes est assimilé à un schéma de flexion (figure II.5). Les points d'appuis du schéma représentent les arêtes du vé, et une flèche qui symbolise une force. C'est le réglage de la descente du poinçon qui donnera l'angle final du pliage.

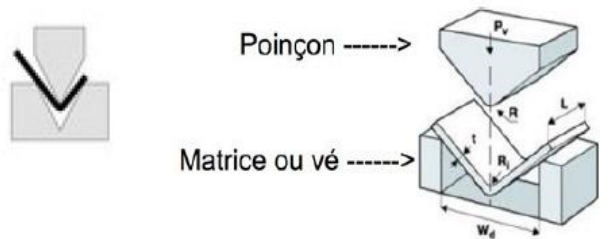


Figure II.4 : Vé et contre-vé en pliage.

#### a- Pliage en air

L'effort de pliage cesse quand la tôle arrive en fin de V. L'angle terminal est celui de la forme du Vé plus le retour élastique de la tôle ( $\approx 3^\circ$ ).

Avec le pliage « en l'air », suivant la position du poinçon en fin de course, différents angles peuvent être obtenus avec le même outillage.



Figure II.5: Poinçon du pliage en vé.

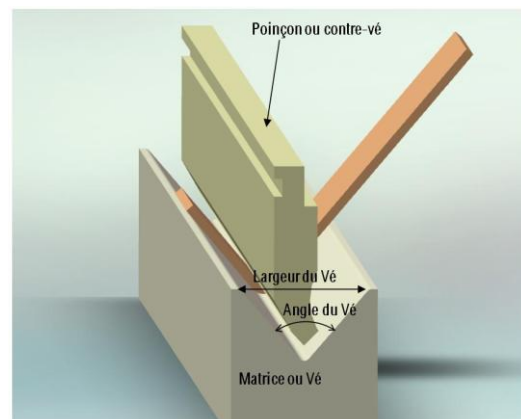


Figure II.6: Pliage en vé.

### b- Pliage en frappe

Cette opération de pliage s'effectue en deux temps. Tout d'abord, un pliage «en l'air» est effectué jusqu'à l'angle désiré. Ensuite, le poinçon descendu rapidement, va frapper et marquer la tôle jusqu'à réduire voir éliminer totalement le retour élastique. L'angle du poinçon et de la matrice sont égaux à l'angle à obtenir.

Cette méthode est réservée à des tôles d'épaisseur inférieure à 2 mm. (Figure II.8)

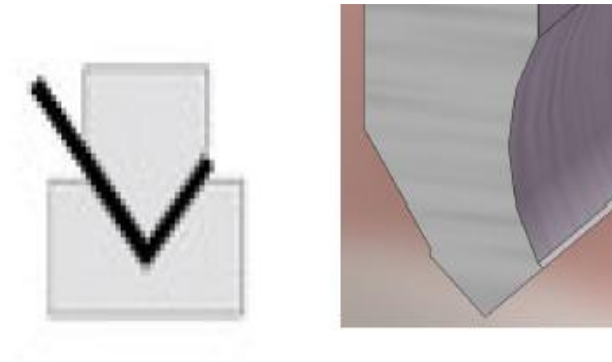


Figure II.7: Pliage vé en frappe.

#### - Différence entre le pliage en air et en frappe

- Les forces utilisées dans le pliage en air sont 5 fois moins importantes que pour le pliage en frappe
- Dans le pliage en air, la tôle est toujours soumise au phénomène de retour élastique.



Figure II.8: Différence entre le pliage en air et en frappe.

### II.5.2 Pliage par encastrement (plieuse à sommier)

Cette méthode un peu moins utilisée pour le serrage de la pièce à plier, entre le sommier et la table, puis la déformation par « bras de levier » grâce à un sabot. On utilise la force manuelle ou une force mécanique pour cette méthode.

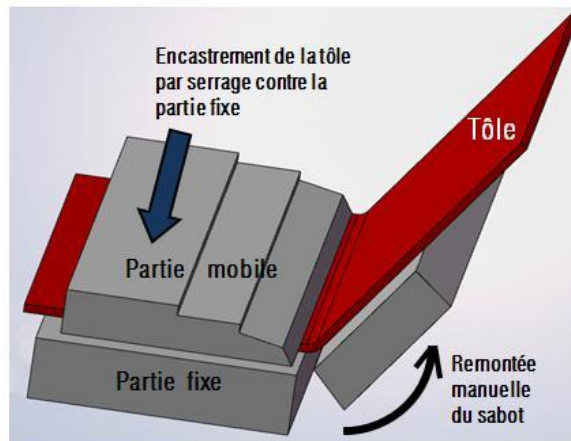


Figure II.9: Pliage à encastrement.

### II.5.3- Pliage par cabrage en U (emboutissage)

- Le principe est voisin de celui du pliage en vé. Seuls les outils (poinçons et matrices) seront différents). Cela ressemble cependant à de l'emboutissage. On peut obtenir avec cette méthode une infinité de formes pliées, si les outils sont disponibles.

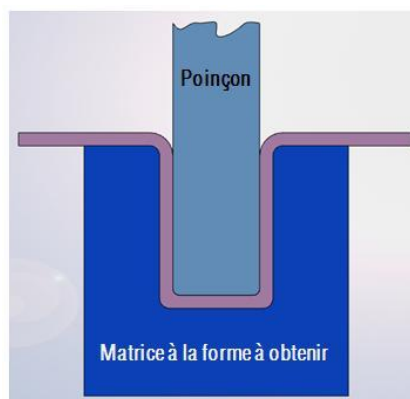


Figure II.10: pliage en U.

### II.5.4 Pliage en L

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

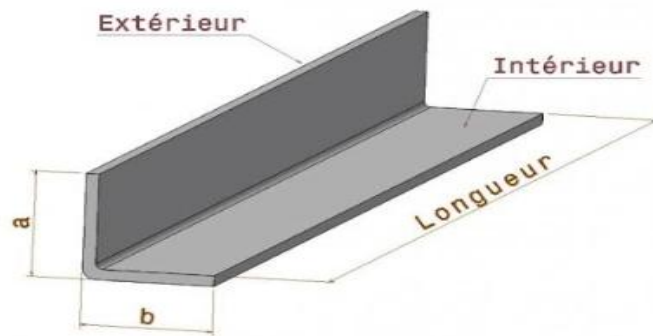


Figure II.11: Exemple d'une pièce pliée en L.

## II.6- Technique du pliage

Le pliage de tôle consiste à déformer la matière, en modifiant la direction de ses fibres selon un angle choisi. En pratique, la tôle froide est placée dans la plieuse qui exerce une pression brusque pour la plier :

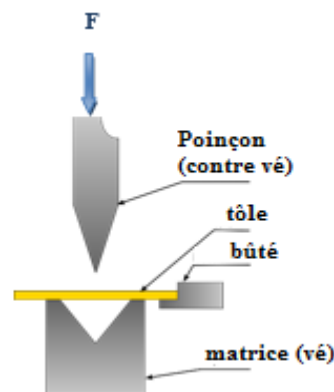


Figure II.12: Exemple de pliage en V

- Dans une presse plieuse, la tôle est posée à plat sur la matrice fixe munie d'un « vé ». Lors du pliage, le poinçon « contre- vé » (partie supérieure de la machine) descend verticalement sur la matière pour l'enfoncer dans le vé, et ainsi la plier jusqu'à l'angle souhaité. Suivant la déformation élastique du métal, il est nécessaire de plier un peu plus la tôle que l'angle désiré, pour compenser le retour.
- Dans une plieuse universelle, le poinçon marque la tôle à l'endroit du pliage et le sommier la maintient pendant que le tablier est actionné. Cette pièce mobile (partie inférieure de la machine) exerce alors une pression sur la partie de tôle qui dépasse, pour la plier.

On trouve différentes versions de ces machines : manuelles, hydrauliques ou électrique.

## II.7- Caractéristiques d'un pli

### II.7.1- Le pli

Lors du pliage, la tôle subit une pression qui change l'orientation des fibres. Les fibres intérieures sont comprimées alors que celles extérieures subissent un étirement. L'angle obtenu est appelé « angle de pliage ».

Entre les deux zones de déformations, la fibre neutre qui ne subit aucun allongement ni raccourcissement sera la base de notre calcul de la longueur développée. En effet, si nous savons déterminer la longueur de cette fibre qui ne subit aucune déformation après pliage, nous trouverons la longueur de la tôle avant pliage. [9]

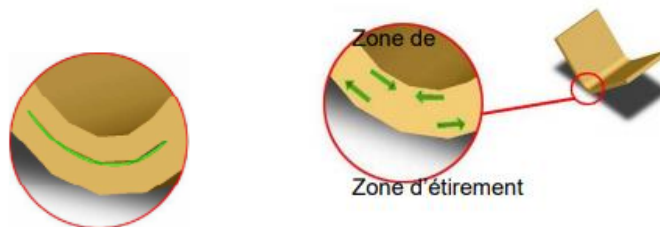


Figure II.13 : Fibre neutre

### II.7.2- Calcul des longueurs des fibres

- Fibre extérieure :  $\frac{\pi \times R_{ext}}{2}$  [mm]
- Fibre neutre :  $\frac{\pi \times R_{fn}}{2}$  [mm]
- Fibre intérieure :  $\frac{\pi \times R_{int}}{2}$  [mm]

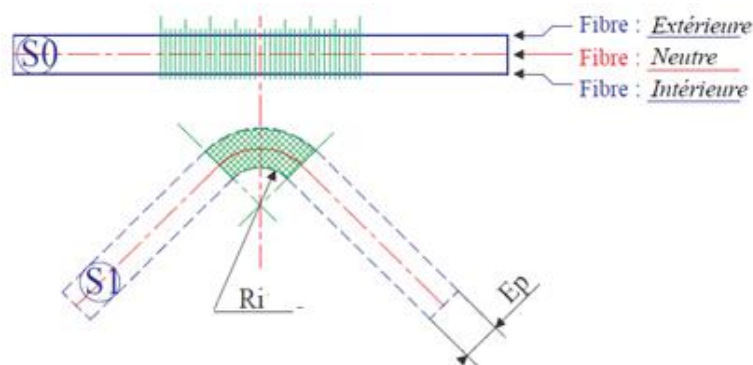


Figure II.14 : Schématisation des fibres d'une pièce en pliage

### II.7.3- Rayon de la fibre neutre

$R_i/e$	Environ 1	Environ 2	Environ 3
$R_{fn}$	$e/3$	$2. e/5$	$e/2$

$$R_{fn} = e * \left(\frac{1}{2}\right) \quad \text{Ou bien} \quad R_{fn} = e * \left(\frac{1}{3}\right)$$

#### Remarque

Dans le pliage :

- La fibre extérieure s'allonge.
- La fibre neutre ne varie pas.
- La fibre intérieure se comprime

### II.7.4 - Recherche du % d'allongement des fibres (A%)

Tous les matériaux acceptent des déformations dans une certaine limite. Pour l'allongement, cette limite s'exprime en %.

$$A\% = (R_{ext} * \pi) - (R_{fn} * \pi) * 100 = (R_{fn} * \pi)$$

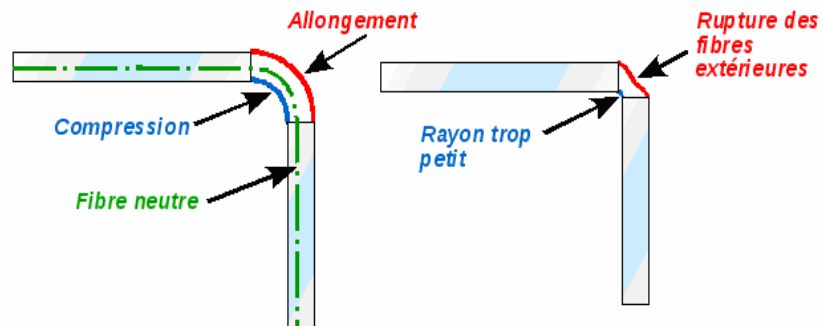


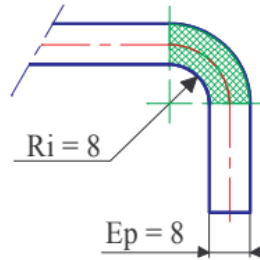
Figure II.15: Allongements des fibres en pliage.

**Exemple**

Calculons l'allongement des fibres extérieures par rapport à celles théoriquement restantes de même longueur que les fibres neutres.

Prenons un rayon intérieur  $R_i = e = 8 \text{ mm}$

$$A\% = [(8 + 8) - (8 + 8/2)] \times 100 = 33.33 \%$$



**Figure II.16** : Exemple de calcul pour l'allongement des fibres

Avec

- $R_{ext}$  : rayon extérieur.
- $R_{int}$  : rayon intérieur.
- $R_{fn}$  : rayon fibre neutre.

## II.8- Différents rayons de pliage

### II.8.1 Rayon du poinçon de pliage

Pour obtenir des pièces avec des cotes précises, il faut tenir compte du retour élastique au moment de la conception de l'outillage, d'où le rayon du poinçon à utiliser en pliage.

$$\frac{R_p}{e} = \frac{\frac{R}{e}}{1 + 3 \frac{R \cdot Re}{E \cdot e}}$$

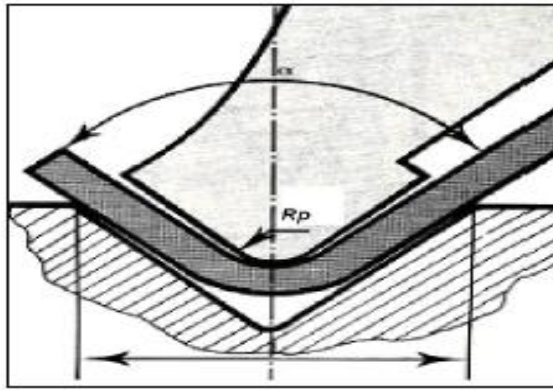


Figure II.17: Rayon de poinçon de pliage.

Avec

- $E$  : module d'élasticité de la tôle ( $N/mm^2$ ).
- $e$  : épaisseur de la tôle (mm).
- $R_e$  : limite d'élasticité ( $N/mm^2$ ).
- $R_p$  : Rayon de l'outil de pliage (mm).
- $R$  : Rayon de la pièce finale (mm).
- 

### II.8.2 Rayon minimal de pliage

Lors du pliage d'une tôle, dans le pli, se produit une déformation plastique. Cette déformation est de type allongement de la partie extérieure et compression de la partie intérieure. Sur une pièce cambrée, on constate des déformations sur la zone pliée. Les fibres intérieures sont comprimées alors que celles extérieures subissent un étirement.

Cette déformation doit assurer la non rupture du matériau dans cette zone. Autant le rayon de pliage est grand, autant la déformation plastique est minimale. La fibre neutre est une fibre qui ne subit pas de déformation.

L'équation donnant la valeur du rayon minimal est la suivante :

$$R_{min} = \frac{e}{\frac{A-4}{100-Z} * \left( \frac{A-4}{200-Z} + 2 \right)}$$

Avec

$R_{\min}$ : rayon minimal de pliage en (mm).

$e$  : épaisseur de la tôle en (mm).

$A(\%)$  : allongement.

$Z(\%)$  : coefficient de striction  $Z = \frac{S_0 - S_1}{S_0} * 100$

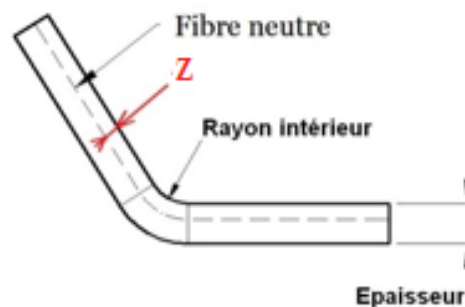


Figure II.18 : Coefficient de striction Z.

Avec

$S_0$  : section de la pièce. ( $\text{mm}^2$ )

$S_1$  : section de la pièce après pliage. ( $\text{mm}^2$ )

### Remarque

1. L'expression du rayon de pliage  $R$  désigne toujours le rayon intérieur.
2. Le coefficient de striction est négligé dans notre étude.

### II.8.3- Rayon de pliage appelé aussi rayon intérieur de pliage ou $R_i$

Le rayon de pliage est défini selon la machine employée et les contraintes du dessin de la pièce. La plupart du temps, le dessin n'impose pas de rayon, c'est la machine utilisée qui définira à ce moment sa valeur. [8]

- **Sur une presse plieuse** : le rayon intérieur dépend du  $Vé$ .

On admettra :

$$R_i = \frac{Vé}{6} [\text{mm}]$$

Avec :

$R_i$  : rayon intérieur. (mm)

$Vé$  : angle de pliage. (mm)

Le rayon intérieur varie aussi en fonction de la matière et de son coefficient d'allongement. Plus la matière est malléable, plus le rayon intérieur pourra être petit, sans que l'on observe des défauts de criquage (cassure à l'extérieur du pli).

Sur une plieuse universelle : le rayon de pliage est défini par l'opérateur (ou le plan de définition) durant le réglage du tablier de la machine. Dans ce cas, on considère le rayon extérieur du pli.



**Figure II.19:** Choix du rayon de pliage

N.B : Pour le rayon extérieur du pliage des différents aciers on trouve:

- Acier d'usage courant :  $Re = e$ .
- Acier inoxydable d'usage courant :  $Re = 2,5 \times e$ .
- Aluminium recuit :  $Re = e$ .
- Aluminium écroui :  $Re = 3 \times e$ .
- Cuivre recuit :  $Re = e$ .
- Cuivre écroui :  $Re = 2,5 \times e$ .

### Remarque

Le rayon intérieur de pliage ne doit jamais être vif, car il risque de provoquer une fatigue exagérée du métal et aurait un amincissement trop important qui pourrait amener une cassure.

### Ce rayon dépend

- 1) De la nature du métal (acier, aluminium, cuivre...).
- 2) De l'épaisseur à plier.
- 3) De l'état de malléabilité (recuit, trempé, écroui).
- 4) De l'orientation des fibres linéaires (sens de laminage) pour les alliages d'aluminium.

**Remarque**

Le rayon intérieur de pliage ne doit jamais être vif, car il constituerait une fatigue exagérée du métal et aurait un amincissement trop important qui pourrait amener une cassure.

**II.8.4 Calcul du rayon moyen**

$$R_m = R_i + e/2 \quad \text{Ou} \quad R_m = R_e - e/2$$

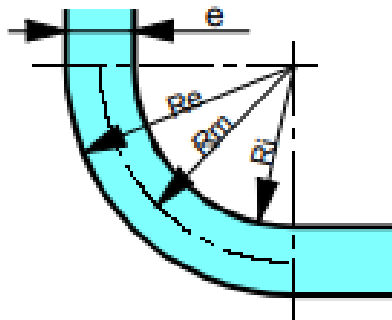


Figure II.20: Différents rayons dans un pli.

Avec

**Re** = Rayon extérieur. (mm)

**Rm** = Rayon moyen. (mm)

**Ri** = Rayon intérieur. (mm)

**e** = Epaisseur. (mm)

**II.9- Calcul des parties droites****II.9.1- Calcul à partir d'une cote extérieure**

$$\text{Partiedroite} = \text{Cote extérieure} - R_i - e$$

**Ri** = Rayon intérieur. (mm)

**e** = Epaisseur. (mm)

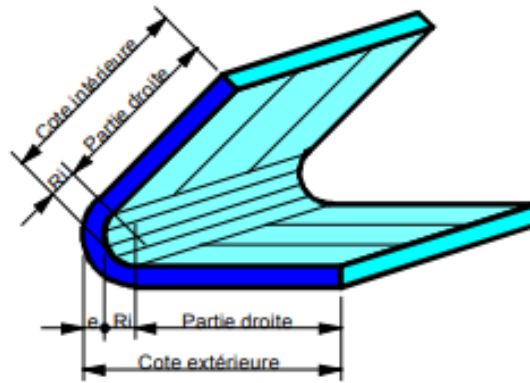


Figure II.21: Parties droites d'un pli.

**II.9.2- Calcul à partir d'une cote intérieure**

**Partie droite = Cote intérieure – Ri**

**II.10 Développement de la carre**

**II.10.1- Angle à 90° [10]**

- La carre représente  $\frac{1}{4}$  du cylindre.

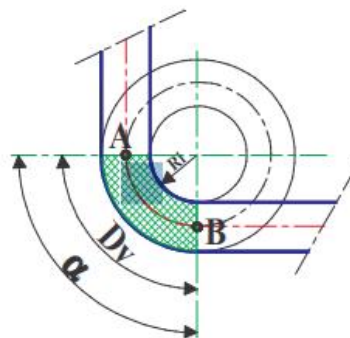


Figure II.22 : la carre à 90°.

La longueur AB est égale à :

$$AB = \frac{\pi * (R_i + F_{neut}) * 90^\circ}{180^\circ} \text{ ou } \frac{\pi * (R_i + \frac{ep}{2})}{2}$$

Avec :

**Dv ou bien AB** : représente la développée de la carre.

$\alpha$  : angle de la carre à  $90^\circ$ .

### II.10.2 Angle différent de $90^\circ$

➤ Le tour complet du cylindre représente  $360^\circ$

L'angle formé par la carre est de  $\alpha_1^\circ$  :

La longueur CD est donc égale à

$$CD = \frac{\pi * \left( Ri + \frac{ep}{2} \right) * \alpha_1^\circ}{180^\circ}$$

Avec :

**Ri** = rayon intérieure.

**ep** = épaisseur de la tôle en (mm).

**Rfn** = rayon de la fibre neutre (mm).

### II.11 Effort nécessaire pour former un pli

On pratique, on admet que l'effort nécessaire pour former un pli est égal au dixième de l'effort nécessaire pour cisailier la section de la tôle à cet endroit :

$$F = (L * e * Rpg) / 10$$

Tels que :

**F** : effort de pliage (daN) ;

**L** : longueur de pli (mm) ;

**e** : épaisseur de la tôle (mm) ;

**Rpg** : résistance pratique de la tôle au cisaillement (daN/mm<sup>2</sup>)

Avec : **Rpg** = 480daN/mm<sup>2</sup>

## II.12 Calcul des efforts de pliage

La connaissance de l'effort à fournir dans le pliage est utile pour le choix de la presse, pour cela on utilise les formules expérimentales ou les abaques.

L'effort de pliage dépend de plusieurs facteurs englobant :

- Le matériau (la résistance, l'épaisseur)
- La forme de la pièce (en V, Z, U, ...)

La façon d'exécution du pliage (pliage avec poinçon et matrice ou avec plaque pivotante).

- Le frottement entre le demi-produit et l'outillage.
- La vitesse de déformation...

### II.12.1 Pliage en V

#### a) Pliage sans frappe

L'effort de pliage exercé par le poinçon est donné par la formule suivante :

$$F_1 = K \frac{L * e^2 * R_m}{v}$$

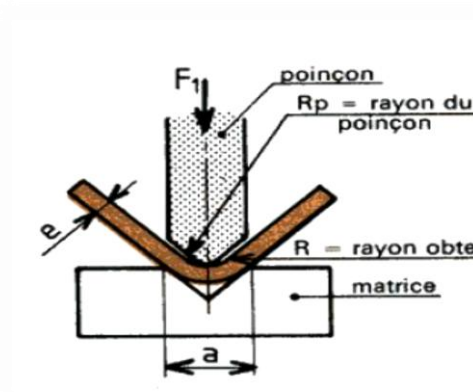


Figure II.23: Effort de pliage  $F_1$ .

Où

- **F** : Force de pliage en [N].
- **R<sub>m</sub>** : la résistance mécanique du métal à plier (N/mm<sup>2</sup>).
- **L** : longueur pliée.
- **e** : épaisseur de la tôle (mm).
- **v** : ouverture du V (mm).

- **K** : un coefficient dépendant de V.

### a.1) Ouverture de vé :

$$Vé = 8 * e \text{ si } e \leq 10 \text{ mm.}$$

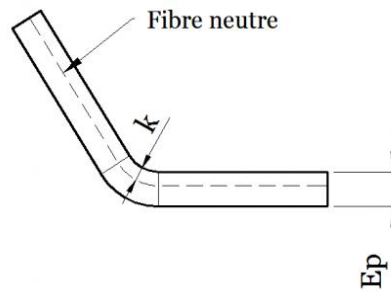
$$Vé = 10 * e \text{ si } e > 10 \text{ mm.}$$

### a.2) Facteur K

Le facteur **k** est une valeur permettant de situer la position de la fibre neutre sur une pièce pliée. Il est utilisé pour calculer les développées de tôle pliée. Le facteur **k** est toujours positionné par rapport à l'intérieur du pli. Pour connaître la position de la fibre neutre, il faut multiplier le facteur **k** par l'épaisseur de la tôle.

Le facteur **k** dépend de plusieurs paramètres :

- Des outils de pliage : Vé et couteau
- De l'épaisseur de la tôle
- De la matière
- De l'angle de pliage
- Le sens de laminage peut également avoir un impact



**Figure II.24** : position de l'axe neutre et de coefficient K.

$$K = \frac{R_i}{e}$$

Avec

**e** : épaisseur de la pièce. (mm)

**R<sub>i</sub>** : Rayon intérieur.(mm)

**L** : longueur du pli.(mm)

$\alpha$  : angle du pli. (mm)

### II.12.2 Pliage en U

#### a) Sans frappe

Dans ce cas, l'effort est fortement tributaire du jeu entre poinçon et matrice.

Si : le jeu = épaisseur nominale de la tôle + tolérance maximale, l'effort peut être défini par la relation :

$$F2 = \frac{2}{3} \times L \times Rm \times e * \left(1 + \frac{e}{a}\right)$$

#### b) Avec frappe

La relation :  $F3 = 2,5 \times F2$  permet d'obtenir de bons résultats.

## II.13 Effort mis en jeu durant et après le pliage

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

Suivante

$$Fp = \frac{(L * e * Rpg)}{10}$$

Avec

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

**e** : épaisseur de la tôle en (mm).

**F** : l'effort de pliage. (daN)

**Rpg** : résistance au glissement de la tôle en (daN/mm<sup>2</sup>).

## II.14 Efforts nécessaires pour l'outillage

### II.14.1 Effort de bordage

C'est la force nécessaire pour le pliage des rebords

$$F_b = \frac{P. e. R_r}{3}$$

Avec

$F_b$  : Force de pliage des rebords. (kg)

$P$  : le périmètre de la pièce. (mm)

$L$  : longueur de la pièce.(mm)

$l$  : largeur de la pièce. (mm)

$R_r$  : La résistance à la rupture. (Mpa)

$$P = (L + l). 2$$

#### II.14.2- Force d'extraction de la partie supérieure de l'outil (dévêtissage)

$$F_d = \frac{10 \cdot F_b}{100}$$

$F_d$  : Force dévêtissage. (Tonnes)

$F_b$  : Force de bordage. (Tonnes)

#### II.14.3- Force d'empêchement du glissement de la tôle

D'après la fiche technique du matériau avec essais pratique nous avons :  $F_s = 5000 \text{ Kg}$

#### II.14.4- Force d'extraction théorique

$$F_{et} = F_s + F_d$$

$F_{et}$  : Force d'extraction théorique. (Kg)

$F_s$  : Force pour empêcher le glissement de la tôle. (Kg)

$F_d$  : Force dévêtissage. (Kg)

#### II.14.5 Force d'extraction réelle

$$F_r = F_l \cdot N_r$$

$F_r$  : Force d'extraction réelle. (Kg)

$F_l$  : Force de travail d'un ressort. (Kg)

$N_r$  : Nombre réelle des ressorts.

**II.14.6 Nombre théorique des ressorts**

$$N_t = \frac{F_{et}}{F_l}$$

Avec

$F_{et}$  : Force d'extraction théorique. (Kg)

$F_l$  : Force de travail d'un ressort. (Kg)

**II.14.7 Force totale de bordage (Kg)**

$$F_t = F_b + F_r + F_{re}$$

Avec :

$F_t$  : force totale. (Kg)

$F_{re}$  : Force maximal des ressorts pour plaque. (Kg)

Dans ce cas :

$$F_{re} = N_{re} \cdot F_{le}$$

Avec :

$N_{re}$  : Nombre réel des ressorts.

$F_{le}$  : La force de travail d'un ressort. (Kg)

**II.15 Jeu de pliage**

Lors de la réalisation de la matrice de pliage, on doit prévoir un jeu entre l'arrête verticale extérieur du poinçon et l'arrêt intérieur de la matrice. Le jeu sera égal à l'épaisseur de la tôle plus la tolérance maximale.

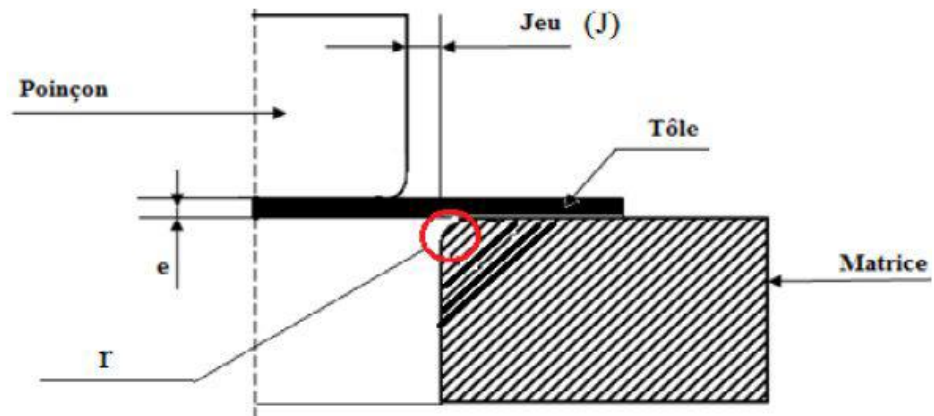


Figure II.25: Jeu de pliage.

## II.16 Déformation plastique

Le matériau est sollicité à l'extérieur en traction et en compression à l'intérieur. La surface qui délimite ces deux zones est la fibre neutre. La déformation en traction étant plus "facile" que la déformation en compression, la fibre neutre se déplace vers l'intérieur du pli quand le rayon diminue :

$$d = \frac{e}{2} \quad \text{Si} \quad \frac{R}{e} \leq 3$$

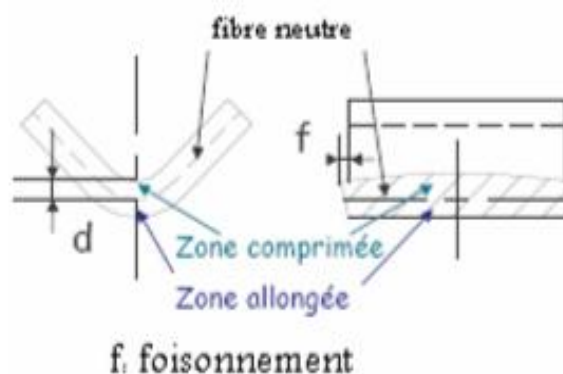


Figure II.26: Pliage des tôles métalliques.

Dans le pli, on constate :

- Une réduction d'épaisseur d'autant plus que  $R \ll e$ .
- Un élargissement au niveau du pli.
- Le foisonnement. (voire la figure II.27).

Pour éviter la fissuration au niveau du pli, il faut vérifier que l'allongement de la fibre extérieure ne dépasse pas l'allongement de la rupture des matériaux. On effectue le rapport entre la longueur de la fibre neutre et la longueur de la fibre extérieure.

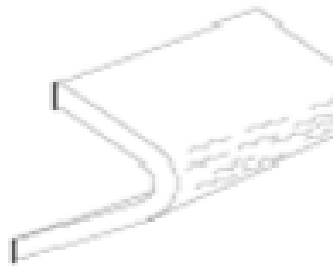


Figure II.27: Formation des fissures lors de pliage.

## II.17 Retour élastique

Le pliage est obtenu par déformation plastique de la tôle donc il y a forcément une déformation élastique qui l'accompagne parce que dans les processus de pliages, la valeur d'élasticité du matériel peut être dépassée mais les limites de force élastique ne peuvent pas. Pour cette raison, le matériau garde toujours une partie de son élasticité originale. Quand la charge est enlevée du matériau, il essaye de retourner à sa forme originale et coudée partiellement. Quand on relâche l'effort de pliage  $\Rightarrow$  retour élastique

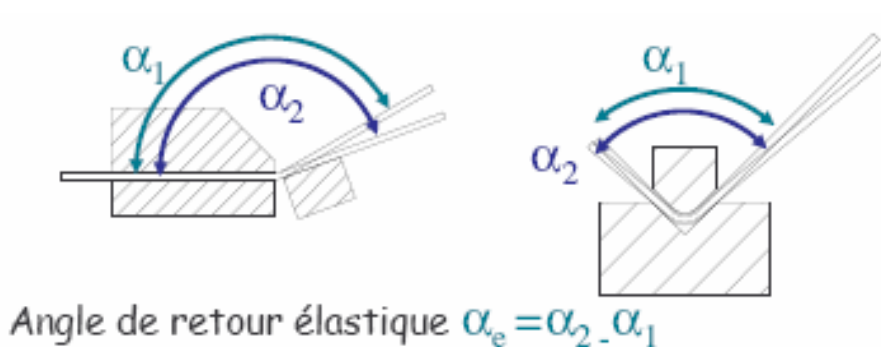


Figure II.28: Schématisation de retour élastique d'une tôle.

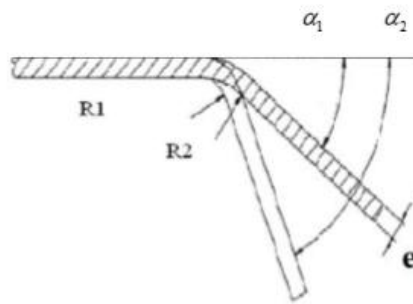


Figure II.29: Paramètres de retour élastique.

Par calcul, En considérant les notations suivantes :

$\alpha_1$  : Angle de la pièce après pliage.

$\alpha_2$  : Angle d'outil.

$R_1$  : Rayon du pli (intérieur), avant retour élastique.

$R_2$  : Rayon du pli (intérieur), pièce finie.

On estime le rayon  $R_1$  de la pièce avant le retour élastique par la formule empirique.

$$\frac{R_1}{R_2} = 4 * \left( R_1 * \sigma_e * \frac{1}{(E * e)} \right)^3 - 3 * \left( R_2 * \sigma_e * \frac{1}{(E * e)} \right) + 1$$

Avec :

$\sigma_e$  : La limite élastique du matériau. [Mpa]

E: Le module d'Young. [Gpa]

e: L'épaisseur de la tôle. (mm)

On considère alors que la longueur L de la fibre neutre est constante.

Avant retour élastique :  $R_1, \alpha_2$ .

Après retour élastique :  $R_2, \alpha_1$ .

$$L = \left(R_1 + \frac{e}{2}\right) \alpha_1 = \left(R_2 + \frac{e}{2}\right) \alpha_2$$

Pour évaluer le retour élastique :

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \left(\frac{2 \cdot R_1}{e + 1}\right) * \frac{1}{\frac{2 * R_2}{e + 1}}$$

## II.20- L'outillage

Les opérations de pliages se font sur des machines appelées presses plieuse. Les types de presses plieuses les plus utilisées sont :

- La plieuse à tablier : cette machine convient mieux dans un petit atelier de tôlerie.
- Les presses plieuses : sont des machines très puissantes que l'on utilise pour les pliages de métaux en feuilles de toutes épaisseurs.

## II.21- Différents sortes de plieuses

Il existe de nombreuses sortes de plieuses : les plieuses simples, les plieuses universelles, les presses plieuses [11]...

### II.21.1- Plieuses Simples

Ce type de plieuses à tendance à disparaître. L'axe de rotation du tablier-plier est fixe ou mobile, dans les 2 cas, il est toujours situé dans le plan horizontal de la table.

### II.21.2 Plieuses Universelles

Ces presses peuvent plier des pièces de longueurs qui peuvent atteindre jusqu'à 3m et des épaisseurs de 5.6mm maximum. Elles sont appréciées pour les pliages « spéciaux », comme le pliage de tubes ou profilés (d'un diamètre limité) car on peut y adapter n'importe quel montage.

### II.21.3 Presses Plieuses

Une presse plieuse permet de plier des épaisseurs allant de 1 à 20mm. Les tôles sont placées sur une matrice (généralement, la matrice inférieure est fixe) maintenues par des butées arrière correctement réglées. L'opérateur fait ensuite descendre le poinçon (placé sur

le coulisseau) et va grâce à une force, plier la tôle jusqu'au degré choisi. Les presses plieuses peuvent être mécaniques (le déplacement du coulisseau est actionné par.

#### II.21.4 Un système bielle-manivelle ou hydrauliques

Les presses plieuses mécaniques ne font que du pliage, alors que celles à entraînement hydrauliques ont de nombreux usages (rivetage, poinçonnage etc...) (Le coulisseau se déplace grâce à un ou plusieurs vérins hydrauliques

### II.22 Défauts de pliage

Lors du pliage sur une presse plieuse, il faut tenir compte de quelques particularités, afin d'obtenir une pièce parfaite.

#### a) Chanfrein de bord

- Des fissures dans les coins extérieurs d'un pli peuvent se produire lors du pliage d'une tôle. Surtout pour des tôles de fortes dimensions.
- On peut empêcher cette anomalie de se produire. Il suffit de chanfreiner légèrement la partie où il aura un pliage. Cette opération s'effectue habituellement par meulage.

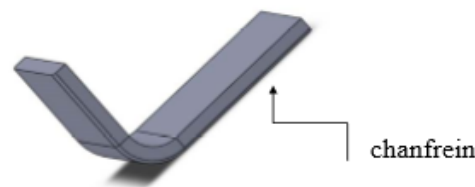


Figure II.30: Chanfrein de bord.

#### b) Sens du grain

Le métal résiste mieux au pliage, si on plie contre le sens du grain. Dans le sens contraire, il peut se fissurer.

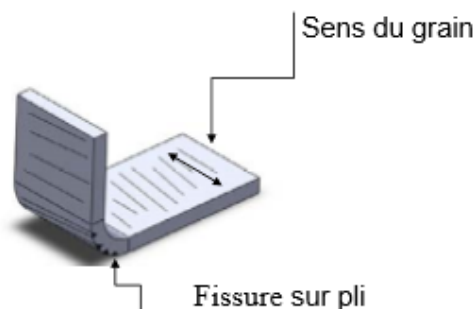


Figure II.31: Fissuration de la tôle dans le pliage en sens du grain.

### c) Amincissement

Lors du pliage de la tôle, si on utilise un poinçon pointu, il y aurait amincissement sur la courbe extérieure du pli ce qui engendrera un risque de rupture de la pièce.

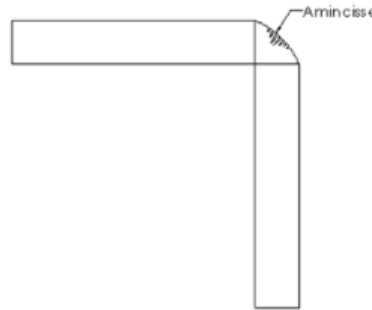


Figure I.32 : Amincissement de la zone pliée.

On appelle facteur de pliage **la valeur minimale du poinçon**.

- Pour l'acier doux  $< 1/4$  pour le rayon du poinçon doit correspondre à une fois l'épaisseur de la tôle.
- Pour l'acier doux  $> 1/4$  pour le rayon du poinçon doit correspondre à deux fois l'épaisseur de la tôle.
- Pour l'aluminium, le rayon du poinçon doit correspondre à une fois l'épaisseur de la tôle.
- Pour les aciers alliés et l'aluminium traité thermiquement, le rayon de pliage peut aller de 3 à 6 fois l'épaisseur de la tôle

### III. 22- Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié les différents paramètres définissant le pliage et les plis mis en évidence et ainsi que l'existence d'une ligne neutre dont la longueur est égale au flan de départ. La différence entre le pliage intérieur et extérieur ont fait également l'objet de ce chapitre.

## Chapitre III : Présentation de la Pièce

### III.1 Introduction

Un procédé de fabrication est un ensemble de techniques visant l'obtention d'une pièce ou d'un objet par transformation de matière brute. Obtenir la pièce désirée nécessite parfois l'utilisation successive de différents procédés de fabrication. Ces procédés de fabrication font partie de la construction mécanique. Les techniques d'assemblage ne font pas partie des procédés de fabrication, elles interviennent une fois que les différentes pièces ont été fabriquées. On parle de procédé de fabrication pour tous les objets.

Toutes les entreprises soient local aux international cherchent toujours à commercialiser des produit de haute qualité répandant à des normes précises, comme c'est le cas de l'Entreprise Nationale de l'Industrie des Electroménagers (ENIEM) qui s'efforce toujours de répondre aux exigences du marché local pour tous ses produits à titre d'exemple les cuisinières.

Le travail consiste à l'étude et à la conception d'une des pièces des cuisinières appelée la lèche-frite.

### III.2 Présentation de la pièce (lèche-frite)

La lèche-frite est un récipient placé sous une broche, destinée à recevoir la graisse et le jus des viandes que l'on fait rôti. Elle apparaît au XV<sup>e</sup> siècle avec le développement des plaques à feu en fonte qui servent de réflecteurs aux ondes de chaleur du foyer et l'usage des tourne-broches qui arrosent automatiquement le rôti, le jus qui s'en écoule restant à sa surface plus longtemps grâce à la rotation, ce qui le charge en sucs avant qu'il ne tombe dans la lèche-frite. Par la suite, lorsque l'utilisation des fours électroménagers s'est popularisée, le nom de « lèche-frite » a été donné aux plaques inférieures en métal et à rigoles qui y remplissent la même fonction. Les lèche-frites de ces fours sont cependant aussi utilisées pour cuire directement dessus certains aliments, comme des côtes de bœuf, des pizzas, des canapés....



**Figure III.1** : Lèchefrite d'une cuisinière ENIEM.

### III.3- Emplacement de la pièce

La figure ci-dessous nous montre l'emplacement de la pièce (lèchefrite) par rapport à la cuisinière. Elle est placée à l'intérieur de la cuisinière sous la broche à rôtir d'un four pour recevoir le jus et la graisse des viandes au cours de la cuisson.

Cette pièce a une longueur de 490mm, une largeur de 460mm et une épaisseur de 0.6mm.



**Figure III.2** : Emplacement de la lechefrite dans la cuisinière.

### III.4- Fiches techniques de la lèchefrite

#### III.4.1 Dimensions normalisées selon la norme EN 10131 [12]:

Tableau III.1 : Dimensions nominales de la lèchefrite

N°	Code bobine	Epaisseur (mm)	Largeur (mm)
01	100 189	2	1000
02	100 307	0.6	638
03	100 308	0.6	778
04	100 309	0.6	490
05	100 310A	0.6	595
06	100 311A	0.6	610
07	100 312A	0.6	555
08	100 313A	0.6	747
09	100 315	0.8	920
10	100 323	0.8	575
11	100 317A	0.8	1040
12	100 721	1	900
13	100 324	0.8	650
14	100 330	0.8	940
15	100 193	0.7	850
16	130 122	0.6	600
17	130 123	0.7	450
18	130 124	0.8	1130
19	130 125	0.8	600
20	130 126	1	665
21	130 120	0.6	770
22	130 121	0.6	950

#### ➤ Désignation

Dans notre cas, on utilise la matière N°04 selon la norme EN 10131 : tôle laminée à froid en acier doux, émaillage conventionnelle.

\*Code de la bobine mère : 100 309.

\*Epaisseur de la tôle = 0.6 (mm).

\*Largeur = 460 (mm).

\*Longueur = 490 (mm)

### III.4.2- Caractéristiques chimiques de lèchefrite

Tableau III.2: Caractéristiques chimiques de lèchefrite.

Composition chimique en% (max) sur coulée.			
C	Mn	P	S
0.08	0.5	0.03	0.05

**C** : 0.08 % carbone.

**Mn** : 0.5 % manganèse.

**P** : 0.03% phosphore.

**S** : 0.05% soufre

### III.4.3 Caractéristiques mécaniques de lèchefrite

Tableau III.3: Caractéristiques mécaniques de lèchefrite.

Ep[mm]	Rp[N/mm <sup>2</sup> ]	Rm[N/mm <sup>2</sup> ]	A% min
0.5 - 0.7	140 - 240	270 - 360	34
0.7 - 3	140 - 220		36

L'opération de découpage est effectuée au niveau d'atelier de tôlerie sur la presse T28.

### III.4.4- Aspect de surface

Aspect de surface bonne et de finition « m ».

### III.4.5 Aptitude au revêtement surface

Les pièces après transformation, recevront une couche de masse et couche de couverture pour les pièces du tableau III.2 et les pièces du tableau III.3 seront zinguées.

### III.5- Processus de fabrication de la lèchefrite

Le processus de fabrication de la lèchefrite passe par 4 étapes. Le schéma de la figure III.4 montre l'enchaînement de ces étapes:

**Etape 01 :** découpage de la bobine en flan.

**Etape 02 :** emboutissage de la tôle.

**Etape 03 :** poinçonnage et détourage.

**Etape 04 :** pliage de la tôle.

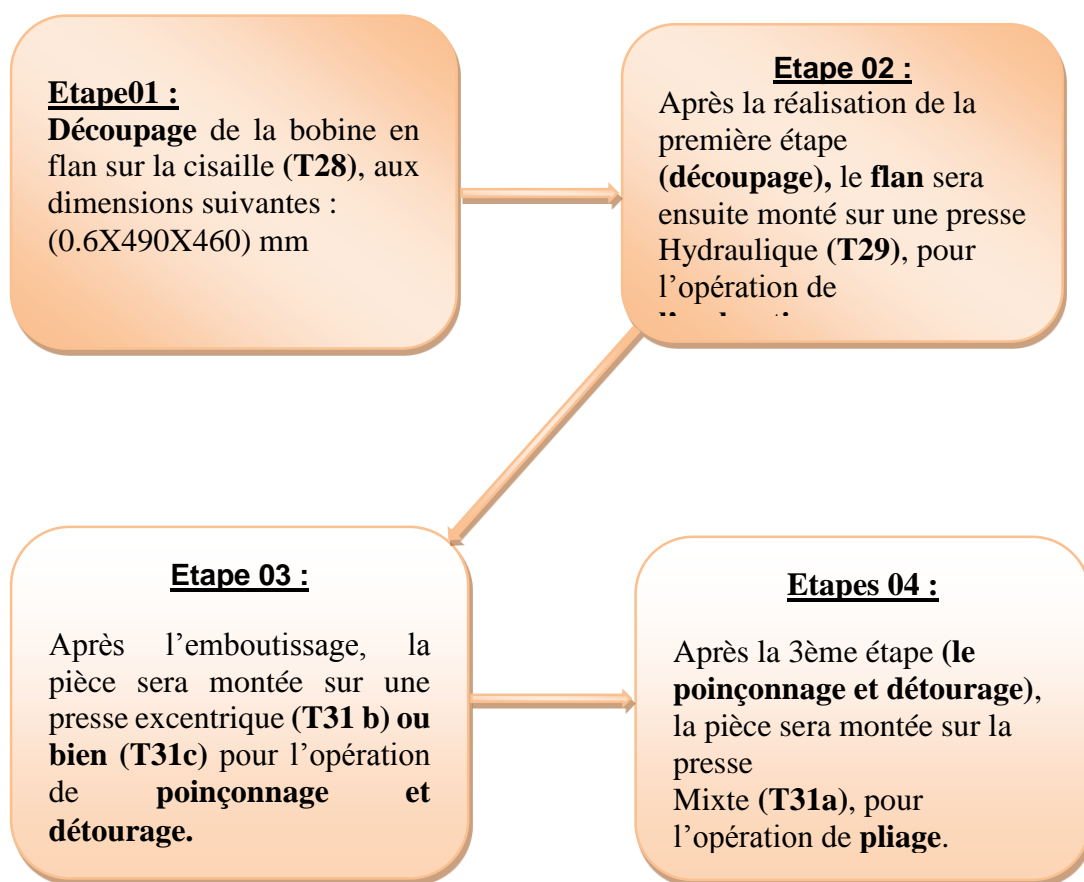


Figure III.3: Schéma des étapes de fabrication de lèchefrite.

### III.6- Explication de ce processus de fabrication de la lèchefrite

La tôle doit passer par plusieurs étapes pour avoir la forme finale de la lèchefrite. Avant de commencer l'exécution de fabrication de toutes pièces, elles doivent d'abord passer par :

#### III.6.1- Découpage tôle

Dans cette étape, le découpage des bobines de tôle en feuille (flan) est réalisé par l'action de cisaillement entre deux bords découpant tranchants (le poinçon et la matrice). Les étapes de l'action de cisaillement menant au découpage sont illustrées à la figure ci dessous , depuis la pénétration du poinçon dans le matériau jusqu'à la fracture des bords et le détachement de la partie découpée.

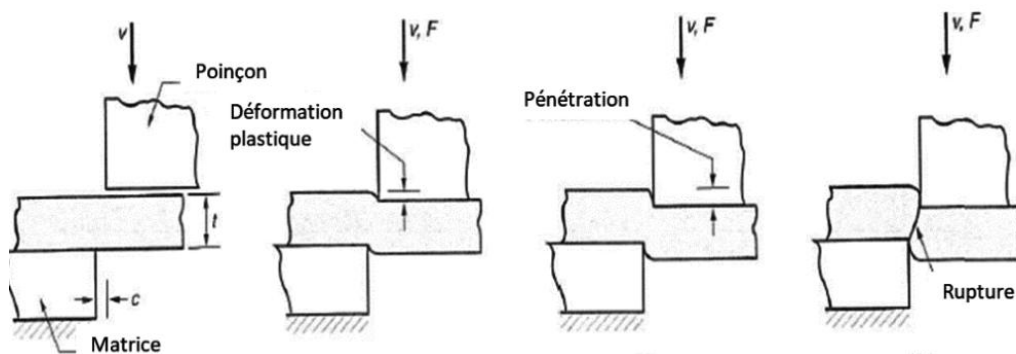


Figure III.4 : Découpage de la tôle par cisaillement.

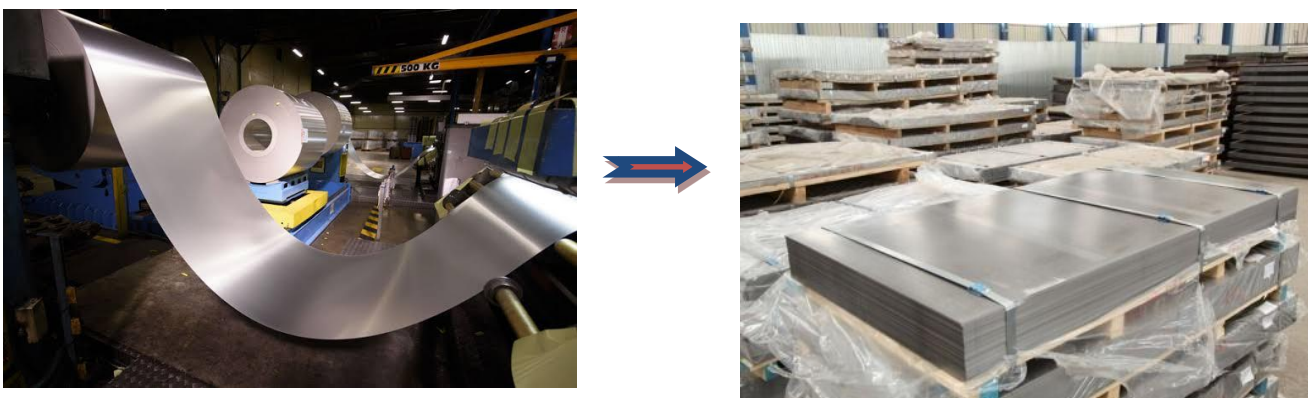


Figure III.5: Découpage des bobines de tôle en flan.

L'opération de découpage est effectuée au niveau d'atelier de tôlerie sur la presse T28.

### III.6.2- Emboutissage de la tôle

Après avoir découpé la tôle en flans, elle sera transmise et prête pour l'opération d'emboutissage.

Le principe est fondé sur la déformation plastique de la tôle, cette déformation consistant en un allongement ou un rétreint local de la tôle pour obtenir la forme désirée à l'aide de presses à emboutir de forte puissance (en passant par les 5 phases situées dans le chapitre I) munies d'outillages spéciaux qui comportent dans le principe trois pièces :

- **Une matrice inférieure**, en creux, qui épouse la forme extérieure de la pièce.
- **Une matrice supérieure**, en relief, qui épouse sa forme intérieure en réservant l'épaisseur de la tôle.
- **Un serre-flan** qui entoure le poinçon, s'applique contre le pourtour de la matrice et sert à coincer la tôle pendant l'application du poinçon.

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. Voir la figure suivante.



**Figure III.6** : Tôle après emboutissage (obtention de la forme de lèchefrite).

### III.6.3- Poinçonnage et détournage de la pièce

C'est un cisailage sur un contour fermé, effectué par un poinçon agissant sur une matrice. Le principe reste le même pour le cisailage. La rupture s'effectue donc après un effort de compression.

On l'utilise généralement pour réaliser des trous et découper des flancs de formes complexes parfois non rectangulaires, donc difficiles à réaliser par cisailage.

Il est conseillé pour des pièces avec beaucoup de trous, pour son coût inférieur et sa déformation limitée.

Dans la même machine on réalise l'opération de détournage ou on donne à la pièce en cours d'usinage le contour exact imposé par le dessin. Comme la montre la figure ci-dessous.



Figure III.7: Lèchefrite après poinçonnage et détournage

### III.6.4 Pliage des arêtes (rebords) de la pièce

Cette étape est très nécessaire pour finir la découpe après chaque opération de mise en forme. Elle consiste à plier les arêtes vives de la pièce en partant d'une surface plane pour obtenir un angle choisi. Voir la figure ci-dessous.



**Figure III.8:** Lèchefrite (pièce finie).

Lors du pliage sur une presse plieuse, nous devrions tenir compte de quelques particularités afin d'obtenir une pièce parfaite. Pour cela, les outils de pliage sont fabriqués avec précision pour assurer la qualité des pièces pliées. Comme tout autre outil, les poinçons et les matrices s'usent en fonction de leurs utilisations. Plus nous nous rapprochons des limites de pression permises par l'outillage lorsqu'on fait le pliage, plus les outils s'usent rapidement.

### **III.6.5- Traitements de surface**

#### ***a) Décapage***

Le décapage est un procédé qui consiste à éliminer une couche de matière déposée (volontairement ou non) sur la surface d'une autre matière (appelée le substrat). Selon le contexte, il s'agit d'enlever des couches de peinture, vernis, cire, pigments ou des traces de corrosion (ou d'oxydation) sur une surface. (C'est-à-dire le nettoyage de la surface de la pièce pour la préparer à la 2ème étape). [13]

#### ***b)- Emaillage en masse***

Dans l'émaillage conventionnel, l'émail de masse a un double rôle : d'une part, permettre à ses agents l'adhérence la liaison entre la couverture et le support, d'autre part par sa structure bulleuse, équilibrer les dilatations entre la tôle, la masse et la couverture puis absorber les gaz qui émanent de la tôle au moment de la cuisson.

**c)- Cuisson à 890°C**

Le but est de porter la pièce émaillée à une température supérieure (760° à 860° C) de façon à obtenir un revêtement uniforme, d'aspect soigné et adhérent bien sur le support.

L'opération s'effectue :

- A une température et durant un temps définis par la nature de l'émail et l'épaisseur de l'acier. (environ 20 min)
- Dans une atmosphère oxydante débarrassée des poussières contaminants.

**d) Montage finale**

Pour avoir une cuisinière finis, il doit d'abord passer par :

**d.1) Chaîne de pré montage**

Elle consiste à regrouper quelques pièces pour alimenter la chaîne de montage final et parmi ces pièces, on cite les suivantes :

- Le couvercle.
- Porte.
- Châssis.
- Caisson.
- Montage du fil d'alimentation.
- Le bandeau.
- Arrière carcasse : la laine de verre + supports injecteurs + un petit moteur + décharge fumée.
- Montage de la rampe : robinets.
- Vérification de fuite et la vérification des rampes.

**d.2) Montage final**

C'est la réalisation finale des cuisinières. On regroupe les pièces obtenues par la chaîne précédente puis on monte les autres accessoires tels que :

Le corps de la cuisinière, le tourne branche, la minuterie, le grilloir, la porte, la lèchefrite thermostat...

### III.7- Définition de la tôle laminée à froid

La bobine laminée à chaud et décapée pour être travaillée davantage dans un laminoir à froid. Ce laminoir se compose d'une série de laminoirs en tandem à travers lesquels la bande laminée à chaud et décapée passe et subit une réduction d'épaisseur. La bande serrée enroule à la sortie avec une épaisseur de 0,3 mm à 2,99 mm selon le résultat souhaité et programmé. La norme EN 10131 donne les tolérances sur les dimensions et la forme de la tôle laminée à froid. Cette bande laminée à froid peut ensuite être revêtue d'une couche de protection. 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 III.11). 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

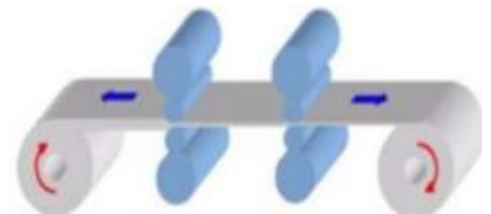


Figure III.9 : Train de laminage.

## Chapitre IV : Machines Utilisées Pour la Mise en Forme des Tôles

### IV.1. Introduction

Dans l'industrie, plus généralement en construction mécanique, les transformations de métaux en feuilles citées dans le chapitre précédent, passent par plusieurs étapes, et cela nécessite des machines spéciales, comme dans le cas de l'emboutissage, poinçonnage,...

Ces machines sont appelées « Presses » constituées d'un ensemble d'organes mécaniques conçus pour réaliser différents travaux par déformation plastiques, sur métaux en feuilles (tôles).

### IV.2. Définition d'une machine

Une machine est un produit fini mécanique capable d'utiliser une source d'énergie communément disponible pour effectuer par elle-même, sous la conduite ou non d'un opérateur, une ou plusieurs tâches spécifiques, en exerçant un travail mécanique sur un outil, la charge à déplacer ou la matière à façonner. Une machine peut être fixe (machine-outil, machine à laver...) ou mobile (locomotive, tondeuse à gazon...) [14].

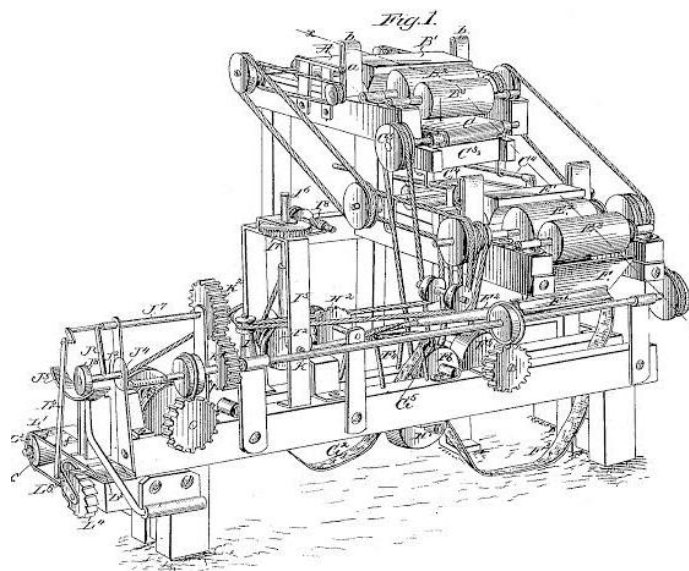


Figure IV.1 : Schéma d'une machine

---

**Remarque**

- Tout dispositif similaire devant être supporté par une machine ou maintenu par un utilisateur, est appelé outil.
- Si sa finalité se limite à produire de l'énergie mécanique à partir d'une autre source d'énergie, on parle de moteur (la machine à vapeur est en réalité un moteur thermique).
- Inversement, une machine très polyvalente et capable d'effectuer de grands déplacements est appelée robot.
- On utilise le terme appareil pour les dispositifs, notamment électroniques, n'ayant pas pour fonction principale de délivrer un travail mécanique (ordinateur, haut-parleur, instrument de mesure...).
- Dans le langage courant, on désigne souvent par le terme machine une motocyclette ou plus généralement un à 2 roues motorisés (scooter ou cyclomoteur).
- On appelle également machine dans le langage courant un appareil électronique perfectionné, notamment un ordinateur, une calculatrice graphique ou encore une console de jeux.

Le travail des métaux en feuille, en construction mécanique nécessite des machines spécifiques très précises. Les presses machines sont largement utilisées dans l'industrie et qui sont détaillées dans ce qui suit. (Leur fonctionnement et les différents types qui existent).

**IV.3. Définition des presses**

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

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



**Figure IV.2:** Presse mécanique.



**Figure IV.3:** Presse hydraulique.

Les presses sont classe selon :

- Types de presses.
- Nombre de coulisseaux.
- Selon la forme de bâti.

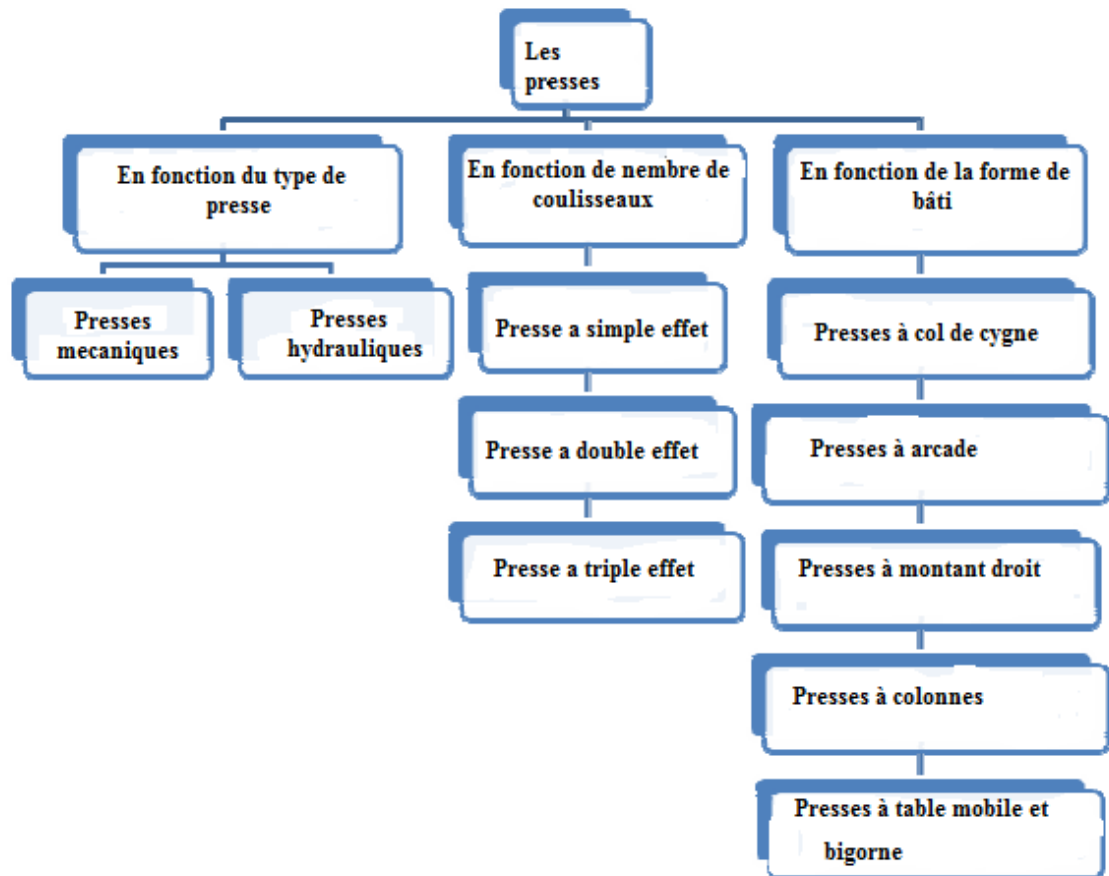


Figure IV.4 : Organigramme de classification des presses.

### IV.3.1 Types de presses

On distingue deux types principaux les presses mécaniques et les presses hydrauliques.

#### *a- Presses mécaniques*

Une presse mécanique est une machine qui utilise un mécanisme pour faire fonctionner les matrices à la vitesse appropriée, et leur donner l'énergie suffisante pour découper, percer, et obtenir la forme désirée.

Les mouvements sont commandés mécaniquement, l'énergie fournie par le moteur est emmagasinée dans un volant d'inertie sous forme d'énergie cinétique. Cette énergie est ensuite transmise au coulisseau en un mouvement de translation. Elles sont moins coûteuses, plus souples et plus rapides car elles permettent de parvenir à un rythme de travail élevé.

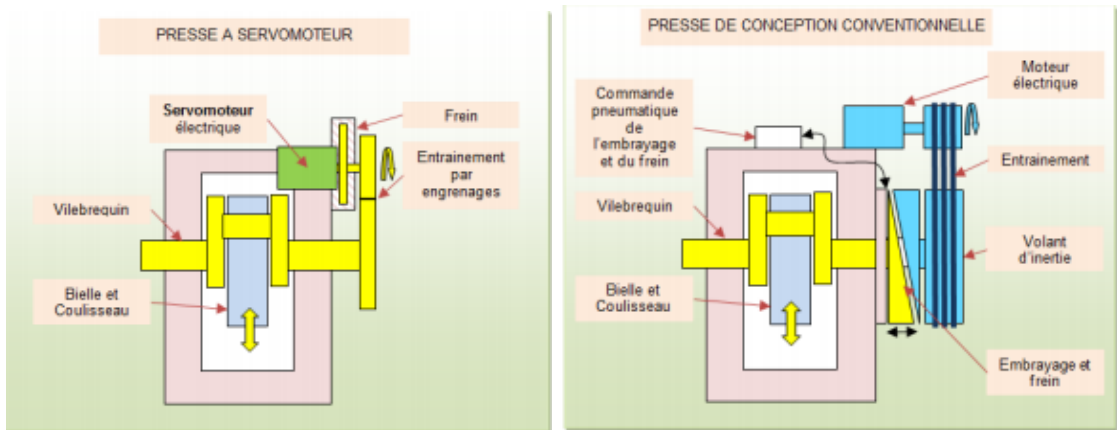


Figure IV.5: Schématisation d'une presse mécanique.

### Avantages

- Plus rapide que les presses hydrauliques.
- Cadence élevé.
- Système d'alimentation automatique.

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

#### a.1) Les presses à vis

Elles 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.

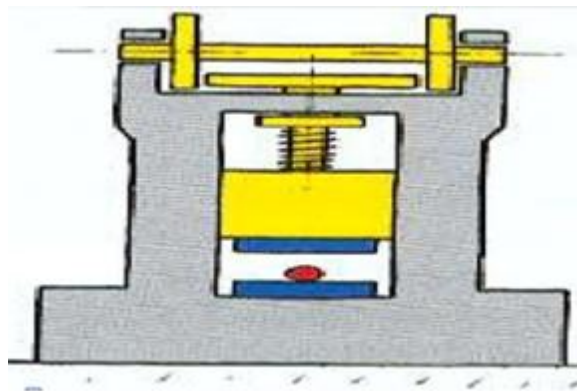


Figure IV.6: Schéma d'une presse à vis.

**Remarque**

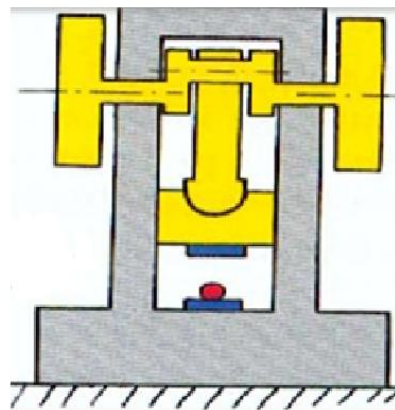
Ces presses sont les plus répandues. Pas de point morts bas, donc pas de surcharge possible, bonne maîtrise de la vitesse de coulisseau 500 à 600 KN.

**a.2- Presses excentriques (presse à vilebrequin)**

Elles sont principalement utilisées dans le travail à froid de la tôle pour les opérations de cisailage et de poinçonnage. Le moteur entraîne le volant au moyen d'engrenages ou de courroies et l'énergie est transmise par l'intermédiaire d'un dispositif de friction à un arbre excentrique ou à un vilebrequin qui, au moyen d'une bielle, commande la course du piston.

**Remarque**

L'effort augmente entre le milieu et la fin de la course 2500 à 12000 KN



**Figure IV.7:** Presse à vilebrequin

**b) Les presses hydrauliques**

Les presses hydrauliques effectuent quant à elles un travail grâce à l'action d'un liquide sous pression.

Il est préférable d'utiliser une presse hydraulique plutôt qu'une presse mécanique, lorsqu'il est indispensable de réguler la pression et de la maintenir pendant un certain laps de temps. C'est par exemple ce qui survient dans les opérations de formage.

Les mouvements sont générés par la circulation d'huile sous pression dans un circuit tubulaire ; elles fournissent un effort allant jusqu'à 4000 tonnes.

Les presses hydrauliques offrent les possibilités suivantes :

- Réglage continue de la vitesse de translation.
- Transmission de grands efforts d'une distance importante de la commande.
- Mouvement réguliers et sans chocs.
- Facilité de la réalisation de cycles automatique de travail.
- Facilité d'inversion de sens de marche même à grande vitesse.

#### **IV.3.2 Nombre de coulisseaux**

Les presses sont à simple; à double ou à triple effets, elles sont équipées respectivement: d'un coulisseau qui porte un serre-flan, de deux coulisseaux ; l'un pour le serre-flan et l'autre pour le poinçon, de trois coulisseaux ; deux supérieurs et un inférieur.

##### ***a- Presse à simple effet***

Ce type de presse comporte un seul coulisseau actionné par une ou plusieurs bielles.

Elles sont spécifiquement destinées aux opérations de reprise équipées d'un coussin inférieur logé sous la table qui est destinée à assurer l'effet du serre-flan.

##### ***b- Presse à double effets***

Ce type de presse comporte deux coulisseaux indépendants l'un de l'autre, l'un central porte le poinçon et l'autre extérieur porte le serre-flan. Le coulisseau qui porte le serre-flan entre en contact en premier avec la tôle pour assurer le serrage avant que le poinçon amorce sa descente. Il doit rester immobile durant tout le travail de poinçonnage. Les deux coulisseaux sont actionnés par le même arbre moteur à l'aide d'un mécanisme complexe qui procure deux cinématiques différentes.

##### ***c- Presse à triple effets***

Elle est similaire à la précédente. Elle possède en plus un troisième coulisseau inférieur qui a sa propre cinématique. Ce type de presse est souvent utilisé pour la carrosserie qui nécessite des contre emboutis peu profonds ce qui permet d'éviter une opération de reprise sur une autre presse.

#### **IV.3.3 Selon la forme de bâti**

On distingue cinq (05) types

***a)- Presses à col de cygne***

Elles sont moins encombrantes à simple ou à double effets, équipée d'un bâti inclinable vers l'arrière de 20°, dégagé sur les trois côtes. Leur puissance varie entre 20 et 130 tonnes force.

***b)- Presses à arcade***

Sont assemblées sur un bâti monobloc plus rigide que celui à col de cygne et elles sont dotées d'une puissance allant jusqu'à 300 tonne force ; elles peuvent être à simple ou à double effets.

***c)- Presses à montant droit***

Leurs bâtis sont composés de trois parties, liées entre elles par des tirants en acier (la table, les montants et le chapiteau). Elles ont une puissance de 1000 tonnes force.

***d)-Presses à colonnes***

Elles sont très puissantes, jusqu'à 600 tonne force et équipées de quatre glissières liant le sommier supérieur et inférieur. Ces presses sont généralement employées pour le forgeage et le matriçage.

***e)-Presses à table mobile et bigorne***

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

**IV.4.Caractéristiques d'une presse**

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

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

## IV.5- Exigence de choix d'une presse

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

- Du 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.

### Classification des Presses

Les presses peuvent être classés suivant:

- Leur fonction : presse de forgeage, presse d'estampage, presse plieuse, etc.
- Leur structure : presse à genouillère, presse à vis.
- Leur contrôlabilité : conventionnelle, serve-presses.
- Leur mécanisme : hydraulique, mécanique, pneumatique.

## IV.6. Description détaillée de l'équipement ou installation (Presse MANZONI)

- 01- Structure :** En acier laminé, de première qualité, soudée et normalisée dimensionnement de la structure et des tables d'appuie outils étudié pour des flexions au-dessous des limites prévu par les normes.
- 02- Coulisseau :** En acier lamine, soudé et normalisé pour éliminer les tensions internes. Il glisse sur 8 glissières en matière antiripage avec de possibilité de réglage dans toutes les directions.
- 03- Réducteur à réduction simple :** composé du groupe pignon /engrenage monté respectivement sur un arbre tournante sur des coussinets à double couronne, des rouleaux orientables et sur un arbre monté sur des coussinets plats en bronze.
- 04- Réglage de coulisseau :** s'obtient avec un système à vis sans fin roue hélicoïdale actionné par un moteur auto-freinant. La valeur de réglage est visualisée sur un cadran avec visualisation décimale. La grosse vise de réglage est fixée sur la bielle à l'aide d'un goujon.
- 05- Groupe frein-embayage :** est de type pneumatique monodique, turbo refroidi à bas moment d'inertie. Le dimensionnement est effectué selon les tours et l'énergie de la presse. Le volant, dimensionné pour fonctionnement en cycle continu avec

basse valeur de glissement, tourne sur des coussinets à rouleaux avec lubrification à vie.

**06- Groupe excentrique :** composé par un excentrique emboîté directement avec l'engrenage lent ; tout le group supporté par un pivot central fixe. La bielle montée avec coussinet en bronze gratté a la main, tourne sur l'excentrique.

**07- Groupe joint de bielle :** obtenu un goujon cémente et trempé qui fait solidaire la bielle à la vis de réglage du coulisseau. la particularité de ce système se compose du fait que le filet à dent se scié de la vis est toujours en prise est en plus il est guidé toute la longueur par un cheni extérieur. Ceci permet de décharger sur la guide les efforts causés par l'obliquité et par conséquence la vis travail toujours dans la meilleure condition.

**08- Ejection supérieure :** Composée de tiges en plastique qui traversent le coulisseau dans la direction avant-arrière et balancée par cylindres pneumatiques. La course d'éjection est réglable par deux vis de contraste mises sur la structure.

**09- Ecran de protection pneumatique :** composé d'un châssis revêtu avec de matériel transparent antichoc. le déplacement vertical est obtenu par des pistons pneumatiques commandés par un bouton approprié.

Le fonctionnement de la presse dépend de la position des écrans qui sont contrôlés par des interrupteurs électrique de fin course et d'un dispositif avec retour automatique.

**10- Installation pneumatique :** composé par filtre, graisseur, régulateurs de pression et manomètres. Elle est équipée de réservoir de compensation pour maintenir une pression constante même à des vitesses ou des fréquences d'embrayage élevées.

**11- Installation électrique :** réalisée conformément aux préventions des accidents de travail. Le circuit de couplement d'embrayage est réalisé avec des électrovannes à double corps et double circuit de commande avec des dispositifs anti-répétiteur de coup.

**12- Installation graissage automatique :** l'installation est de type progressif à circuit continue avec remise en circulation. Elle est composée par pompe, filtres, manomètres et toutes les composantes nécessaires pour le fonctionnement.

**13- Moteur à vitesse fixe :** Il est de types à couple constant alternatif triphasé, à collecteur avec sens de rotation réversible. Il est équipé de ventilateur de refroidissement et est protégé par des thermiques et fusibles.

**14- Cylindres d'équilibrage du coulisseau :** ils ont comme fonction importante d'équilibrer les poids de coulisseau et de demi-outil supérieur pour obtenir un

mouvement doux et régulier. Ensuite, ils récupèrent tous les jeux d'accouplement et déchargent les boîtes des coussinets du poids des composantes en mouvement alternatif et de la charge relative d'inertie.

**15- Dispositif hydraulique de sécurité à moteur :** il est composé d'un coussin d'huile chargé et positionné sous le groupe de réglage du coulisseau. L'installation est à circulation fermée et composé par : une pompe de recharge, vanne de sécurité pour décharge rapide et presse de contrôle qu'on peut tarer avec possibilité de réglage jusque à 40% de puissance nominale.

**16- Group volant :** il est en fonte C 30 allié au cuivre dimensionné pour pouvoir développer la puissance nominale à 40% et la pression avec degré de ralentissement  $0.15^\circ$ .

**17- Installation éclairage zone outil :** réalisé avec des lampes à 48 V de tension, incorporées dans le montant droit et gauche.(voir la mise en plan de la presse dans la figure IV.8).

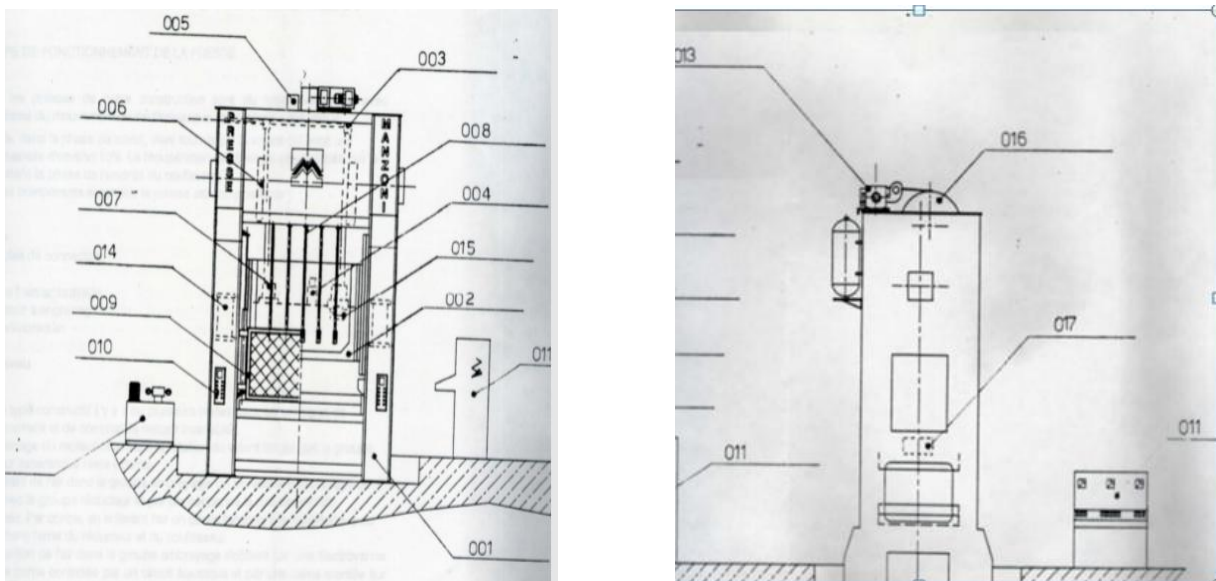


Figure IV.8 : Schéma d'une presse Manzoni

#### IV.7. Principe de fonctionnement (presse MANZONI)

Toutes les presses de MANZONI utilisées à l'entreprise nationale des industries d'électroménagère sont de type mécanique avec cinématique de mouvement du coulisseau par un système excentrique.

L'énergie dans la phase de travail, vient fournie par le volant qui subit un ralentissement d'environ 10%. La récupération de l'énergie est effectuée par le moteur dans la phase de remonte du coulisseau.

Dans ses composants essentiels, la presse est composée de :

- Moteur.
- Courroies de connections.
- Volant.
- Groupe frein/embrayage.
- Réducteur à engrenage.
- Arbre vilebrequin.
- Bielle.
- Coulisseau.

Selon le type constructif il y a un ou plusieurs bielles mais les principes de fonctionnement et de commande restent invariables.

Le démarrage du moteur détermine la rotation du volant tandis que le groupe réducteur excentrique reste à l'arrêt.

Introduisant de l'air dans le groupe embrayage, on provoque l'embrayage du volant avec le groupe réducteur et par conséquent le mouvement du coulisseau. Par contre, en enlevant l'air on cause l'embrayage automatique du frein et donc l'arrêt du réducteur et de coulisseau.

L'introduction de l'air dans le groupe embrayage s'obtient par une électrovanne à double corps contrôlée par un circuit électrique et par une came monté sur l'arbre vilebrequin par des appropriés sélecteurs mis sur le tableau de commande on peut préparer les différents types de fonctionnement et de commande (poussoir ou pédale).

## **IV.8.Presses de mise en forme utilisées à l'ENIEM**

### **IV.8.1. Presse T 27 excentriques**

Le pressage excentrique est un moyen efficace pour former du métal par le formage, le cintrage et le poinçonnage, entre autres.

C'est une technique dans laquelle une presse excentrique, comme on l'appelle, comprime une pièce en plusieurs étapes pour lui donner la forme souhaitée. Cette machine peut effectuer plusieurs opérations, ce qui la rend à la fois pratique et rentable (50 % de la fabrication des pièces).

Une presse excentrique fonctionne en appliquant ce qu'on désigne par le mécanisme excentrique, ce qui signifie qu'on transforme un mouvement circulaire en mouvement linéaire. Autrement dit, dans une presse excentrique, la force des frappes est fournie par un moteur qui circule et exerce ainsi la puissance requise à un outil pour emboutir la tôle.

L'un des grands avantages de la presse excentrique est sa gamme d'applications très large. Une série d'outils différents peut être utilisée pour effectuer un grand nombre d'opérations différentes telles que le formage, le cintrage, le rivetage et le poinçonnage de la tôle de toutes les formes et tailles.



**Figure IV.9 :** Presse T 27 excentrique pour la fabrication en série.

#### **IV.8.2.Presse T29 hydraulique (opération d'emboutissage)**

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

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

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



Figure IV.10 : Presse hydraulique.

#### IV.8.3. Presse T31 A mixte (hydraulique et mécanique)

Système hydraulique en bas et un système excentrique en haut (pliage des pièces).



Figure IV.11: Presse mixte

#### IV.8.4. presse T 31 B et T 31 C excentriques

Pour l'opération de détournage et le poinçonnage



**Figure IV.11 :** Presse T 31 B excentrique.



**Figure IV.13 :** Presse T31 Cexcentrique.

#### IV.8.5. Montage des Outils sur les Presses

Le montage des outils sur les différentes presses se fait suivant diverses méthodes :

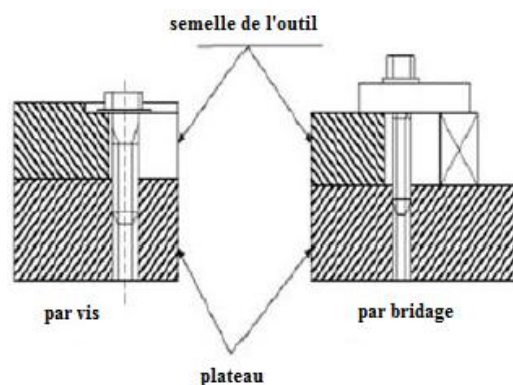
##### 1. Petite Presse

###### ➤ Partie inférieure de l'outil

Le plateau des presses présente des trous taraudés, cela permet une fixation des semelles, et ça varie d'une presse à l'autre (dépend des constructeurs).

On distingue deux (2) manières de fixations des semelles sur le plateau (Figure IV.13) :

- Fixation par vis et par bridage.

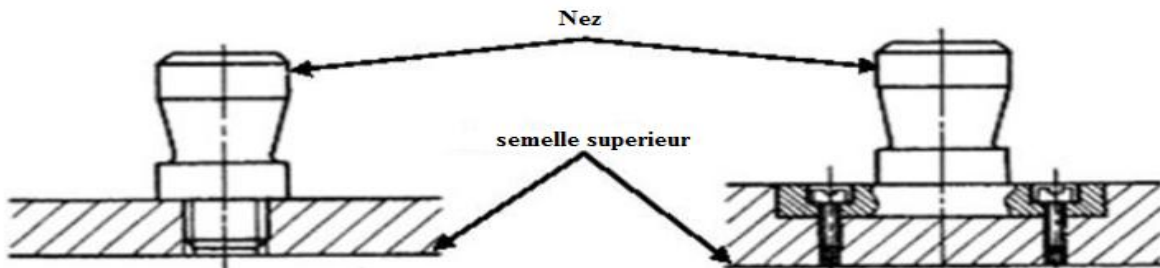


**Figure IV. 14:** Système de fixation.

###### ➤ Partie supérieure de l'outil

La partie supérieure de l'outil peut se fixer avec un nez, qui sera monté dans le trou lisse du coulisseau, ainsi, il est serré par le chapeau, puis bloquer par une vis de pression Cette

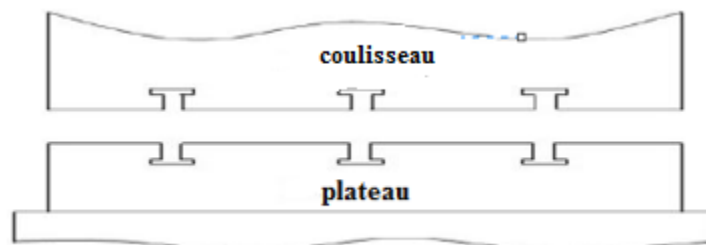
dernière agit sur la partie tronconique du nez. Les outils longs peuvent-êtré aussi, fixés par les trous des oreilles du coulisseau, comme le montre la Figure (IV.14) ci-dessous.



**Figure IV.15 : Système de fixation de la partie supérieure de l'outil**

## 2- Grosses presses.

La semelle du coulisseau et le plateau de la presse portent des rainures en T. Les semelles de l'outil sont fixées par des boulons ou par des brides



**Figure IV.16 : Coulisseau et plateau rainurés sur les grosses pièces**

## IV.9 Caractéristiques des presses utilisées dans l'entreprise

**Tableau IV.1** : caractéristiques des presses utilisées dans l'entreprise

Désignation des presses	Tonnage (T)	Encombrement		Cours du coulisseau	Plage de réglage du coulisseau	Point mors haut	Point mors bas
		Table (mm)	(mm) coulisseau				
T27 excentrique	630	4730 X 1500	4500 X 1500	400	200	1330	930
T29 hydraulique	650	2000 X 1500	2000 X 1500	300	-	1400	1100
T31A excentrique	315	1850 X 1250	1750 X 1250	315	160	1040	725
T31B excentrique	200	1850 X 1250	1750 X 1250	315	125	1040	725
T31C excentrique	200	1850 X 1250	1750 X 1250	315	125	1040	725
T31D excentrique	200	1300 X 850	1000 X 700	200	120	670	470
T31E excentrique	157	1050 X 680	900X570	-	-	-	-

#### **IV.10- Conclusion**

Une fabrication économique nécessite l'utilisation de moyens de production adéquats. L'utilisation des presses mécaniques est souvent la solution la plus économique, surtout lorsqu'il s'agit de petites séries. Dans ce chapitre, nous avons fait un aperçu global sur les différents types de presses utilisées dans l'industrie, leur classification et leur principe de fonctionnement, ce qui nous donnera une idée générale sur la conception de notre outil. La connaissance des outils de presse doit permettre de développer une réflexion constructive pour répondre au mieux aux problèmes qui pourraient se poser au cours d'un projet. Pour permettre d'atteindre les objectifs de production, le choix d'une presse mécanique est basé sur les besoins spécifiques des applications.

## Chapitre V : Etude et conception de l'outil du pliage

### V.1 Introduction

Dans les entreprises industrielles, le rôle du producteur est de concevoir et de fabriquer des pièces mécaniques de bonne précision, de bonnes finitions, avec un minimum de déchets en conformité avec le cahier des charges. Ce travail peut être réalisé à partir des presses dotées d'outils spécifiques.

### V.2- Cahier de charge

#### V.2.1- Définition du cahier de charge

Le cahier de charge (CDC) est un document contractuel à respecter lors d'un projet. Il permet au maître d'ouvrage de faire savoir au maître d'œuvre ce qu'il attend de lui lors de la réalisation du projet, entraînant des pénalités en cas de non-respect. Il décrit précisément les besoins auxquels le prestataire ou le soumissionnaire doit répondre, et d'organiser la relation entre les différents acteurs tout au long du projet.[15]

Notre travail consiste à la conception d'un outil de pliage pour la réalisation de la lèchefrite d'une cuisinière ENIEM dont les caractéristiques mécaniques et les compositions chimiques ont été présentées dans le chapitre précédent.

#### V.2.2- Cahier de charge de cette étude

##### V.2.2.1- Dimensions de flan et de la pièce finale

Dans notre cas, on utilise la matière N°04 selon la norme EN 10131 : **tôle laminée à froid en acier doux, émaillage conventionnel**

\*Code de la bobine mère : 100 309.

\*Epaisseur de la tôle = 0.6 (mm).

\*Largeur = 460 (mm).

\*Longueur = 490 (mm).

**La pièce** : 428\*398\*0.6 mm

**V.2.2.2 - Caractéristiques chimiques de lèchefrite**

**C** : 0.08 % carbone.

**Mn** : 0.5 % manganèse.

**P** : 0.03% phosphore.

**S** : 0.05% soufre

**V.2.2.3- Caractéristiques mécaniques de lèchefrite**

<b>Ep[mm]</b>	<b>Rp[N/mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Rm[N/mm<sup>2</sup>]</b>	<b>A % min</b>
0.5 - 0.7	140 - 240	270 - 360	34
0.7 - 3	140 - 220		36

**V.2.2.4 Aspect de surface**

Aspect de surface bonne et de finition « m ».

**V.2.2.5- Résistance au cisaillement**

$$R_{pg} = 480N /mm^2$$

**V.3- Travail demandé**

Le travail demandé est d'étudier et de concevoir un outil de pliage intérieur des rebords de la lèchefrite d'une cuisinière ENIEM. Le but de cette étude est la réalisation d'un pliage pour éviter les angles et les arêtes vives qui peuvent menacer la sécurité de l'utilisateur. Parmi les moyens utilisés pour la réalisation de ce produit, nous citerons la presse mécanique.

**V.4 - Application****V.4.1- Définition de l'outil de presse**

L'outil de presse matérialise les résultats des réflexions et des décisions prises au cours de sa conception. Il contient le secret de la façon dont la tôle de départ est mise en forme pour arriver à réaliser une pièce conforme en sortie de presse. En ce sens, l'outil est le cœur de développement d'un projet.

Cet outil de construction mécanique de précision, supposé indéformable et, en général, composé d'une partie mobile supérieure bridée sur le coulisseau et d'une partie inférieure fixe bridée sur la table de la presse.

Cet outil de presse est une construction mécanique de précision, ayant des caractéristiques mécaniques qui évitent des déformations pouvant altérer la forme finale de la pièce. Il doit satisfaire en plus de l'opération à effectuer (poinçonnage, emboutissage, détournage...), un certain nombre de conditions

- Séparer la pièce et les déchets.
- Guider la bande du métal et régler sa position.
- Assurer la sécurité et une production élevée.
- Faciliter le changement d'éléments usés et l'affutage.

#### V.4.2- Différents constituants d'un outil de presse

En général, l'outil est composé d'une partie supérieure (poinçon) fixée sur le coulisseau de la presse, et d'une partie inférieure (matrice) fixée sur la table de presse.

Cet ensemble est parfaitement guidé et permet de travailler la tôle par des opérations successives de découpage, pliage, emboutissage..., de façon à obtenir la pièce désirée (finie).

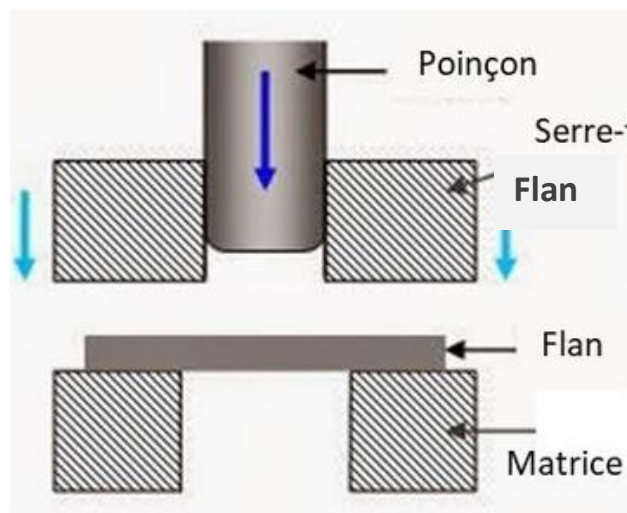


Figure V.1: Composants d'un outil de presse.

##### V.4.2.1- Poinçon

Le **poinçon** est un outil qui a pour fonction de laisser une marque sur une autre pièce (pointeau), ou même de la percer (poinçonneuse : tôle, cuir, ticket de métro, etc.). Cet

instrument est utilisé depuis la préhistoire. On appelle aussi **poinçon** la marque laissée par cet outil.

#### V.4.2.2 Matrice

Elle est le «**support d'empreinte**» du poinçon. A son axe, elle comporte un trou aux formes et dimensions du poinçon, auquel on ajoute un jeu de quelques dixièmes de millimètres.

### V.5- Etude des paramètres du pliage

#### V.5.1- Calculs

##### V.5.1 Calculs des rayons nécessaires pour le pliage

##### V.5.1.1- Rayon de pliage intérieur

$$R_i = \frac{V_\epsilon}{6}$$

$$V_\epsilon = 8 \cdot e$$

$R_i$  : Rayon de pliage intérieur. (mm)

$V_\epsilon$  : Ouverture du vé. (mm)

➤ Ouverture de Vé :

Où :

$V_\epsilon$  : Ouverture du vé. (mm) avec :  $V_\epsilon = 8 * e$  Si  $e \leq 10$  mm.

$e$  : Epaisseur de la tôle. (0,6 mm)

A.N.:  $V_\epsilon = 8 \cdot 0,6$

$$V_\epsilon = 4,8 \text{ mm}$$

Donc :

$$R_i = \frac{4,8}{6}$$

$$R_i = 0,8 \text{ mm}$$

**V.5.1.2 Le rayon de la fibre neutre**

Pour  $R_i/e \approx 1$ , la fibre neutre est au  $1/3$  de l'épaisseur de côté intérieur.

Donc :  $R_i/e = 1.33 \approx 1$

$$R_{fn} = \frac{1}{3} \cdot e$$

A.N:  $R_{fn} = \frac{1}{3} \cdot 0,6$

$$R_{fn} = 0,20 \text{ mm}$$

$R_{fn}$  : Rayon de la fibre neutre. (mm)

$e$  : Epaisseur de la tôle. (0,6 mm)

**V.5.1.3- Rayon moyen**

$$R_{moy} = R_i + \frac{e}{2}$$

A.N:  $R_{moy} = 0.8 + (0.6/2)$

Donc :

$$R_{moy} = 1,1 \text{ mm}$$

Où :

$R_{moy}$  : Le rayon moyen. (mm)

$R_i$  : Rayon intérieur. (0,8 mm)

$e$  : épaisseur de la tôle. (mm)

**V.5.1.4- Rayon extérieur du pliage**

$$R_{ext} = R_{moy} + \frac{e}{2}$$

A.N:  $R_{ext} = 1.1 + (0.6/2)$

$$R_{ext} = 1,4 \text{ mm}$$

Où :

$R_{ext}$  : Rayon extérieur. ( mm)

$R_{moy}$  : Rayon moyen. (1.1 mm)

$e$  : épaisseur de la tôle. (0,6 mm)

**V.5.1.5- Rayon du poinçon de pliage**

$$R_p = e * \frac{\frac{R}{e}}{1 + 3 \frac{R \cdot R_e}{E \cdot e}}$$

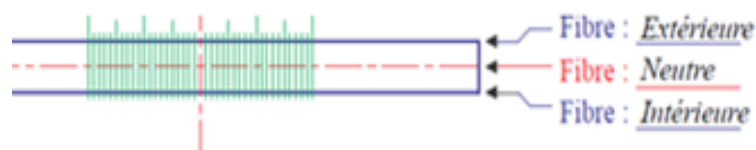
A.N :

$$R_p = 0,6 * \frac{\frac{1,4}{0,6}}{1 + 3 \frac{1,4 \cdot 240}{210 \cdot 10^3 \cdot 0,6}}$$

$$R_p = 1,369 \text{ mm} \approx 1,4 \text{ mm}$$

Avec :

- E : module d'élasticité de la tôle (210 GPa).
- e : épaisseur de la tôle (0,6 mm).
- R<sub>e</sub> : limite d'élasticité (240 N/mm<sup>2</sup>).
- R<sub>p</sub> : Rayon de l'outil de pliage (mm).
- R : Rayon de la pièce final (1.4 mm).

**V.5.2- Longueurs des fibres (les développées)****- Position des fibres dans la partie pliée****V. 5.2.1 Fibre extérieure**

$$F_{\text{ext}} = \frac{\pi \cdot R_{\text{ext}}}{2}$$

A.N:

$$F_{\text{ext}} = \frac{3,14 * 1,4}{2}$$

$$F_{\text{ext}} = 2,19 \text{ mm}$$

Avec

F<sub>ext</sub> : Longueur de la fibre extérieure. (mm)

R<sub>ext</sub> : rayon extérieur. (1,4 mm)

**V.5.2.2- Fibre neutre**

$$\text{Où } F_{\text{neut}} = \frac{3,14 \cdot 0,20}{2}$$

$$F_{\text{neut}} = \frac{\pi \cdot R_{\text{fn}}}{2}$$

$$F_{\text{neut}} = 0,315 \text{ mm}$$

Où :

$F_{\text{neut}}$  : Longueur de la fibre neutre. (mm)

$R_{\text{fn}}$  : Rayon de la fibre neutre. (0,20 mm)

**V.5.2.3 Fibre intérieure**

$$\text{A.N : } F_{\text{ext}} = \frac{3,14 \cdot 0,8}{2}$$

$$F_{\text{ext}} = \frac{\pi \cdot R_{\text{int}}}{2}$$

$$F_{\text{ext}} = 1,256 \text{ mm}$$

Où:

$F_{\text{ext}}$  : Longueur de la fibre intérieure. (mm)

$R_{\text{int}}$  : Rayon intérieur. (0,8 mm)

**V.5.3 Calcul de la développée (la longueur du pli) :**

$$\text{AN : } AB = \frac{3,14 \cdot (0,8 + 0,315) \cdot 90^\circ}{180^\circ}$$

$$AB = \frac{\pi \cdot (R_i + F_{\text{neut}}) \cdot 90^\circ}{180^\circ}$$

$$AB = 1,75 \text{ mm}$$

### V.5.4- Calculs des forces de pliage

#### V.5.4.1- Effort nécessaire permettant l'obtention d'un pli (la force critique):

$$F_{crt} = \frac{L \cdot e \cdot R_c}{10}$$

et

$$R_p = \frac{R_{pg}}{0,5} = \frac{240}{0,5}$$

Avec:  $R_{pg} = 0,5 \cdot R_p$

$$R_p = 480 \text{ N/mm}^2$$

Donc:  $f_{crt} = \frac{428 \cdot 0,6 \cdot 480}{10}$

$$F_{cr} = 12326,4 \text{ daN} = 12,3264 \text{ Tonnes}$$

L : longueur du pli (longueur de la développée en mm)

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

#### V.5.4.2- Force de bordage (F<sub>b</sub>)

C'est la force nécessaire pour le pliage des rebords.

$$F_b = \frac{P \cdot e \cdot R_r}{3}$$

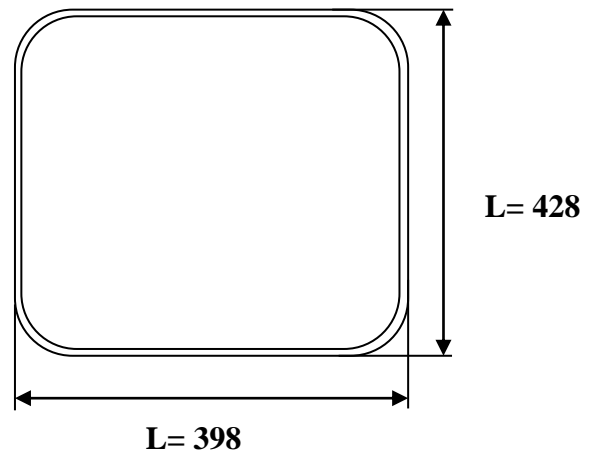
:

a- Périmètre de la pièce.

$$P = (L + l) \cdot 2$$

A.N:  $P = (428 + 398) \cdot 2$

$$P = 1652 \text{ mm}$$



a- Résistance à la rupture

$$R_r = R_p = R_m \cdot 0.8$$

**A.N :**  $R_r = 0,8 \times 360$

$$R_r = 288 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Donc :  $F_b = \frac{1652 \cdot 0,6 \cdot 288}{3}$

$$F_b = 95155.2 \text{ N} = 9515.52 \text{ daN} = 9.51 \text{ Tonnes}$$

$$1 \text{ daN} = 1 \text{ Kg}$$

Avec :

**F<sub>b</sub>** : Force de pliage des rebords. (Tonnes)

**P** : Le périmètre de la pièce. (1646 mm)

**R<sub>r</sub>** : La résistance à la rupture. (N/mm<sup>2</sup>)

R<sub>pg</sub> : La résistance au cisaillement (N/mm<sup>2</sup>)

R<sub>m</sub> : La résistance mécanique (N/mm<sup>2</sup>)

#### V.5.4.3 Force d'extraction ou de dévêtissage (F<sub>d</sub>)

$$F_d = \frac{10 \cdot F_b}{100}$$

**A.N :**  $F_d = \frac{10 \cdot 9,515}{100}$

$$F_d = 0.9515 \text{ T}$$

Avec :

**F<sub>d</sub>** : Force dévêtissage. (Tonnes)

**F<sub>b</sub>** : Force de bordage. (Tonnes)

**V.5.4.4 Force d'empêchement du glissement de la tôle ( $F_s$ )**

D'après la fiche technique et les essais pratiques du matériau

$$F_s = 5000 \text{ Kg} = 5 \text{ T}$$

**V.5.4.5- Force d'extraction théorique ( $F_{et}$ )**

$$F_{et} = F_s + F_d$$

**A.N :**  $F_{et} = 5000 + 951.5$

$$F_{et} = 5951.5 \text{ Kg} = 5.9515 \text{ T}$$

Avec :

$F_{et}$  : C'est la force nécessaire pour tirer la pièce de la partie inférieure de l'outil (Tonnes).

$F_s$  : Force d'empêchement de glissement de la tôle (Tonnes).

**V.5.4.6 - Force d'extraction réelle ( $F_r$ )**

$$F_r = F_{ressort} \cdot N_r$$

$F_r$  : Force d'extraction réelle. (Tonnes).

$F_1$  : Force de travail d'un ressort. (Kg)

$N_r$  : Nombre réelle des ressorts.

$$N_t = \frac{F_{et}}{F_{ressort}}$$

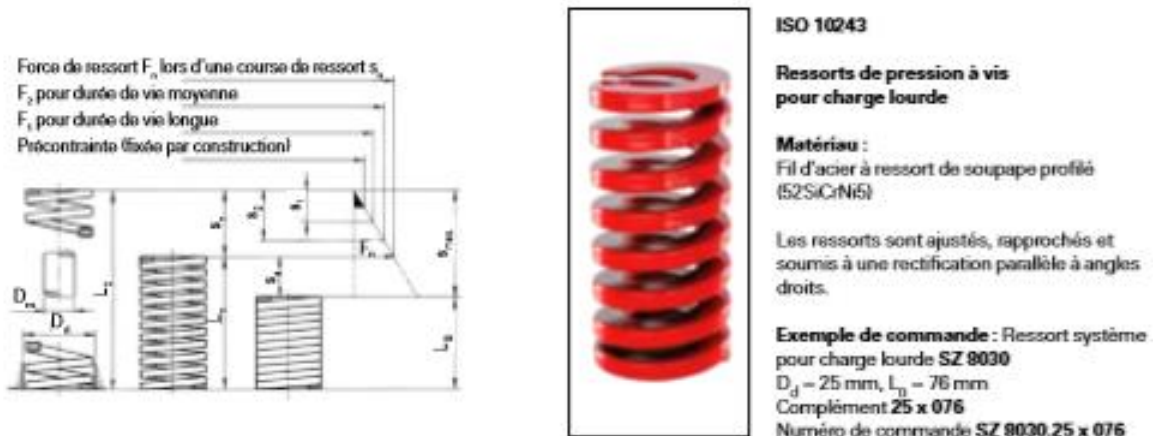
**a- Nombre théorique des ressorts ( $N_t$ )**

- $F_{et}$  : Force d'extraction théorique. (Kg)
- $F_1$  : Force de travail d'un ressort. (Kg)
- Force de travail d'un ressort

$$F_{ressort} = \frac{F_{et}}{N_r}$$

Vu que l'effort total du pliage est important (12,326 tonnes) et que la taille de l'outil est assez importante, pour des raisons d'équilibre on utilise 4 ressorts (N =4) pour supporter les charges fortes. (Couleur rouge),

**pour charge lourde, couleur d'identification rouge**



**Figure V.2 :** Ressort utilisé dans la semelle inférieure

$$A.N : F_{ressort} = \frac{5951.5}{4} = 1487,8$$

$$F_{ressort} = 1487,8 \text{ N}$$

**Remarque :** on prend la force maximale du ressort.  $F_{ressort\max} = 1790 \text{ N}$

**b- Force de travail d'un ressort pour la plaque**

Dans ce cas de charge, il faut que les ressorts supportent le poids de la plaque de soulèvement (charge légère)

$$F_{rp} = N_{rp} * F_{le}$$

Avec :

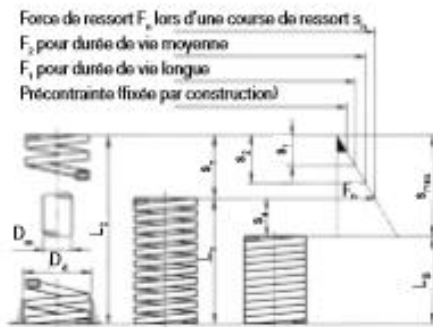
$N_{rp} = 4$  : Nombre de ressorts pour la plaque.

$F_{le}$  : Force de travail du ressort pour la plaque.

$$F_{le} = \frac{F_{div}}{N_r}$$

$$F_{le} = 99 \text{ N}$$

Pour charge légère, couleur d'identification verte



ISO 10243

Ressorts de pression à vis pour charge légère

**Matériau :**  
 Fil d'acier à ressort de soupape profilé (52SiCrNi5)

Les ressorts sont ajustés, rapprochés et soumis à rectification parallèle à angles droits.

**Exemple de commande** Ressort système pour charge légère **SZ 8010**  
 $D_d = 25 \text{ mm}$ ,  $L_0 = 76 \text{ mm}$   
 Complément **25 x 076**  
 Numéro de commande **SZ 8010.25 x 076**

Figure V.3: Ressort utilisé pour la plaque.

V.5.4.7- Equilibre des forces

$$F_e = F_b + (4 * F_{ressort}) + (F_{le} * 4)$$

A.N :  $F_e = 9515.52 + 7160 + 396$

$$F_e = 17\,071,52 \text{ N}$$

V.5.5.2- contrainte critique

$$\sigma = \frac{F_{crt}}{S} \leq [\sigma_{adm}]$$

$$\sigma_{adm} = \frac{R_e}{s}$$

**Avec:**

$\sigma$  : Contrainte de traction /compression des bords de la pièce. (N/mm<sup>2</sup>)

$F_{\text{crt}}$  : Force critique = 123264 N

$R_e$  : 240 N/mm<sup>2</sup>

$s$  : Coefficient de sécurité  $s = 1,5$

$S$  : Section des parties pliées.  $S = 991.2 \text{ mm}^2$

**A.N :**  $\sigma_{\text{adm}} = \frac{240}{1.5}$

$$\sigma_{\text{adm}} = 160 \text{ N/mm}^2$$

Donc :  $\sigma = \frac{123264}{991.2} = 124,34 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = 124,34 < \sigma_{\text{adm}} = 160 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

D'après le résultat obtenu, la condition est vérifiée.

### V.5.6- Conclusion

Le travail effectué dans ce chapitre nous a permis de calculer les différents rayons des rebords de la pièce et ainsi que leurs positions. Un calcul de vérification au cisaillement des rebords de la lèchefrite a été également effectué. Une comparaison des résultats obtenus avec la valeur critique justifie la résistance des rebords de la pièce au cisaillement.

## V.6- Conception de l'outil

Un outil de presse est une construction mécanique de précision. Cet outil est supposé en général indéformable, composé d'une partie mobile supérieure bridée sur le coulisseau et d'une partie inférieure fixe bridée sur la table de la presse. Il possède non seulement des caractéristiques mécaniques qui évitent des déformations pouvant altérer la forme finale de

la pièce, mais il doit satisfaire en plus de l'opération à effectuer (poinçonnage, emboutissage, détournage...) un certain nombre de conditions

- Séparer la pièce et les déchets,
- Guider la bande du métal et régler sa position,
- Assurer la sécurité et une production élevée,
- Faciliter le changement d'éléments usés et l'affutage.

### **V.6.1- Définition de la conception d'un produit mécanique par ordinateur (CAO)**

La conception assistée par ordinateur (CAO) comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir et de tester virtuellement des produits.

Lorsqu'un système est affecté d'un nombre trop grand de paramètres, il devient difficile de tout contrôler. La CAO permet de concevoir des systèmes dont la complexité dépasse la capacité de l'être humain, et d'apprécier globalement le comportement de l'objet créé avant même que celui-ci n'existe. En CAO, on ne dessine pas, on construit un objet capable de réagir dans son espace réel selon des lois régies par le logiciel. Le résultat, appelé maquette numérique qui constitue alors un véritable prototype évolutif. Pour notre conception, nous avons utilisé le logiciel de conception appelé « Solide Works ».

### **V.6.3- Description de l'outil**

Notre outil est composé de deux parties essentielles : la partie inférieure (partie fixe) et la partie supérieure (partie mobile).

#### ***V.6.3.1- Partie inférieure***

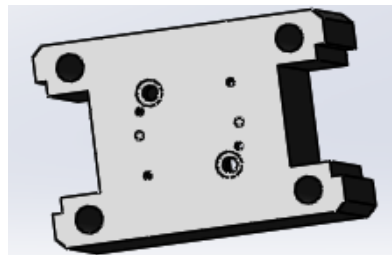
C'est la partie immobile de l'outil. Elle est fixée directement à la presse par des vis, supporte tous les éléments de cette partie et elle se compose de :

##### ***a-Semelle inférieure***

C'est une plaque sur laquelle se fixe les composants de la partie inférieure. Elle est fixée directement sur la table de la presse avec des brides, son épaisseur doit être suffisante pour résister aux efforts de pliage.

**Tableau V.2 : Caractéristiques de la semelle inférieure.**

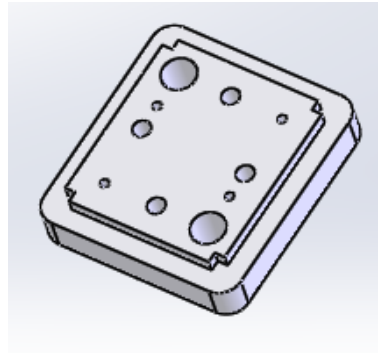
Pièce d'outillage	Observation	Matière
Les Semelles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonte ductile, elle possède :</li> <li>- une excellente coulabilité et usinabilité.</li> <li>- Une bonne résistance à la rupture avec une résistance minimale = 360 Mpa.</li> <li>- Résistance a la corrosion et absorbe les vibrations.</li> </ul>	Ft 30

**Figure V.4 : Semelle inférieure.****b- Plaque support matrice**

Son rôle est de porter les différentes matrices de bordage. Son épaisseur est de 80 mm et elle occupe toute la longueur de l'outil.

**Tableau V.3 : Caractéristiques de la plaque support matrice**

Pièce d'outillage	Observation	Matière
Plaque support matrice	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acier non alliés d'usage général sans traitement thermique.</li> <li>- Ces aciers sont moins déformables.</li> <li>- Résistance minimale d'élasticité = 360 Mpa.</li> </ul>	E 360



**Figure V.5** :plaque support matrice.

**c- Plaque de centrage**

Au cours de pliage, elle localise la pièce par rapport à l’empreinte supérieure et aussi pour garder la forme initiale de la pièce.

**Tableau V.4: Caractéristiques de la plaque de centrage**

Pièce d'outillage	Observation	Matière
Plaque de centrage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acier pour traitement thermique dont les teneurs en éléments d'alliage, à l'exception du carbone, sont inférieures à 1.65% pour le manganèse, à 0.50% pour le silicium, et à des valeurs plus faibles, toutes inférieures à 0.40% pour les autres éléments.</li> <li>- Il est distingué pour usage en construction mécanique générale avec meilleur maîtrise des caractéristiques, sa résistance élastique est : <math>Re = 375 \text{ Mpa}</math></li> </ul>	C 45

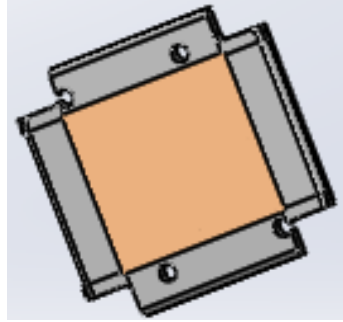


Figure V.6: plaque de centrage.

#### **d- Support pour colonne**

Comme son nom l'indique, il a pour but de porter les colonnes afin d'assurer un ajustement de serrage (pièce immobile l'une par rapport à l'autre), résistance d'élasticité qui égale à 360 Mpa. Ces aciers sont moins déformables. (Voir l'image ci-dessous)

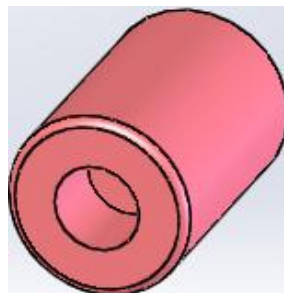


Figure V.7: Support pour colonne.

#### **e- Matrice de bordage**

Elles sont en matières 90 MV8, aciers à outils faiblement alliés pour le travail à froid et elles sont indéformables. Bonne dureté et ténacité élevée, haute stabilité dimensionnelle et très bonne tenue de coupe. Cette matrice est recommandée pour des outils de découpage, petites lames de cisailles, couteaux en disques et lames circulaires dans l'industrie du papier.

On distingue deux formes des matrices (voir la figure V.7)

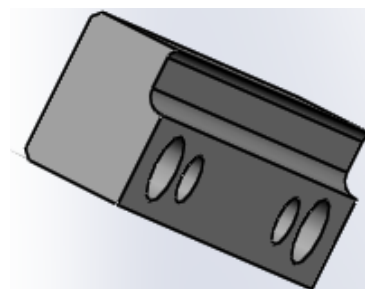
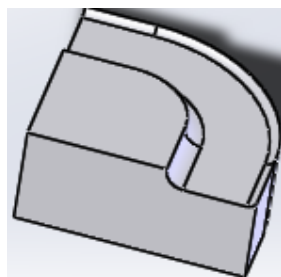
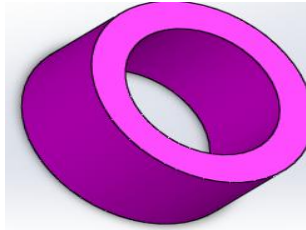


Figure V.8: Matrice de bordage.

**f- Bague d'arrêt de cours**

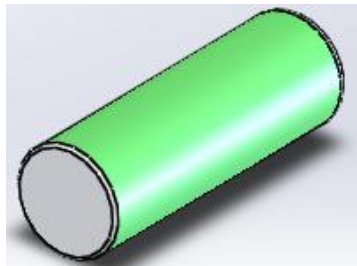
Elle a pour rôle d'arrêter la semelle supérieure par rapport à la semelle inférieure après chaque avance. Elle est en C 45 distinguée pour usage en construction mécanique générale et elle est d'une résistance élastique égale à 375 Mpa.



**Figure V.9:** Bague d'arrêt de cours.

**g- Colonne de guidage**

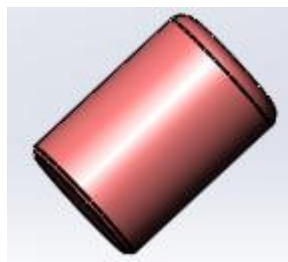
Servent à guider l'outil, elles coulissent dans les embases supérieure et inférieure.



**Figure V.10:** Colonne de guidage.

**h- Goujon de centrage**

Il localise la plaque support matrice sur la semelle inférieure pour quelle puisse assurer un bon positionnement de la partie supérieure afin d'effectuer l'opération de pliage.



**Figure V.11:** Goujon de centrage.

**i- Pivot pour ressort**

Il maintient les ressorts d'injection.



Figure V.12: Pivot pour ressort.

**j- Ressorts d'éjection**

Sont des éléments standards, leur rôle est l'éjection de la pièce après le pliage des rebords.

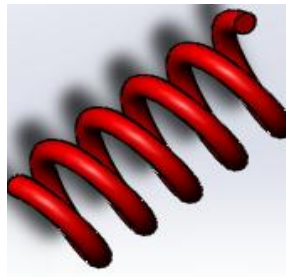


Figure V.13: Ressort d'éjection.

**V.6.3.2 - Partie supérieure**

C'est la partie mobile de l'outil, elle est composé de :

**a- Semelle supérieure**

C'est une plaque sur laquelle se fixent les composants de la partie supérieure. Elle assure la liaison entre le porte poinçon et le coulisseau de la presse.

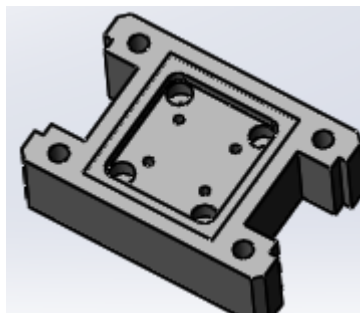


Figure V.14: Semelle supérieure.

**b- Extracteur**

Il est en acier C45. Son rôle est de mettre en position la pièce lors du pliage, c'est comme un serre-flan.

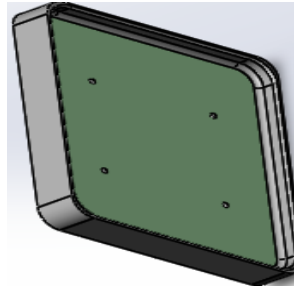


Figure V.15: Extracteur.

### c- Goujon de détachement

Il guide l'extracteur vers la semelle inférieure pour éviter le mouvement de cette dernière.

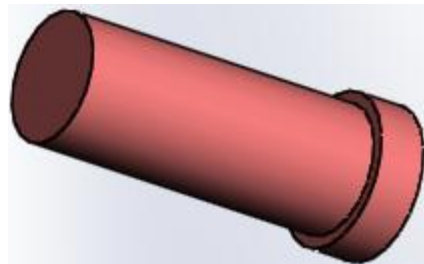


Figure V.16: Goujon de détachement.

### d- Poinçon de bordage

C'est la partie active qui exécute réellement le travail de pliage. Il est monté sur les portes poinçons avec des vis et goupilles et est fabriqué en Z 200 C12 qui a une grande résistance à l'usure.

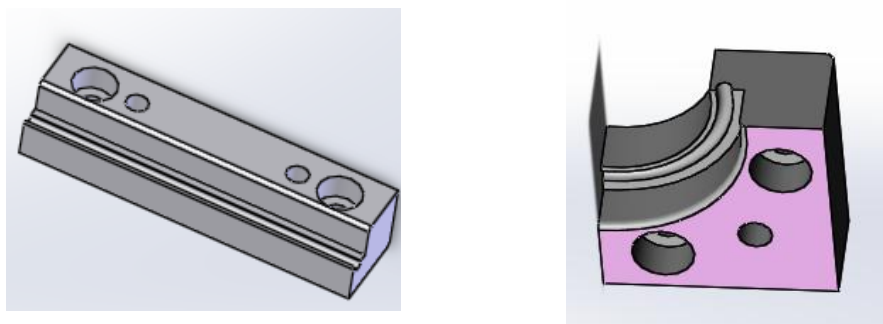
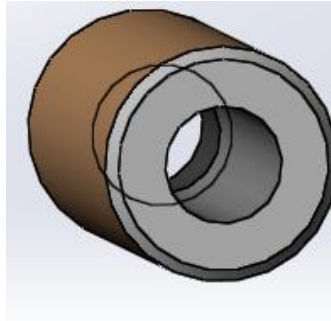


Figure V.17: Poinçon de bordage.

**e- Pièce soudée**

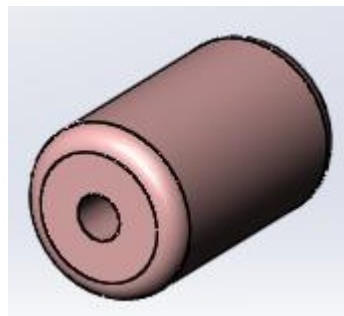
C'est une bague de guidage pour les poinçons de bordages.



**Figure V.18** : Pièce soudée.

**e- Sillent bloc**

Sont rôle est d'absorber les chocs de vibration entre différentes pièces



**Figure V.19** : Sillent bloc.

**V.6.3.3- Eléments standards**

- 20 goupilles  $\phi$  10      L = 60 mm.
- 24 vis M10                L = 60 mm.
- 20 goupilles  $\phi$  12      L = 64 mm.
- 24 vis M10                L = 25 mm.
- 4 vis de rappel          L = 90 mm.

**V.7- Le choix de la presse à utiliser [15]**

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

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

Pour notre travail, il s'agit de découpage, poinçonnage, la presse mécanique la plus adaptée doit répondre aux caractéristiques ci- dessous.

**Source d'entraînement** : pression hydraulique maximale est de  $140\text{kg/cm}^2$

**Alimentation de la presse** : 2 convoyeurs à rouleaux de mg

**Monte et décente (vitesse)** : cylindre pneumatique de 25 à 30 m/min

**Fixation de position** : système de posse. Fixation de position par deux cylindres pneumatiques appuyant contre le côté de base (verre les deux sens)

## **Conclusion Générale**

De nos jours, le travail de tôle et sa mise en forme occupe une place grandissante dans l'industrie de divers domaines tels que l'automobile ou l'électroménager qui connaissent une grande concurrence sur le marché mondial vu le progrès technologique que connaissent ces secteurs.

Cette étude nous a permis d'élargir nos connaissances dans le domaine de la mise en forme des tôles, de comprendre la raison pour laquelle les tôles occupent une place importante dans les différents secteurs industriels et de mettre en application nos connaissances acquises durant notre formation universitaire.

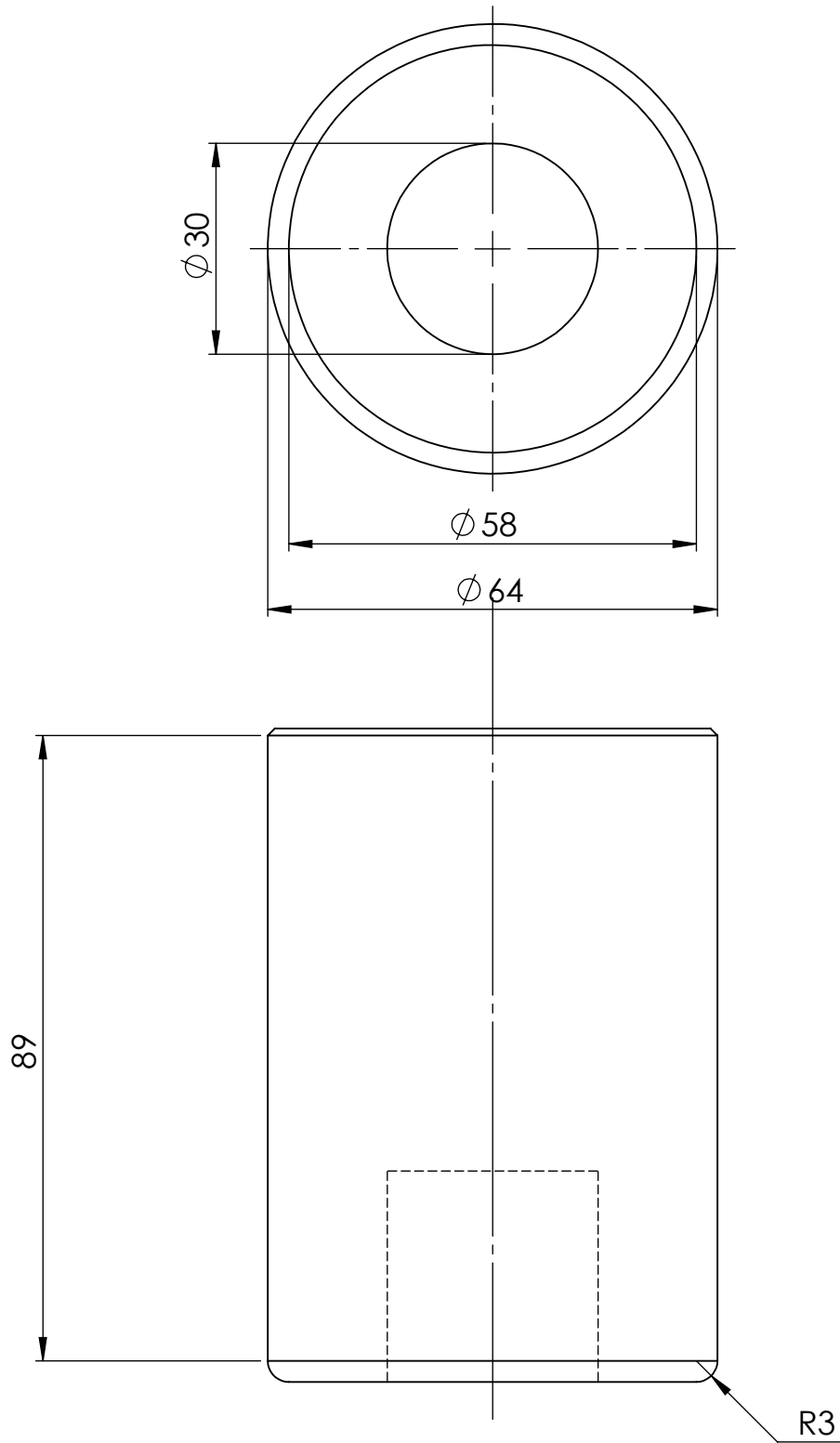
La conception d'un produit a pour but de satisfaire les conditions techniques, les besoins du client ainsi qu'améliorer la compétitivité. Dans ce contexte, nous avons réalisé une étude de conception pour un outil de pliage intérieure des rebords de la lèchefrite d'une cuisinière ENIEM pour la sécurité de l'utilisateur.

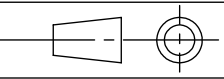
Cette étude nous a permis aussi de nous familiariser, d'enregistrer un progrès dans la maîtrise de logiciel SolidWorks et de nous initier au domaine de l'industrie et de la conception mécanique, en particulier la conception assistée par ordinateur (CAO).

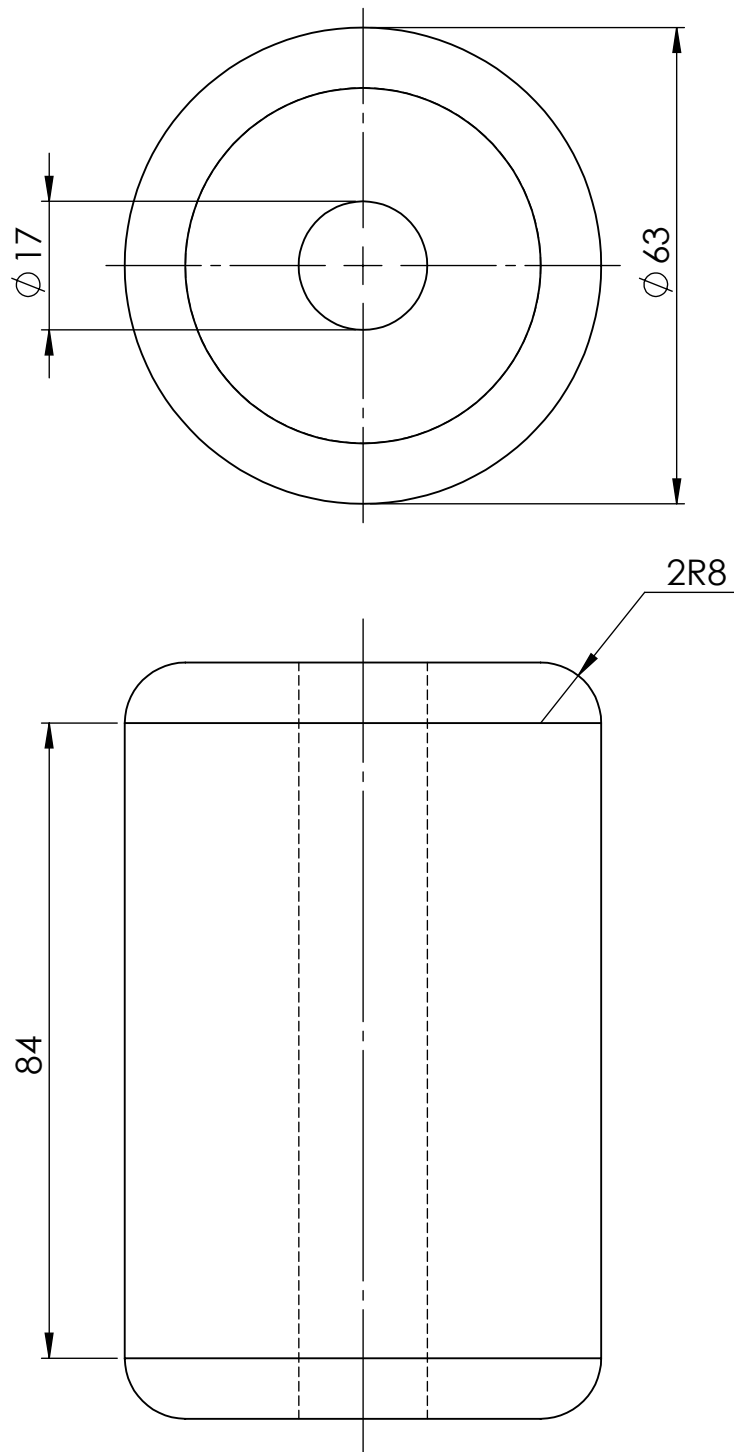
Malgré nos efforts pour mener à bien cette étude, nous ne prétendons jamais que ce travail est parfait, par conséquent il reste ouvert aux critiques et propositions allant dans le sens de son éventuelle amélioration.

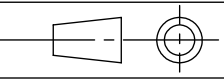
## Références Bibliographiques

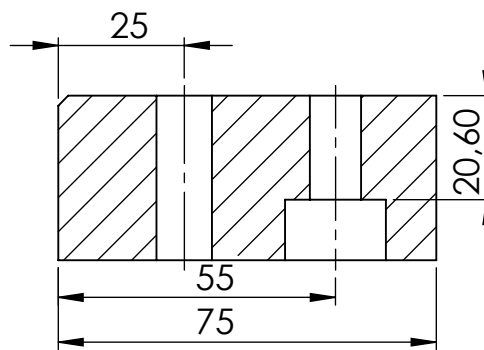
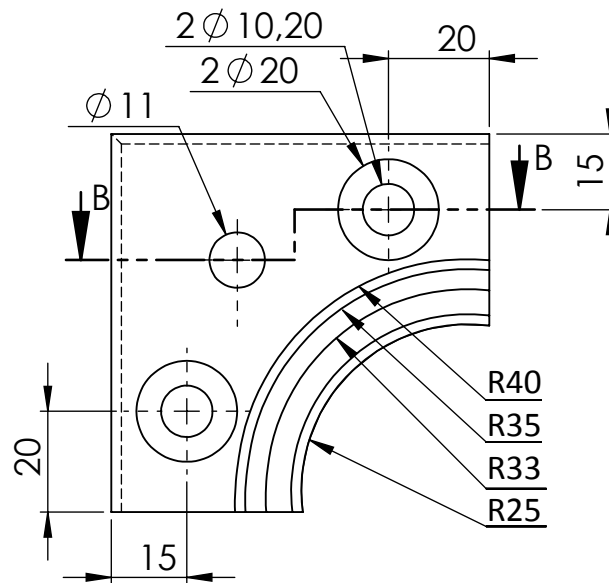
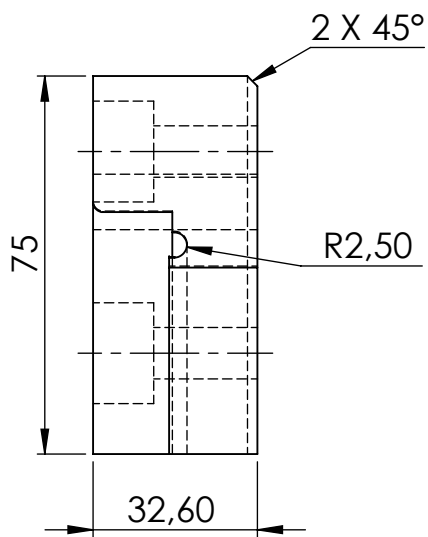
- [1] Mémoire de fin de cycle, HOCINE CHABANE, ZIAD BELKACEM « Etude et conception d'un outil poinçonnage et détournage d'un bandeau bombé en inox d'une cuisinière ENIEM », Promotion 202018.UMMTO.
- [2] Maillard, A. (1991). Etude expérimentale et théorique du découpage (Doctoral dissertation, Compiègne). Date de publication : 10 juil.2009.BM7500 v1 : technique d'ingénieur.
- [3] Technologie professionnelle pour les mécaniciens .tome 1 ; auteur : A.CAMPA ingénieur A. et M.S.E, inspecteur général de l'enseignement technique ; les éditions FOUCHER 1985.
- [4] Mémoire magistère : Répartition des retours élastiques déformations en étirage-plier et leurs effets sur l'option mécanique appliquée ; réalisé par : KUIRANI Dalel ; 2010 à l'Université FERHAT ABBAS SETIF.
- [6] Louis la montagne, étude sur l'application de l'hydroformage [archive], mémoire de maîtrise en génie mécanique, UC Laval, 2010.
- [7] Livre technologie professionnelle générale pour les mécaniciens ». Tome I. auteur : Ana CAMPA. Les éditions Foucher 1985.
- [9] Mémoire magistère ; option : Conception intégrées des systèmes mécaniques et application industrielle ; thème : modélisation du comportement à la déformation élastique des tôles de construction automobile : influence des singularités ; présente par KAHOUL Hafida ; années 2010.
- [12] Documentation ENIEM.
- [14] Jean-Claude Baudet, de la machine au système : histoire des techniques de puis 1800, Paris, Vuibert, 2004, 600.( ISBN 978-2-711-75324-6, OCLC 255577385).



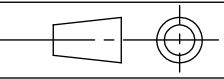
2	23	Support pour colonne	E 360	/
Nbr	Rep	Designation	Matière	Observation
Echelle 1:1		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHE FRITE D'UNE CUISINIERE ENIEM</b>	Realiser par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali	
			Promo: 2019	
A4		UMMTO-FGC-DGM	25-11-2019	

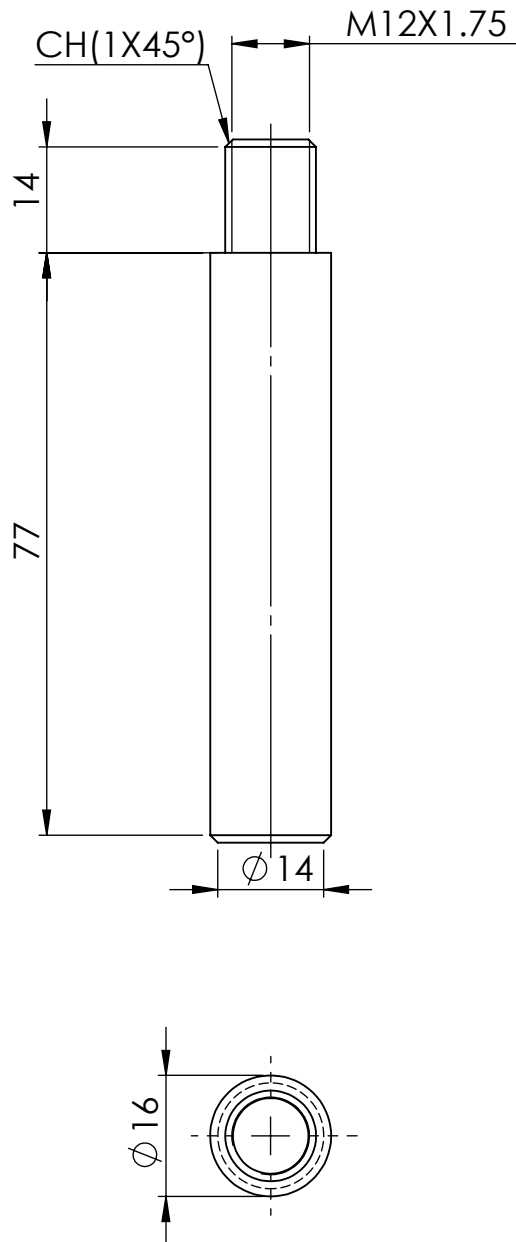


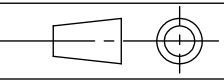
4	5	Silent bloc	Polythène	/
Nbr	Rep	Designation	Matière	Observation
Echelle 1:1		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISINIÈRE ENIEM</b>		Realiser par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali
				Promo: 2019
A4		UMMTO-FGC-DGM		25-11-2019

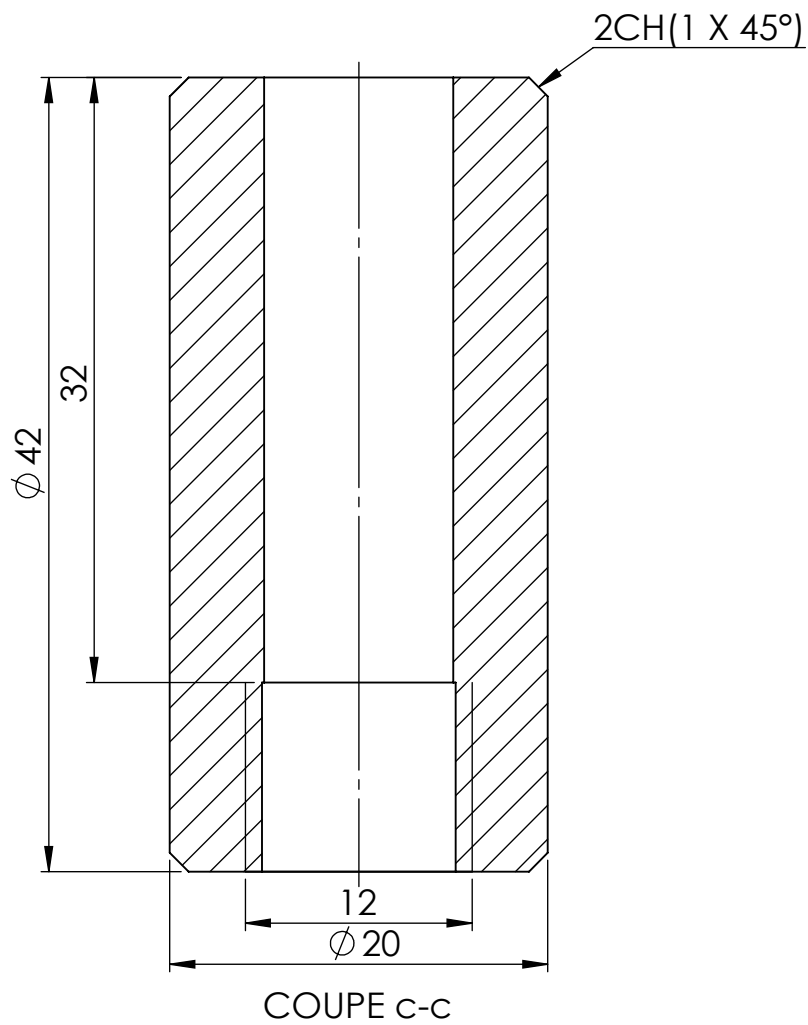
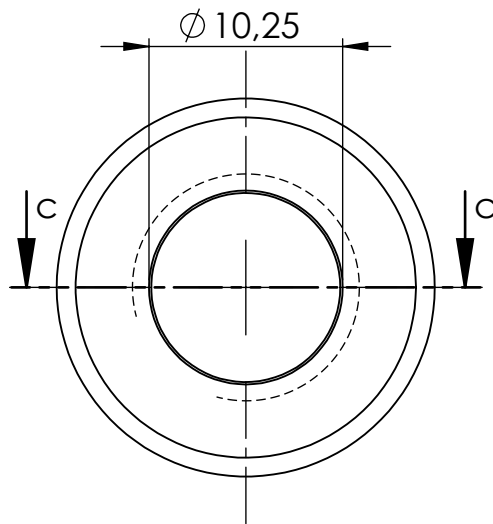


COUPE B-B

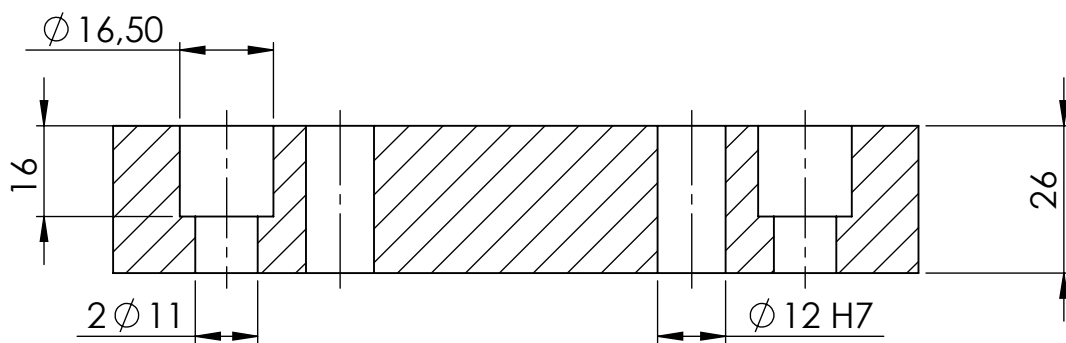
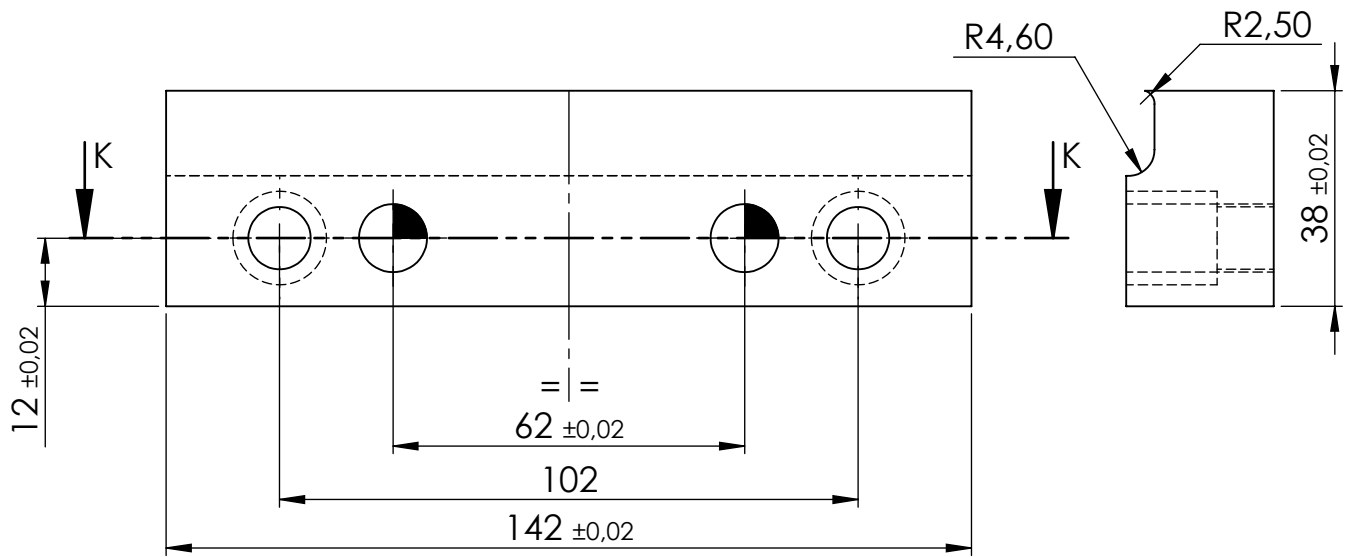
4	2	Ppoinçon de bordage 6	Z200 C12	/
Nbr	Rep	Designation	Matière	Observation
Echelle 1:1	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISINIERE ENIEM</b>			Realiser par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali
				Promo: 2019
A4	UMMTO-FGC-DGM			25-11-2019



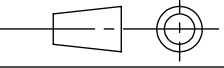
4	26	Pivot pour ressort	E 360	/
Nbr	Rep	Designation	Maière	Observation
Echelle 1:1		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISINIERE ENIEM</b>	Realiser par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali	
			Promo: 2019	
A4		UMMTO-FGC-DGM	25-11-2019	

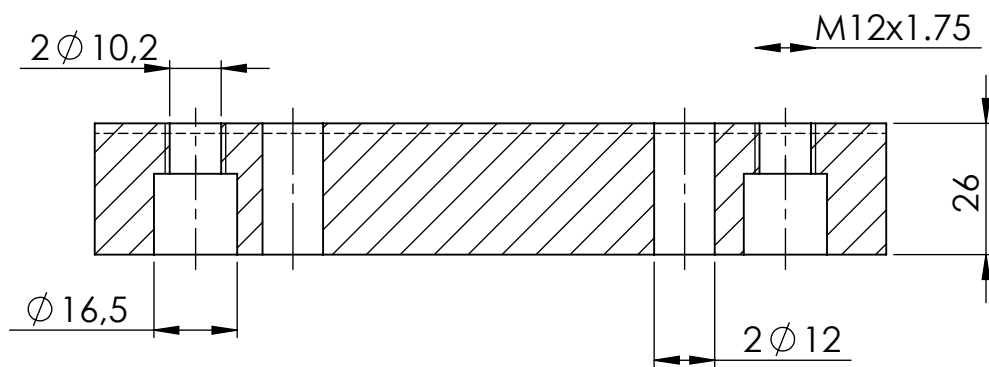
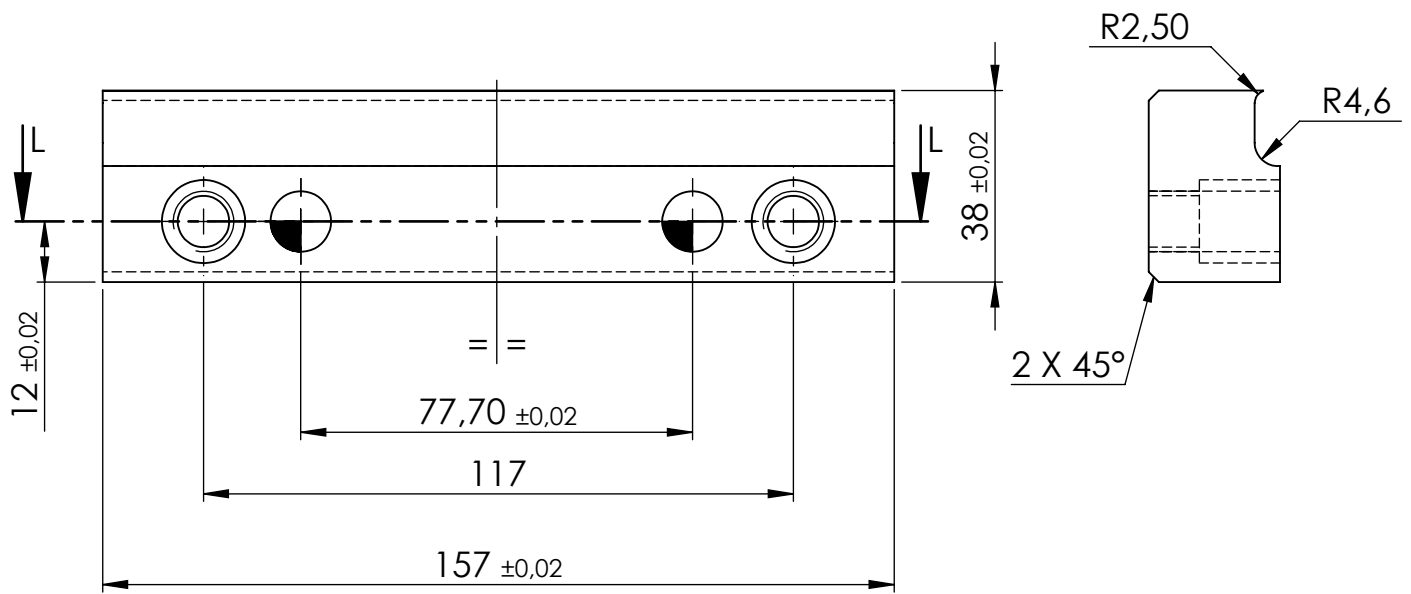


4	9	Pièce soudée	Z 200 C 12	/
Nbr	Rep	Designation	Matière	Observation
Echelle 5:2		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISINIERE ENIEM</b>		Realiser par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali
				Promo: 2019
A4		UMMTO-FGC-DGM		25-11-2019



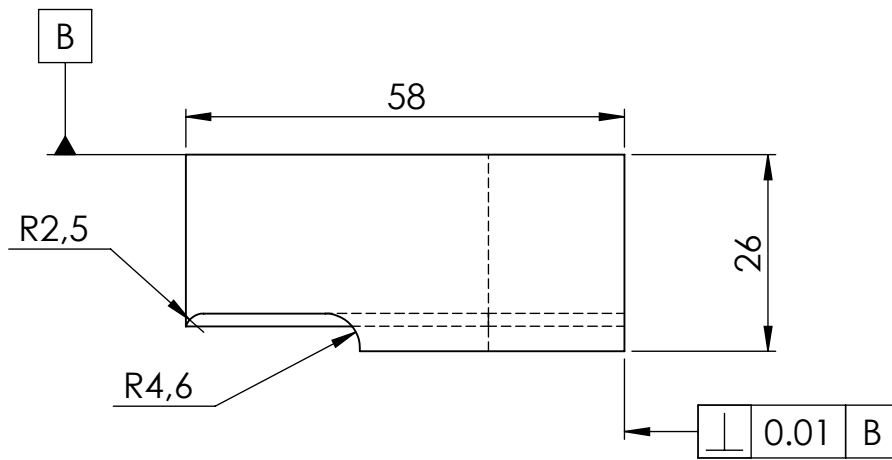
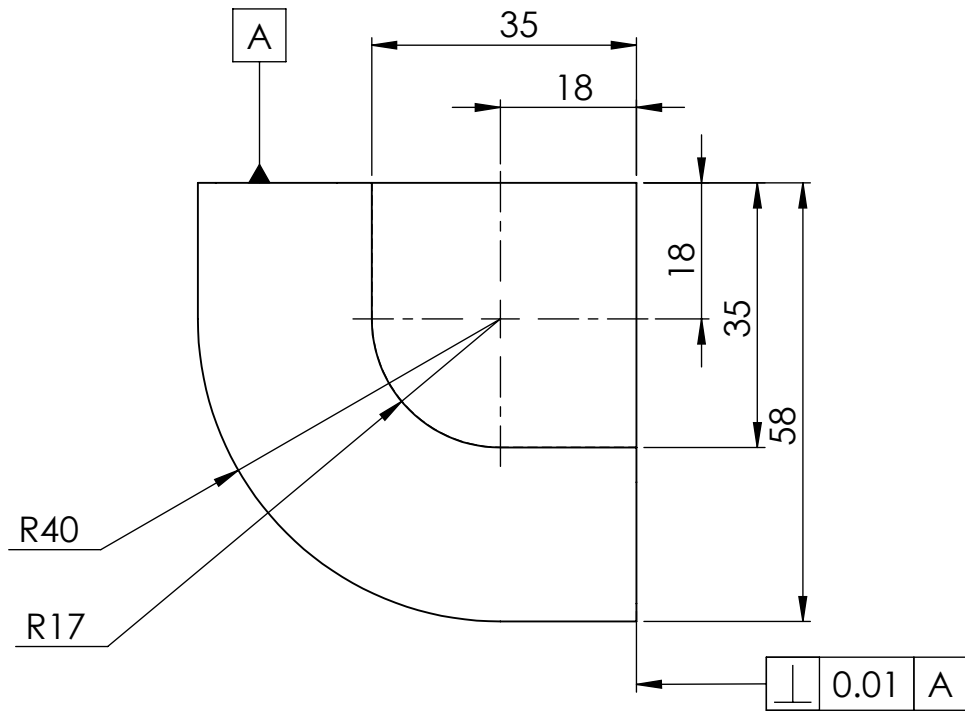
COUPE K-K

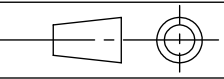
4	18	Matrice de bordage 1	90MV8	TRMP-RVN-59(HRc)
Nbr	Rep	Designation	Matière	Observation
Echelle 3:4	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISINIEREENIEM</b>			Realiser par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali
				Promo: 2019
A4	UMMTO-FGC-DGM			25-11-2019

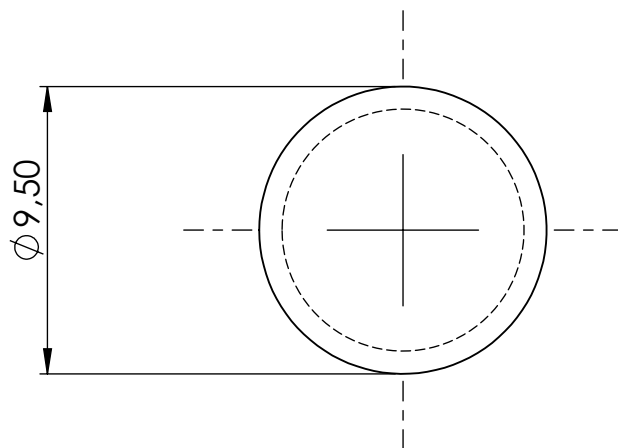
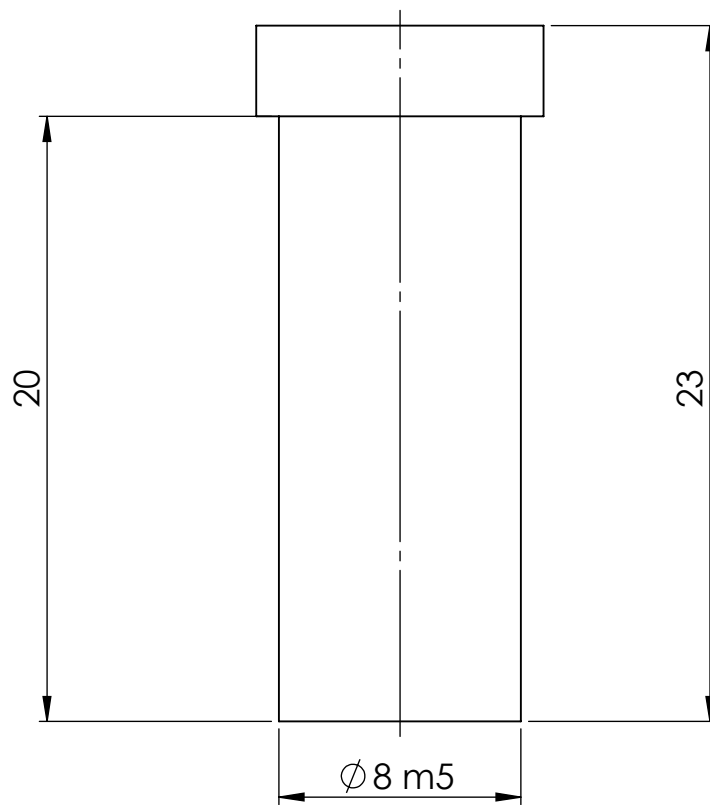


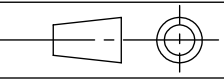
COUPE L-L

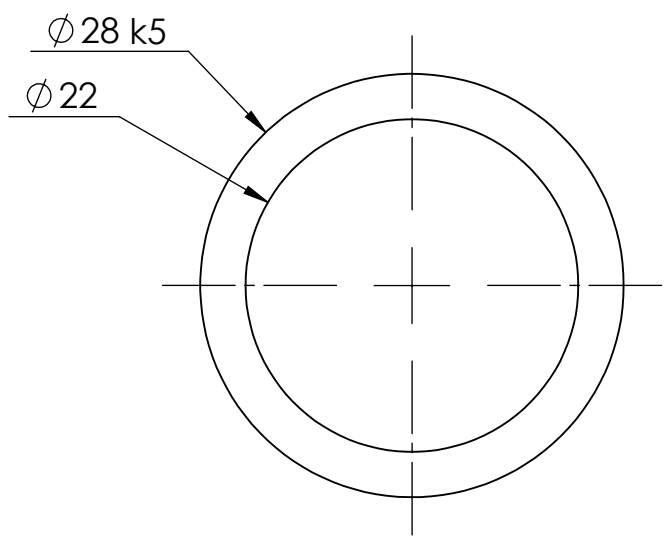
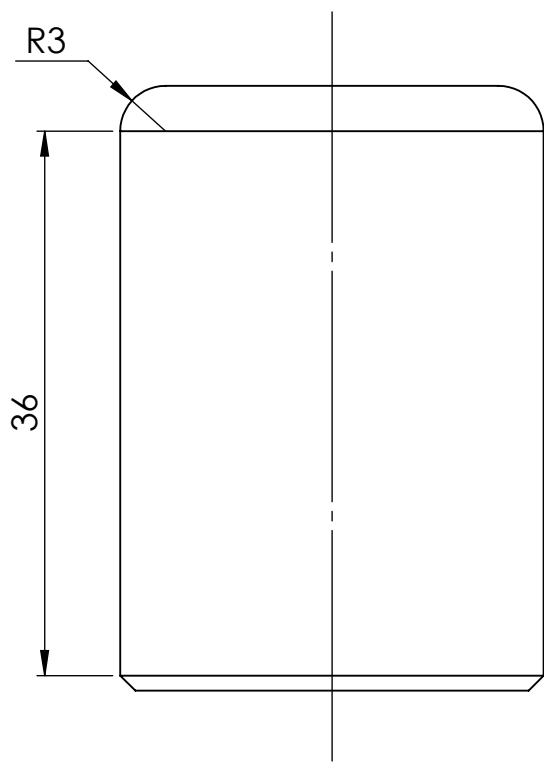
4	19	matrice de bordage 2	90MV8	TRMP-RVN-57(HRc)
Nbr	Rep	Designation	Matière	Observation
Echelle 2:3		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISINIERE ENIEM</b>	Realiser par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali	
			Promo: 2019	
A4		UMMTO-FGC-DGM	25-11-2019	

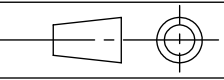


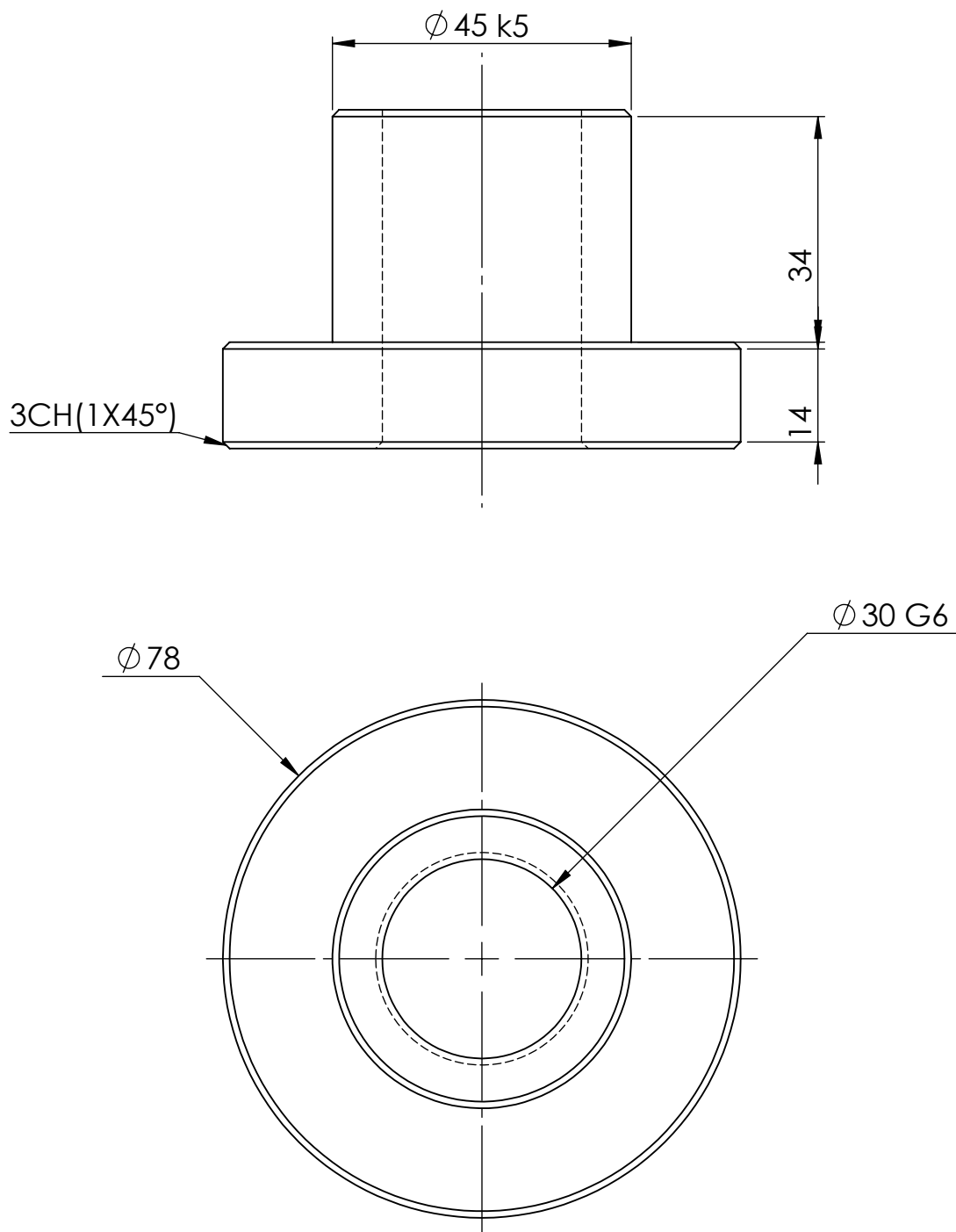
4	29	Matrice de bordage 3	90MV8	TRMP-RVN-59(HRc)
Nbr	Rep	Designation	Matière	Observation
Echelle 1:1		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISINIERE ENIEM</b>		Realiser par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali
				Promo: 2019
A4		UMMTO-FGC-DGM		25-11-2019

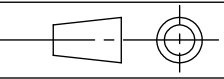


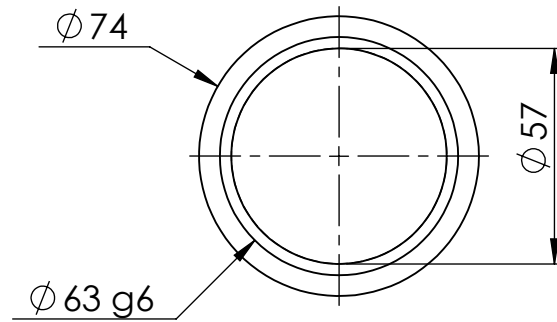
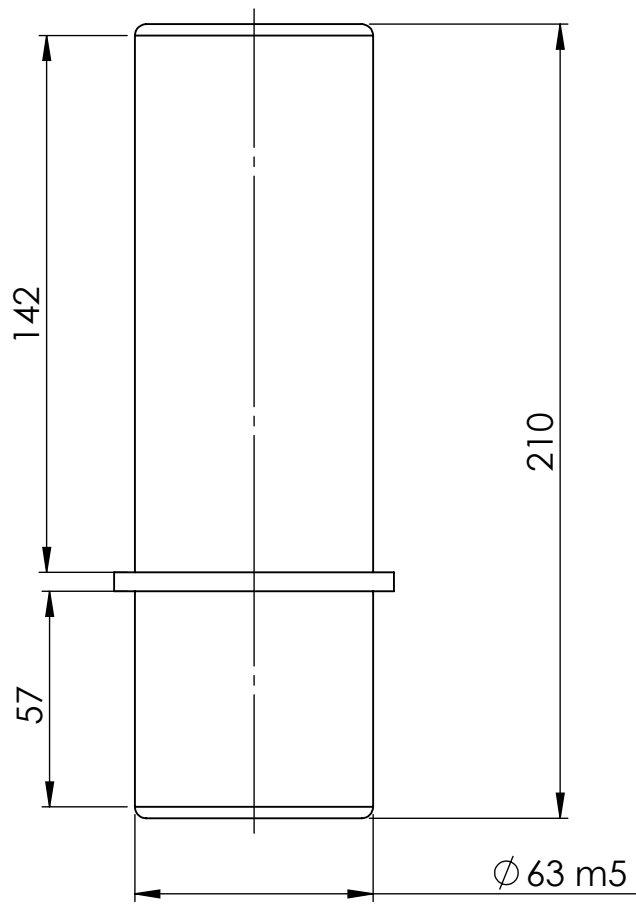
4	8	Goujon de detachment	AF 65 C 45	/
Nbr	Rep	Designation	Matière	Observation
Echelle 4:1		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISINIÈRE ENIEM</b>	Realiser par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali	
			Promo: 2019	
A4		UMMTO-FGC-DGM	25-11-2019	

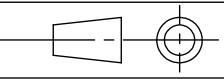


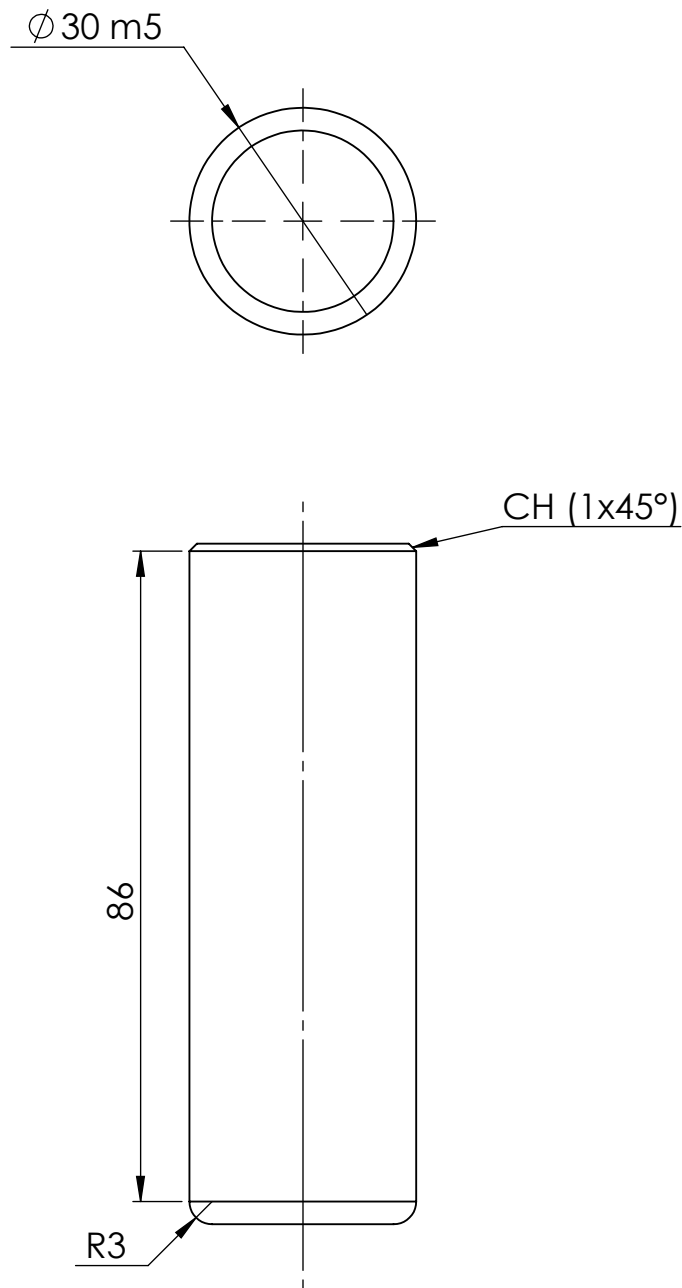
2	21	goujon de centrage	90MV8	/
Nbr	Rep	Designation	Matière	Observation
Echelle 2:1		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LALECHEFRITE D'UNE CUISINIERE ENIEM</b>	Realiser par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali	
			Promo: 2019	
A4		UMMTO-FGC-DGM	25-11-2019	



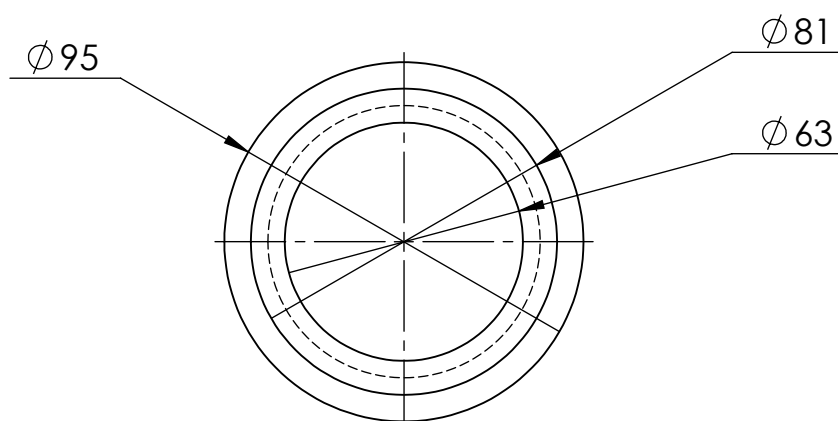
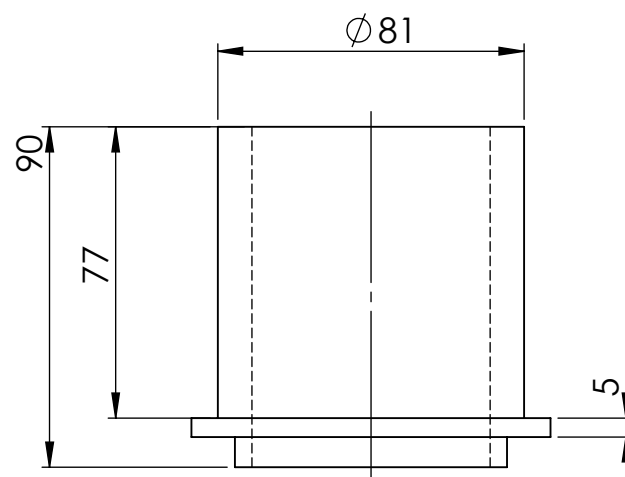
2	25	coquille	BRONZE	/
Nbr	Rep	Designation	Matière	Observation
Echelle 1:1		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISINIERE ENIEM</b>	Realiser par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali	
			Promo: 2019	
A4		UMMTO-FGC-DGM	25-11-2019	

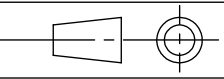


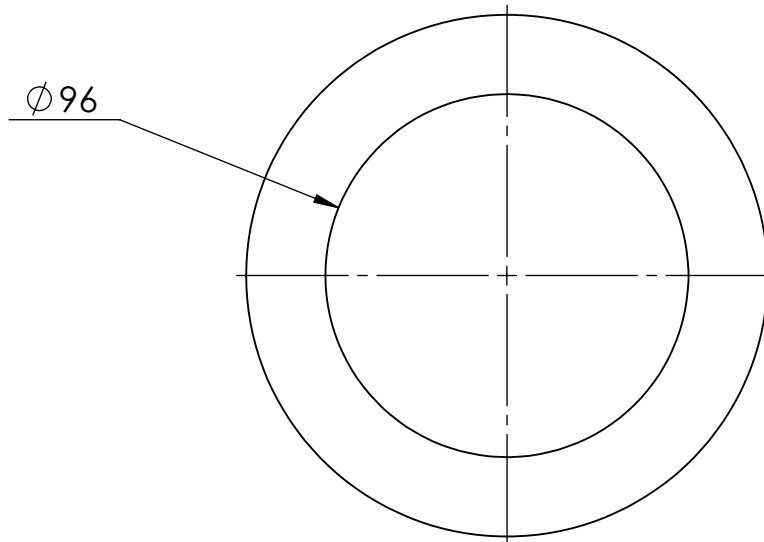
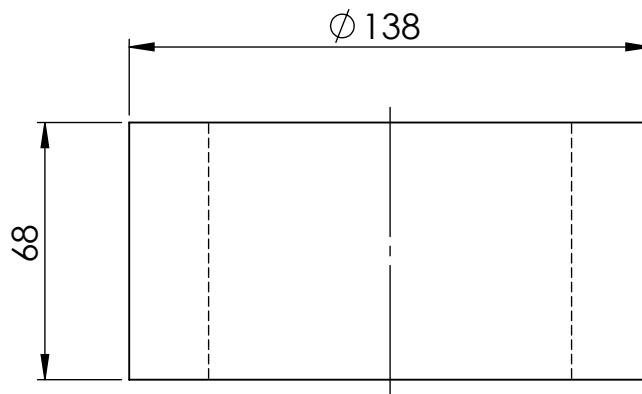
4	12	Colonne rep2	18NCD5	/
Nbr	Rep	Designation	Matière	Observation
Echelle 1:2		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIRUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISINIÈRE ENIEM</b>		Realiser par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali
				Promo: 2019
A4		UMMTO-FGC-DGM		25-11-2019

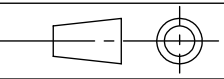


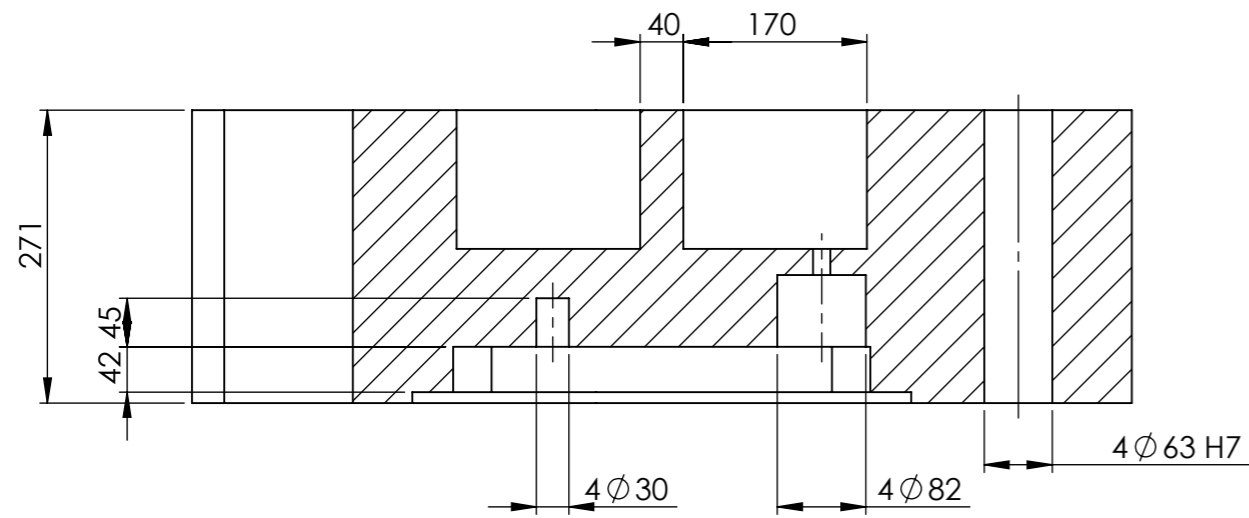
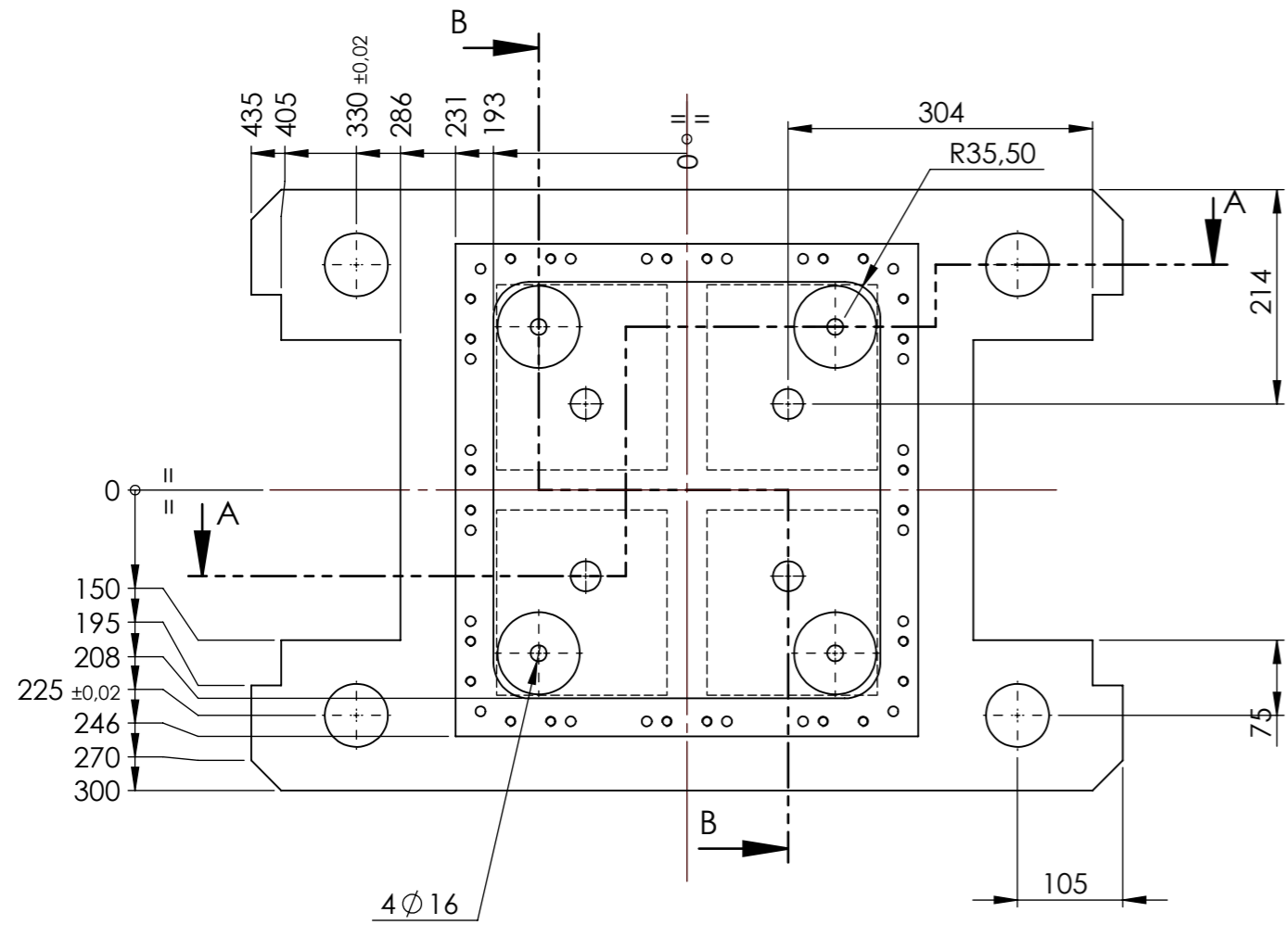
2	24	colonne	18NCD5	/
Nbr	Rep	Designation	Matière	Observation
Echelle 1:1		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISINIERE ENIEM</b>		Realiser par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali
				Promo: 2019
A4		UMMTO-FGC-DGM		25-11-2019



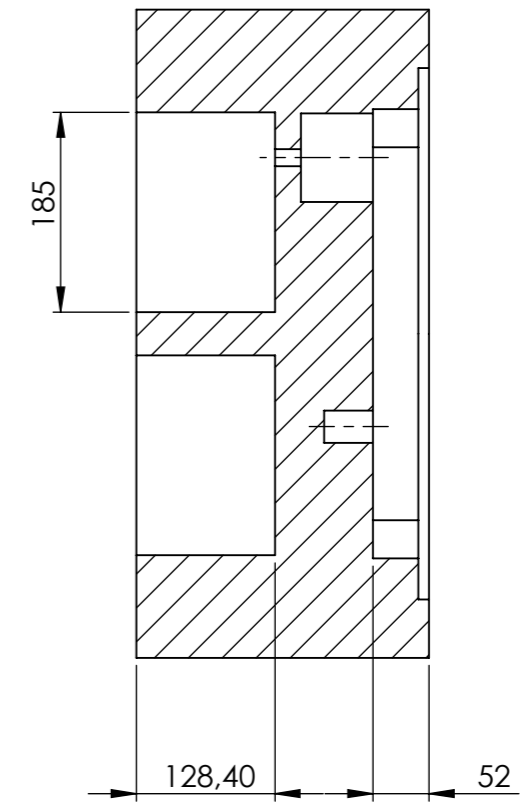
4	30	Bague	AF65 C45	/
Nbr	Rep	Designation	Matière	Observation
Echelle 1:2		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISINIÈRE ENIEM</b>	Realiser par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali	
			Promo: 2019	
A4	UMMTO-FGC-DGM		25-11-2019	



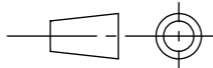
4	31	Bague d'arrêt de cours	AF65 C45	/
Nbr	Rep	Designation	Matière	Observation
Echelle 1:2		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUIDINIÈRE ENIÈME</b>	Realiser par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali	
			Promo: 2019	
A4		UMMTO-FGC-DGM	25-11-2019	

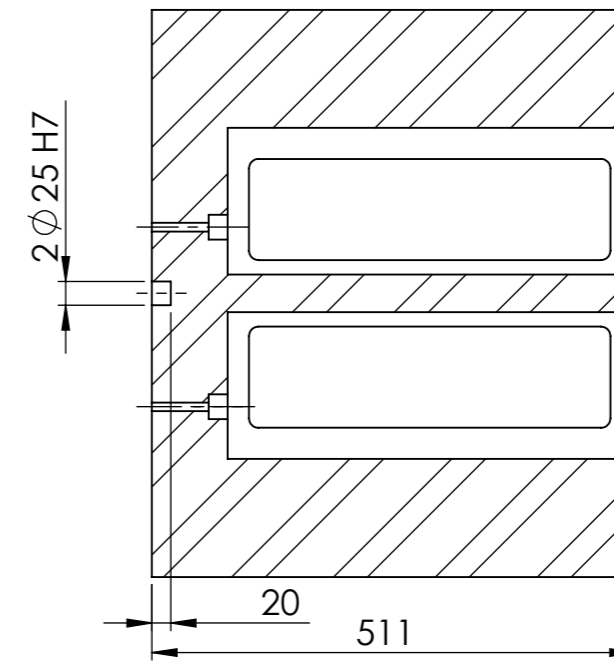
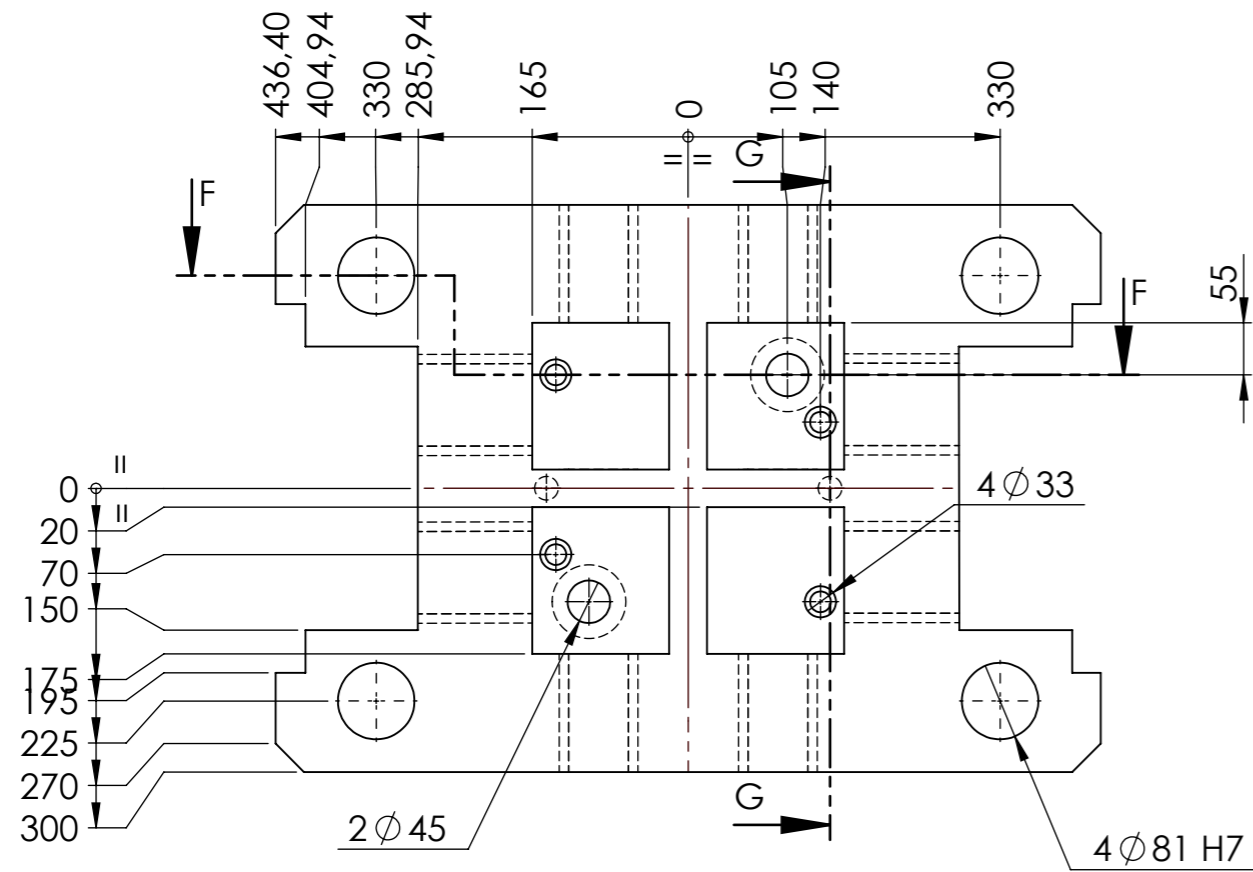


COUPE A-A

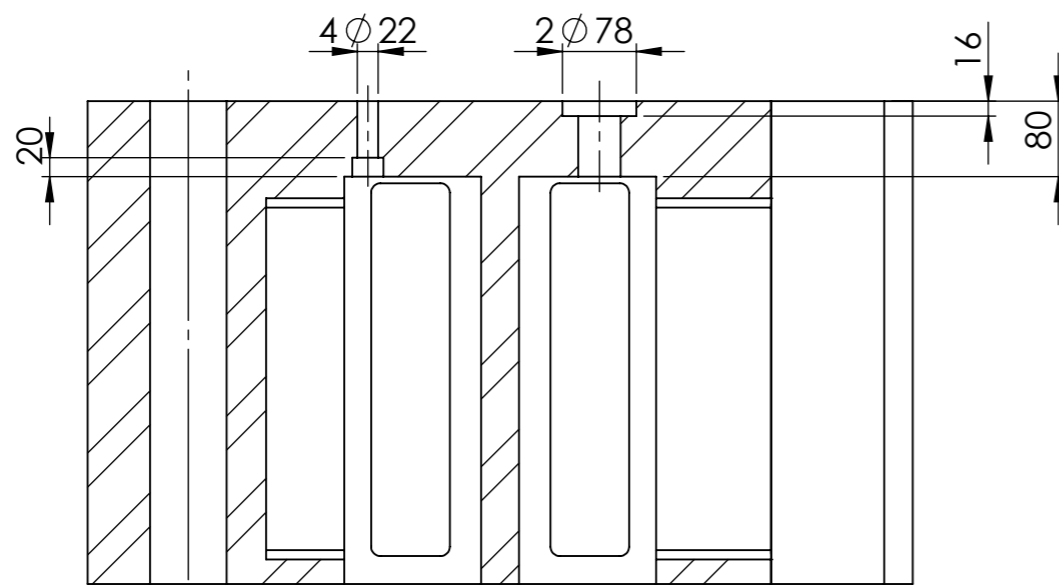


COUPE B-B

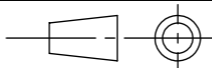
1	1	Semelle supérieur	FT 30	3.2/
Nbr	Rep	Designation	Matière	Oservation
Echelle 1:6	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISENIERE ENIEM</b>		Presenter par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali	
			Promo: 2019	
A3	UMMTO-FGC-DGM		25-11-2019	

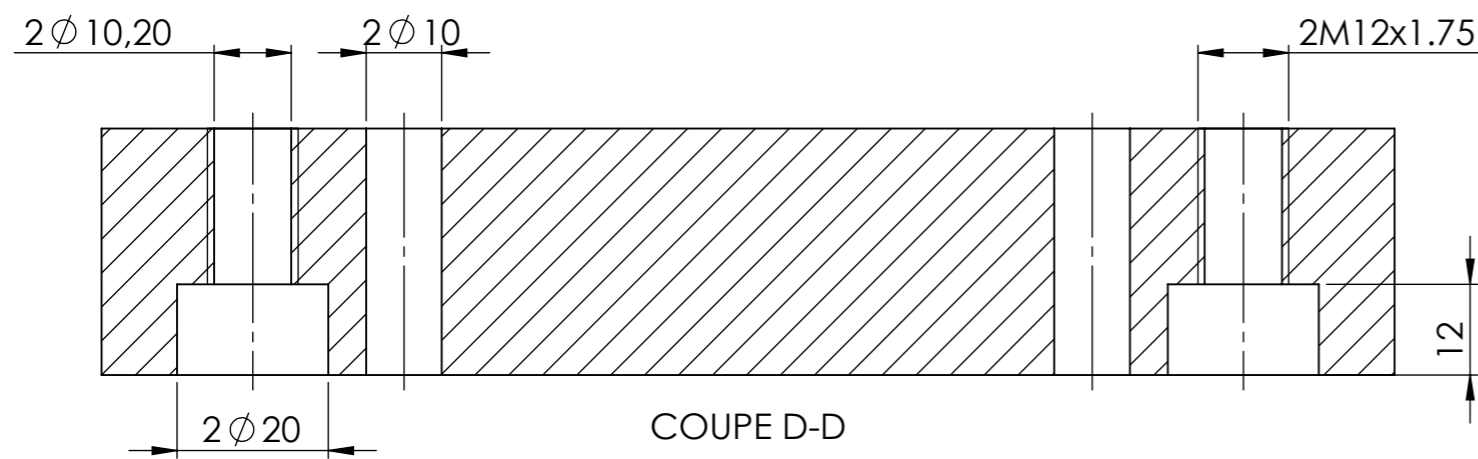
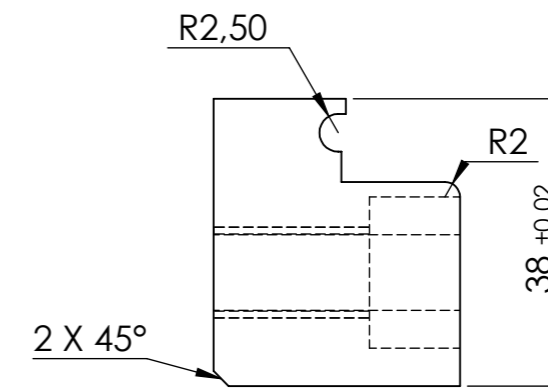
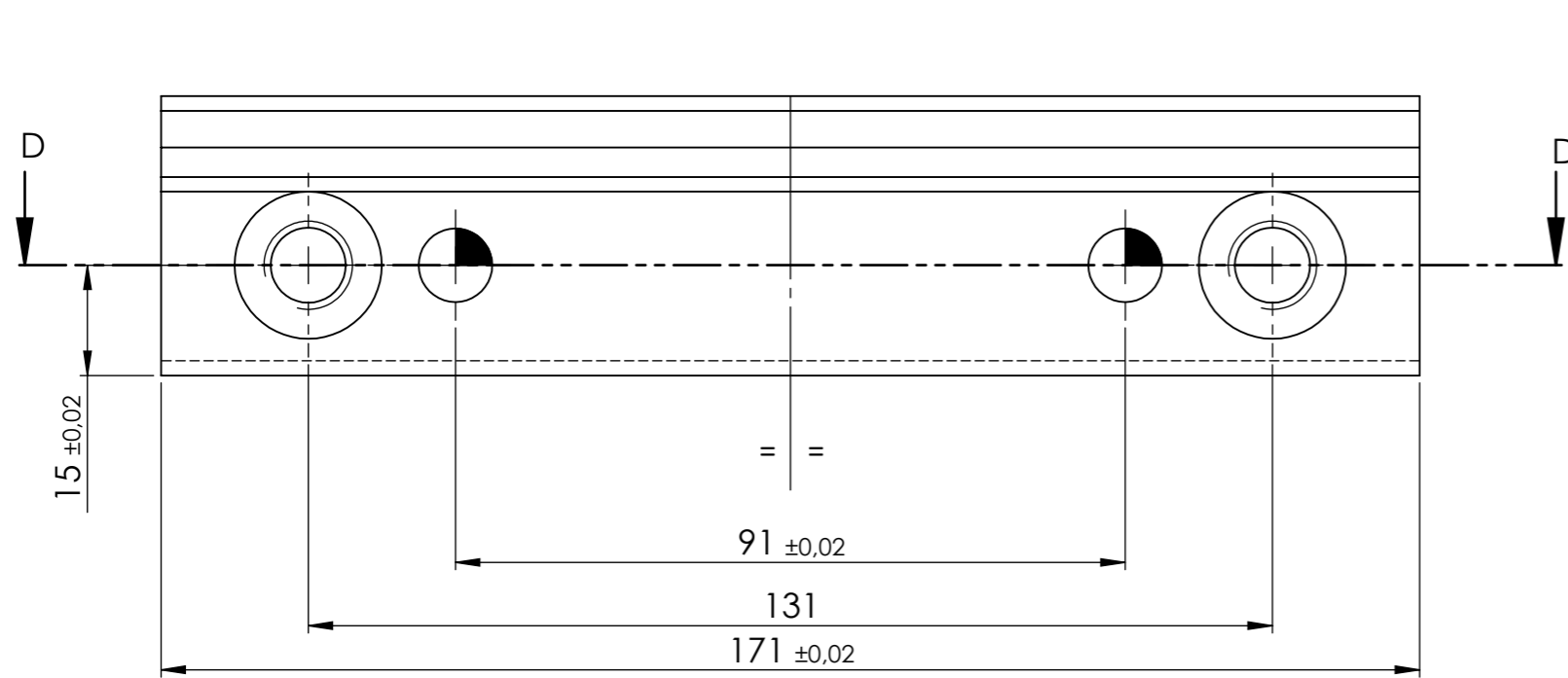


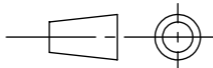
COUPE G-G



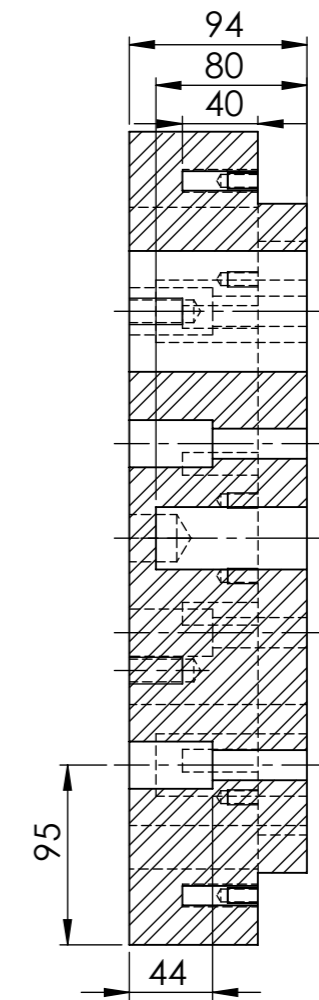
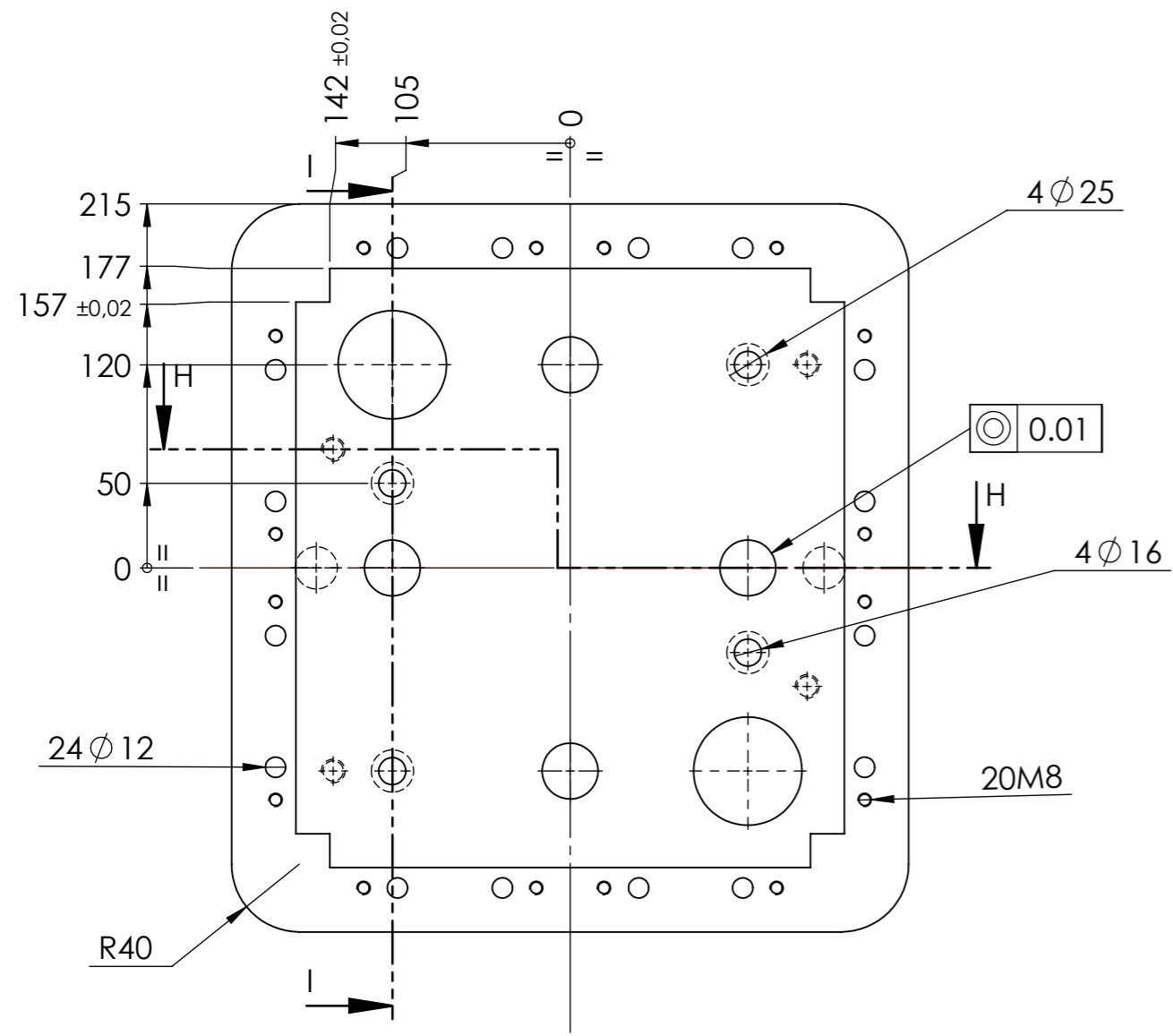
COUPE F-F

1	15	Semelle inferieur	FT 30	/
Nbr	Rep	Designation	Matière	Oservation
Echelle 1:8	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES DEBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISINIÈRE ENIEM</b>		Presenter par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali	
			Promo: 2019	
A3	UMMTO-FGC-DGM		25-11-2019	

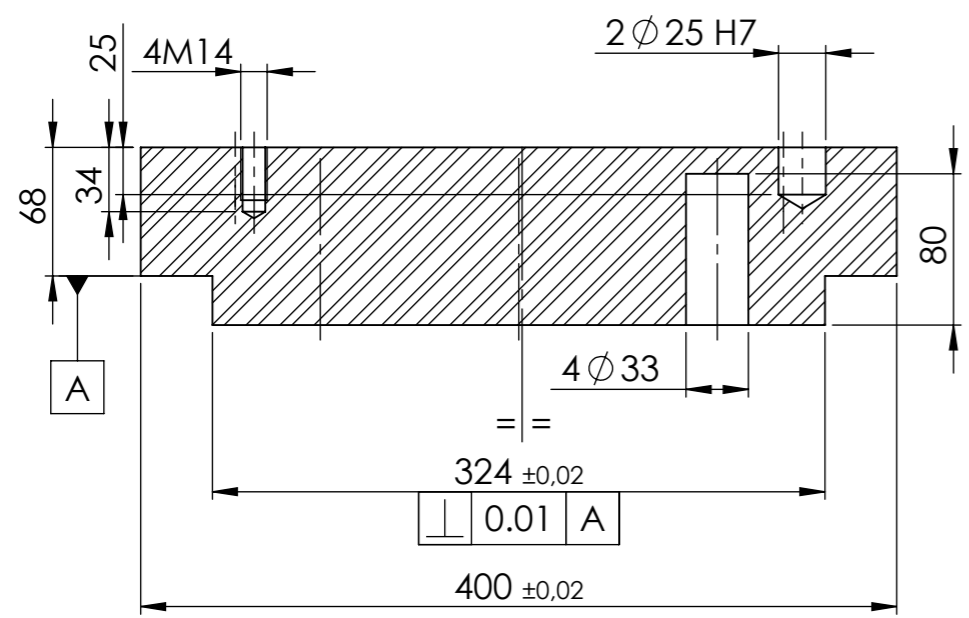


4	4	Poinçon de bordage 5	Z 200 C 12	TRMP-RVN-59(HRc)
Nbr	Rep	Designation	Matière	Oservation
Echelle 1:1	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISINIERE ENIEM</b>		Presenter par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali	
			Promo: 2019	
A3	UMMTO-FGC-DGM		25-11-2019	





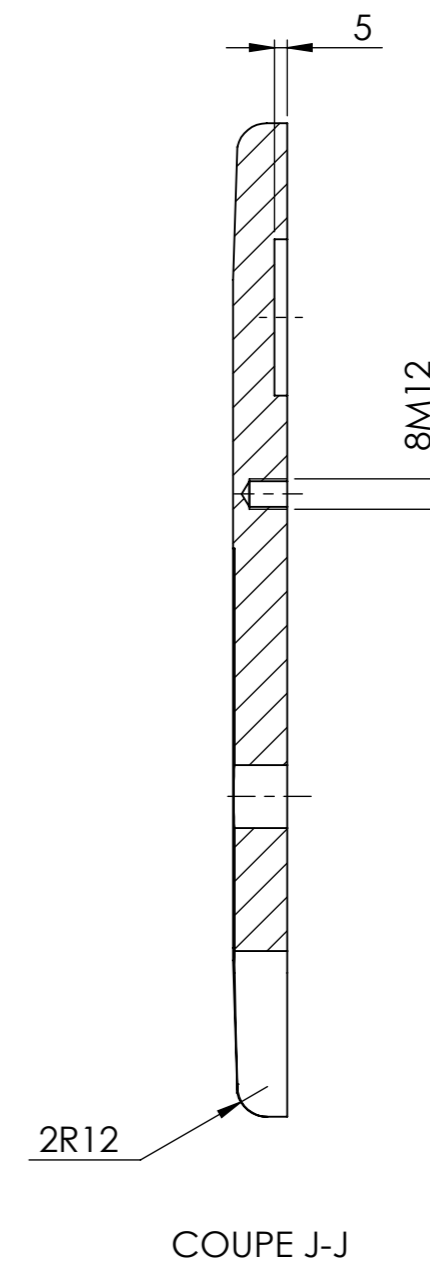
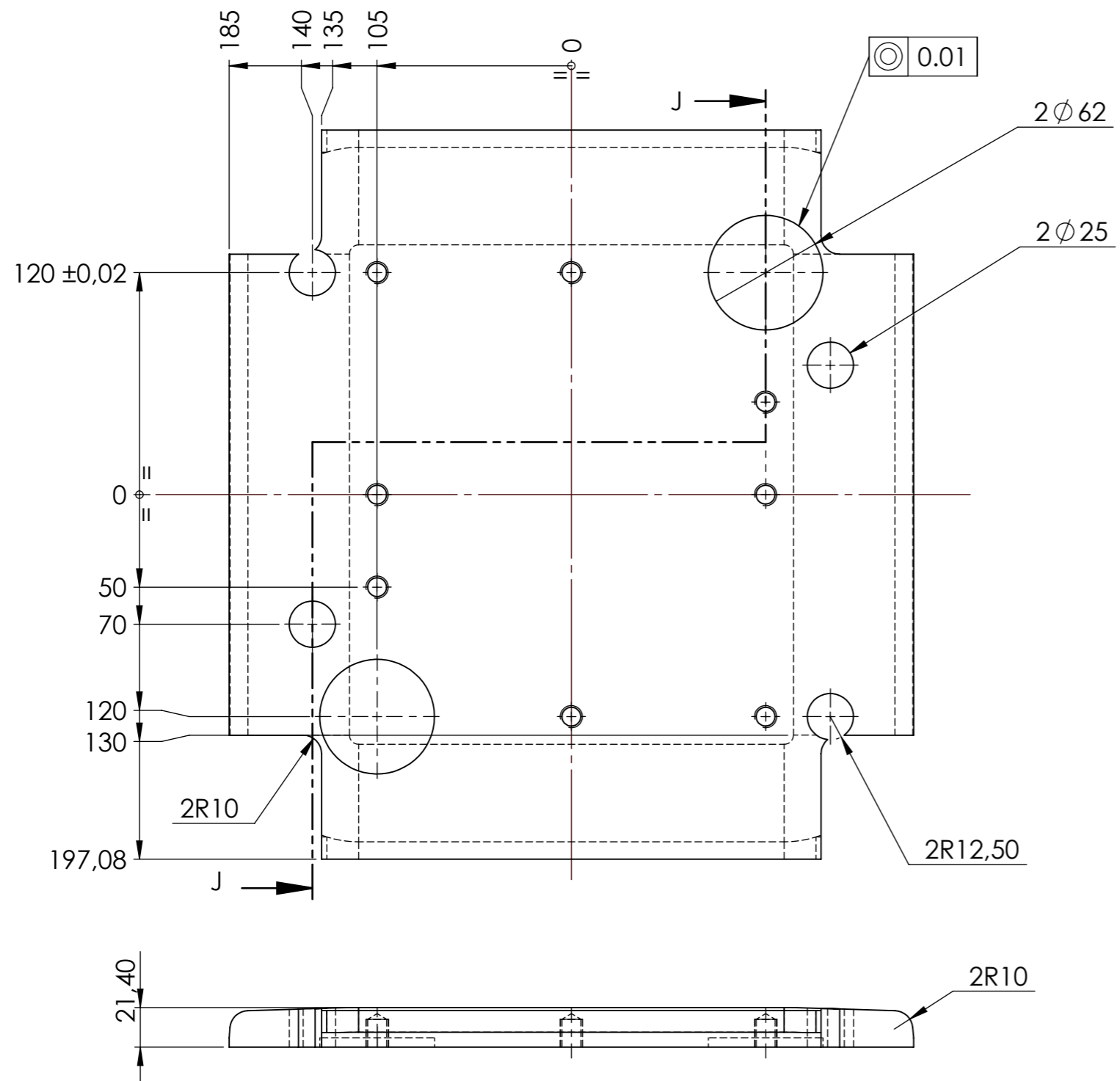
COUPE I-I

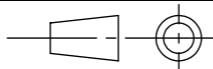


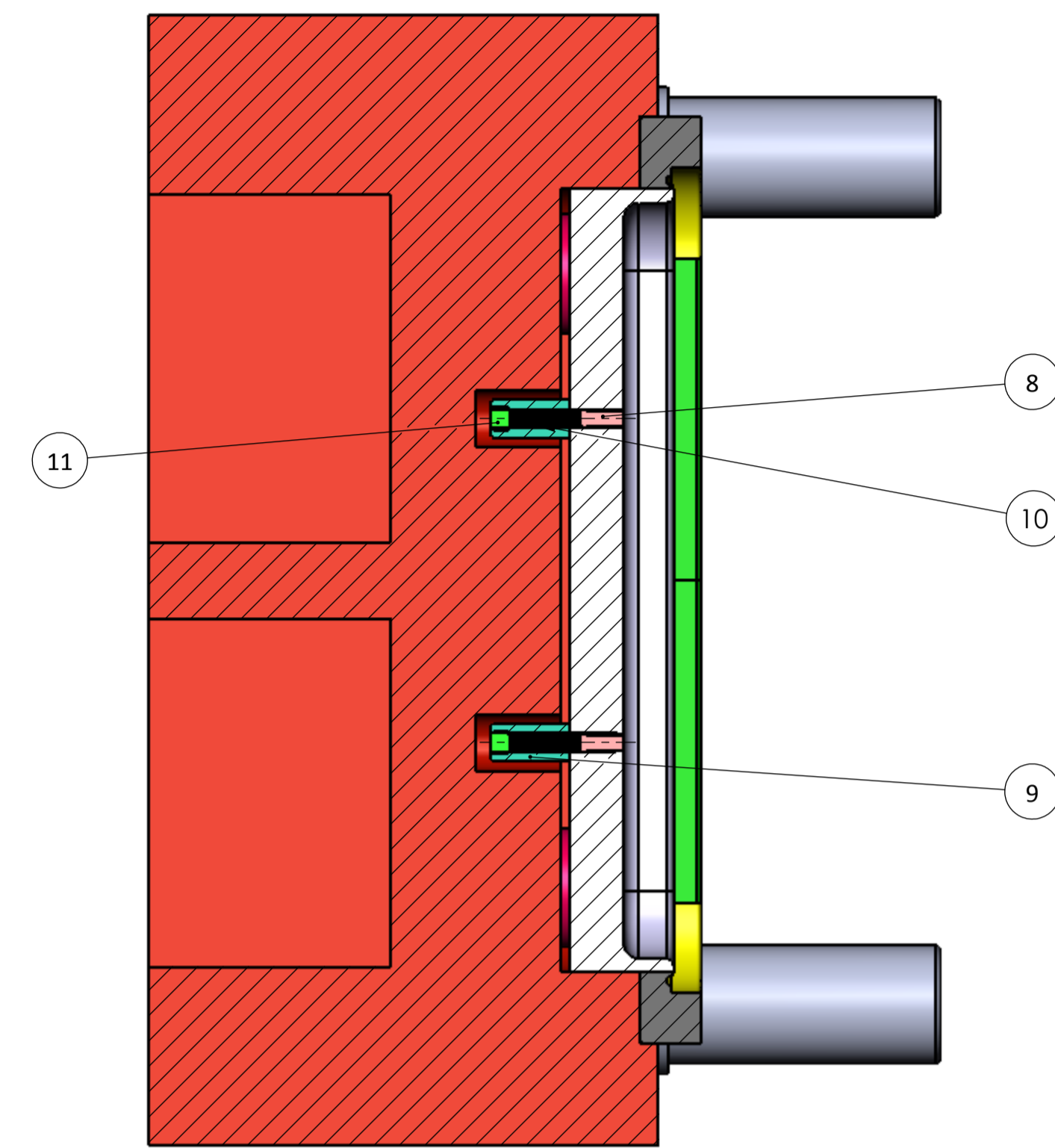
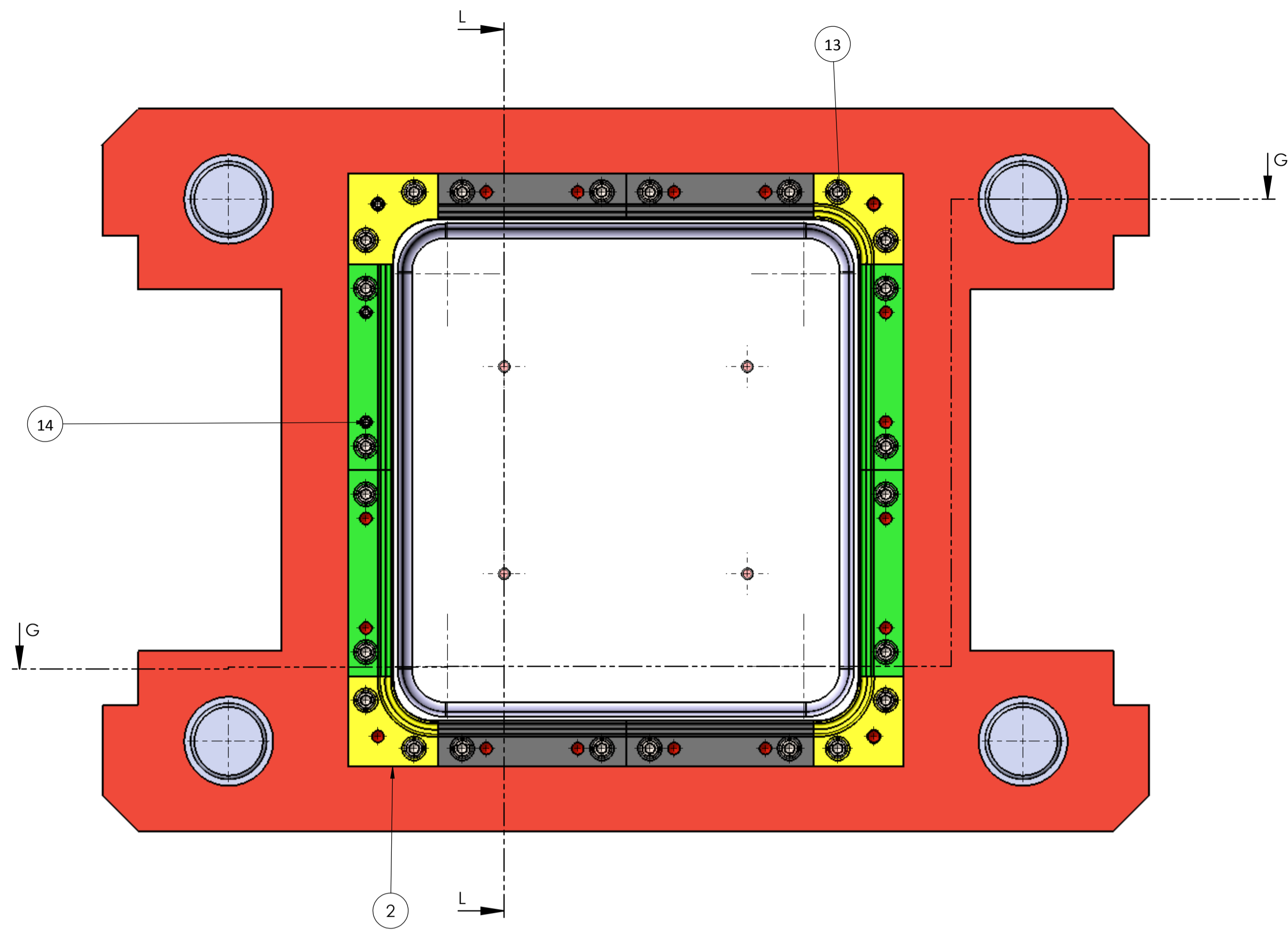
COUPE H-H

1	16	Plaque support matrice	E 360	3.2/
Nbr	Rep	Designation	Matière	Oservation
Echelle	1:4	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE LIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISINIÈRE ENIEM</b>		Presenter par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali
				Promo: 2019
	A3	UMMTO-FGC-DGM		25-11-2019

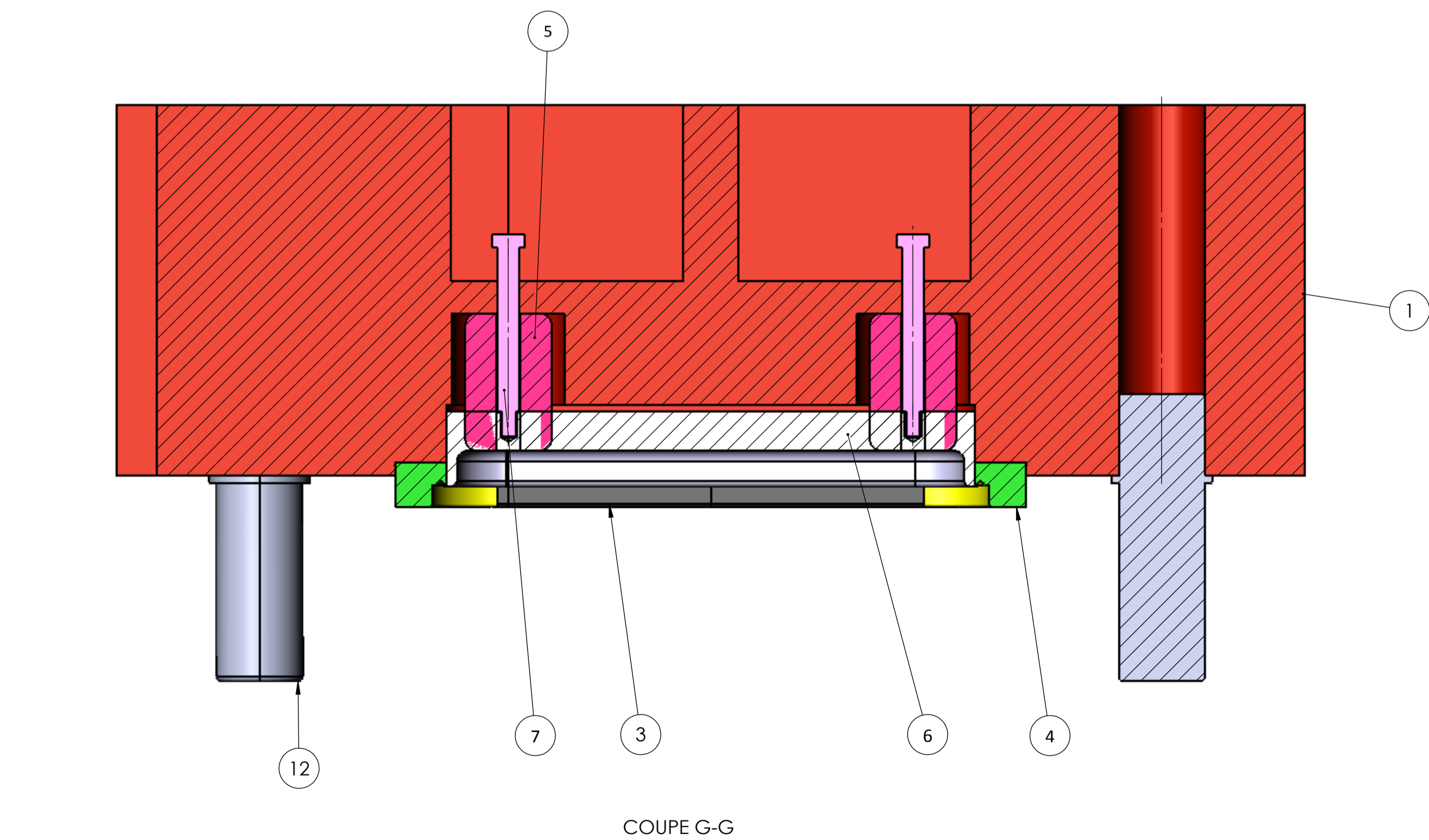




1	17	Plaque de centrage	AF 65 C 45	Ra=3,2/
Nbr	Rep	Designation	Matière	Oservation
Echelle 1:3		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISINIERE ENIEM</b>	Presenter par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali	
			Promo: 2019	
A3		UMMTO-FGC-DGM	25-11-2019	

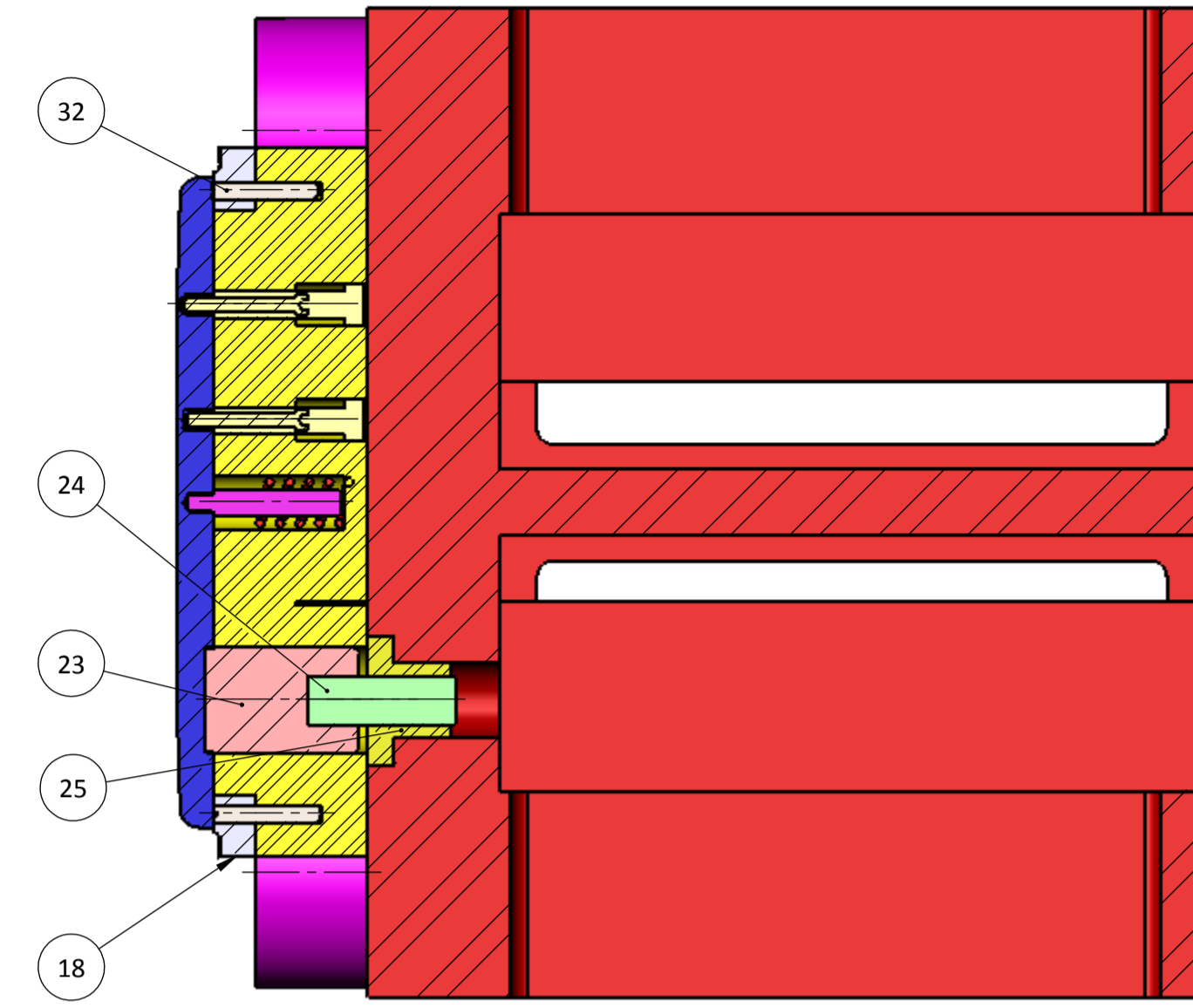
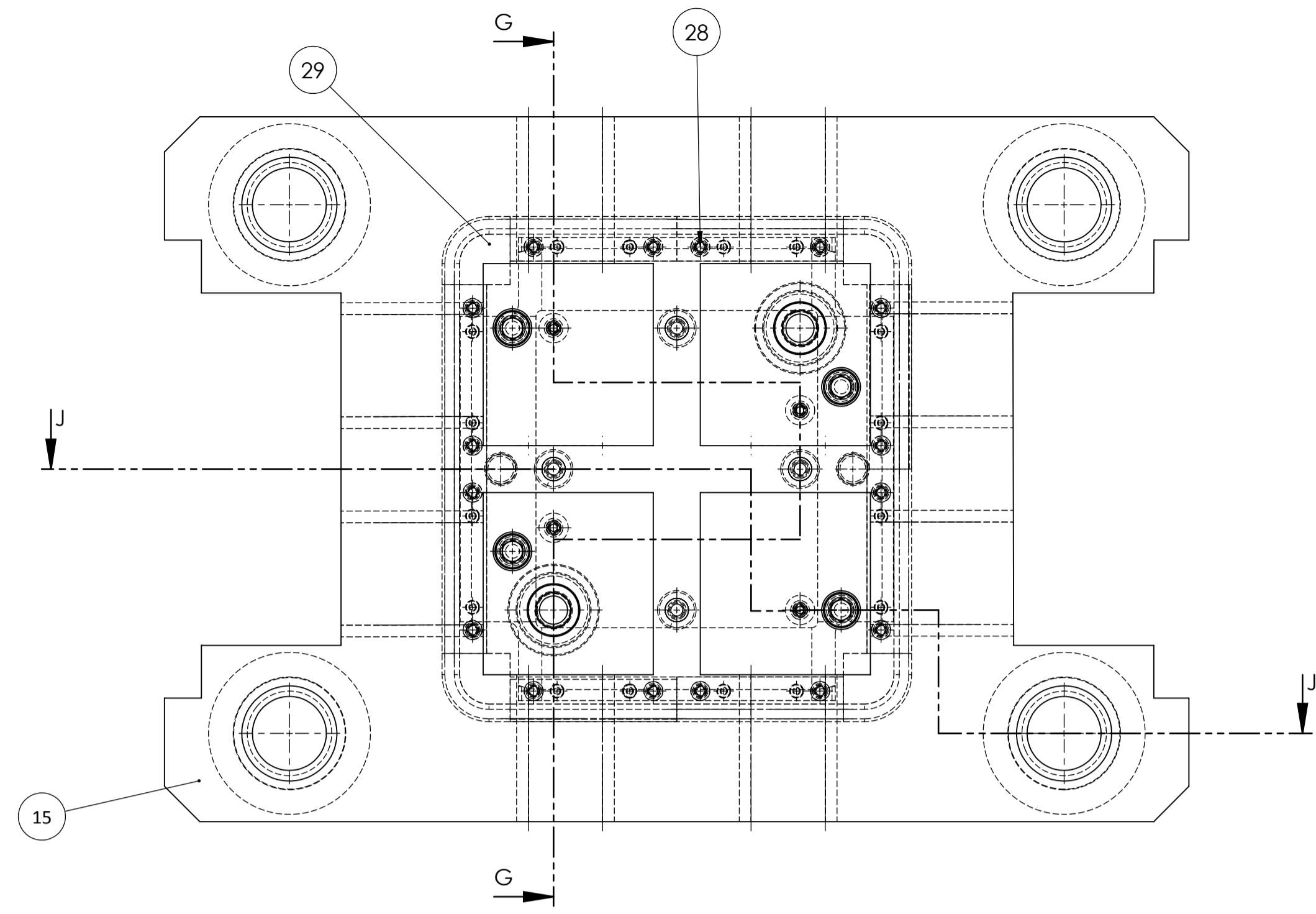


COUPE L-L

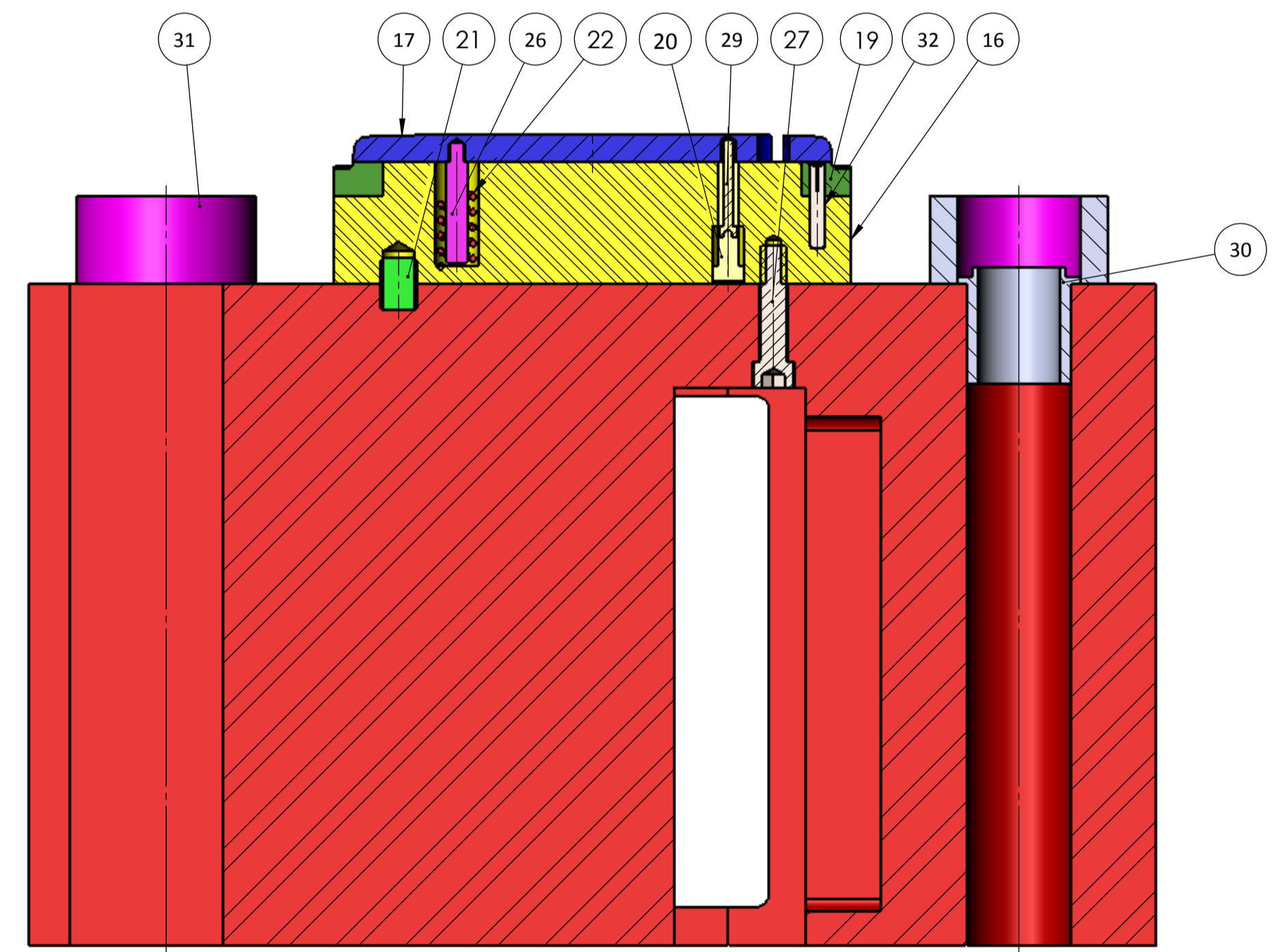


COUPE G-G

Rep	Designation	Matériaux	Nbr
1	semelle supérieur	ET30	1
2	poinçon de bordage 6	Z200 C12	4
3	poinçon de bordage 4	Z200 C12	4
4	poinçon de bordage 5	Z200 C12	4
5	silent bloc	Polythirène	4
6	extracteur Rep 8	AF 65 C45	1
7	vis epaulée	/	4
8	goujon de détachement Rep 20	AF65 C45	4
9	pièce soudée	Z200 C12	4
10	ressort	/	4
11	bouchon	/	4
12	colonne rep2	18NCD5	4
13	ISO 4762 M10 x 60 --- 32N	/	24
14	ISO 8735-10x60-A-St	/	20
Echelle 1:3	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL            POUR LE PLIAGE INTERIEUR DE            LECHEFRITE D'UNE CUISINIERE            ENIEM</b>	presenter par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali	
A1		Promo: 2019	
		25-11-2019	



COUPE G-G

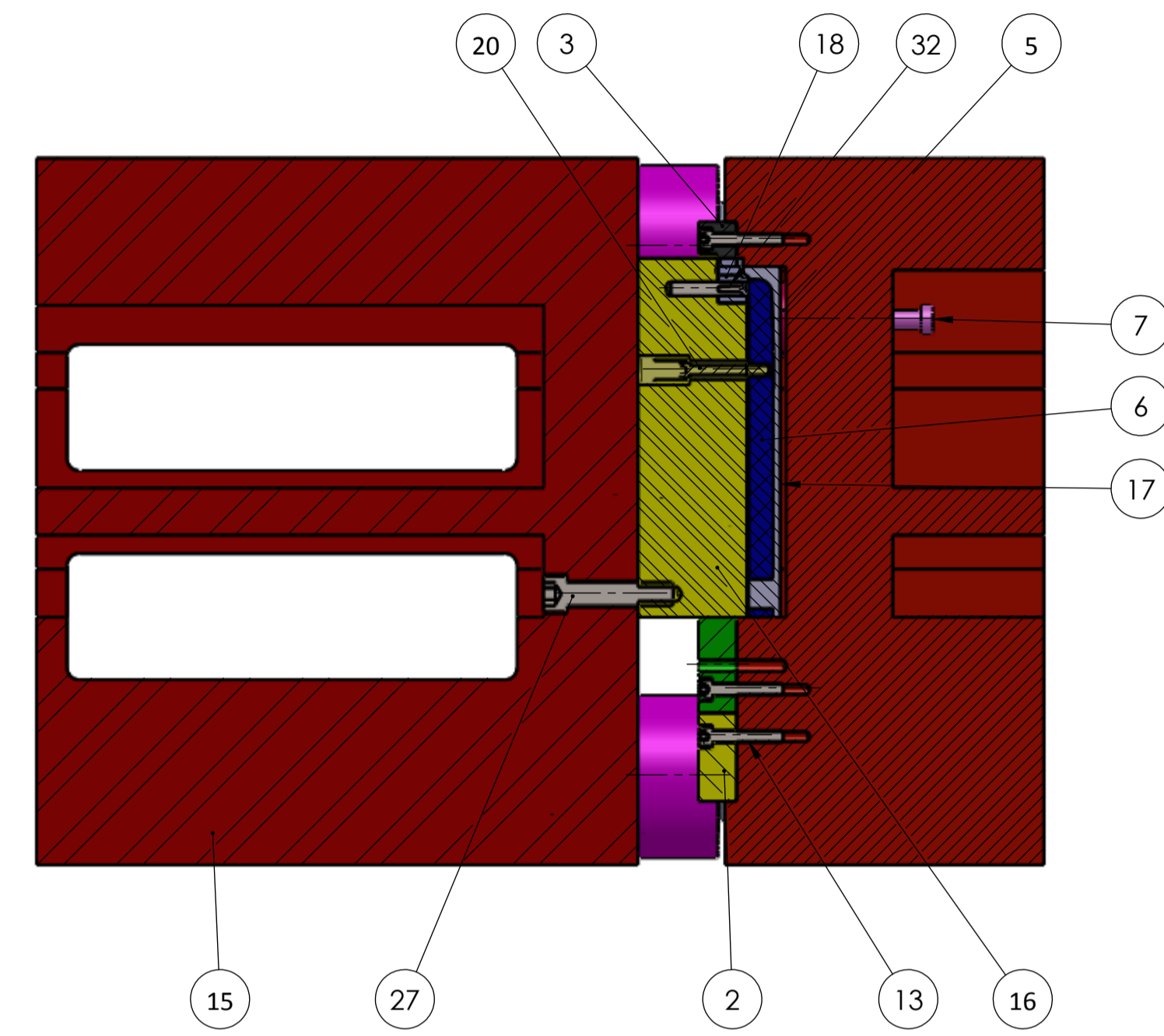
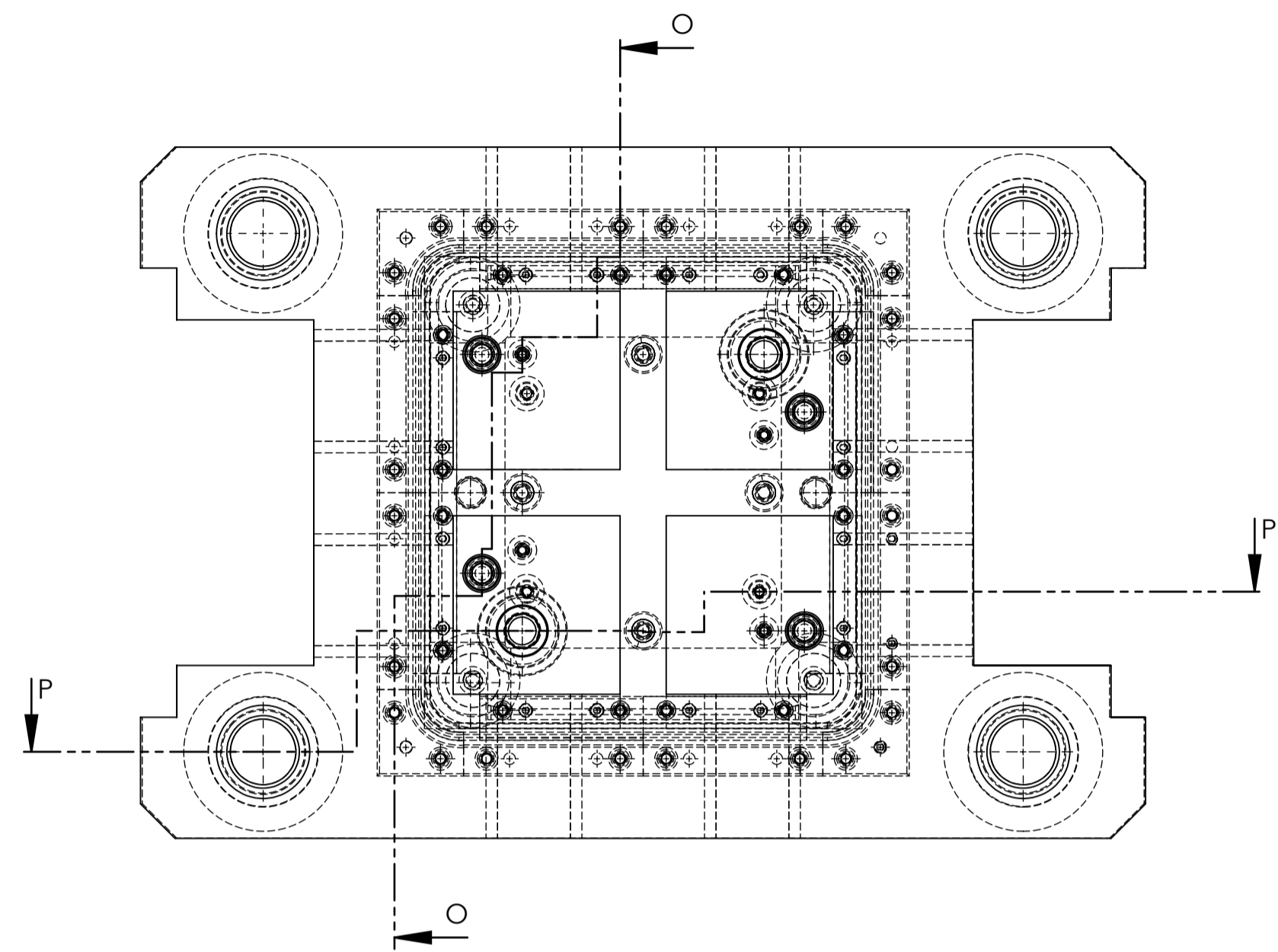


COUPE J-J

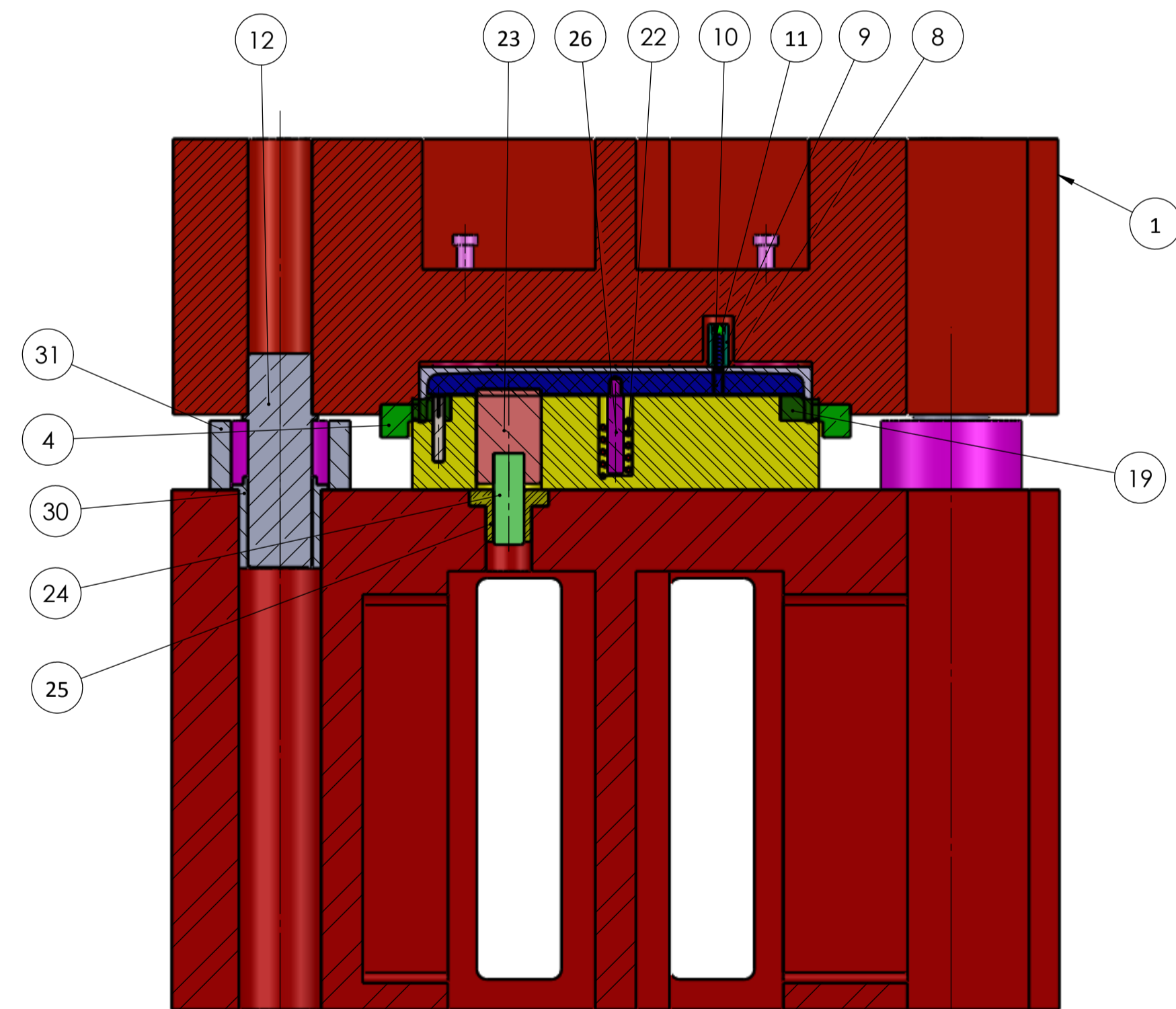
Rpe	Designation	Matière	Nbr
15	semelle inférieur	FT30	1
16	plaque support matrice	E 360	1
17	plaque de centrage	AF65 C45	1
18	matrice de bordage 1	90MV8	4
19	matrice de bordage 2	90MV8	4
20	vis M12	/	4
21	goujon de centrage	90MV8	2
22	ressort ejection	/	4
23	support pour colonne	E360	2
24	colonne	18NCD5	2
25	coquille	Bronze	2
26	pivot pour ressort	E360	4
27	ISO 4762 M20 x 90 --- 52N	/	4
28	ISO 4762 M10 x 25 --- 25N	/	24
29	matrice de bordage3	90MV8	4
30	bague	AF65 C45	4
31	bague d'arrêt de cours	AF65 C45	4
32	ISO 8735-12x65-A-St	/	20

Echelle 1:4	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHEFRITE D'UNE CUISINIERE ENIEM</b>	presenter par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali
		Promo: 2019
A1	<b>UMMTO-FGC-FGM</b>	25-11-2019



COUPE O-O



COUPE P-P

Rpe	Désignation	Matière	Nbr
15	semelle inférieur	FT30	1
16	plaque support matrice	E 360	1
17	plaque de centrage	AF65 C45	1
18	matrice de bordage 1	90MV8	4
19	matrice de bordage 2	90MV8	4
20	vis M12	/	4
22	ressort ejection	/	4
23	support pour colonne	E360	2
24	colonne	18NCD5	2
25	coquille	Bronze	2
26	pivot pour ressort	E360	4
27	ISO 4762 M20 x 90 --- 52N	/	4
30	bague	AF65 C45	4
31	bague d'arrêt de course	AF65 C45	4
32	ISO 8735-12x65-A-St	/	20
1	semelle supérieur	ET30	1
3	poinçon de bordage4	Z200 C12	4
4	poinçon de bordage 5	Z200 C12	4
2	poinçon de bordage 6	Z200 C12	4
5	silent bloc	Polythirene	4
6	extracteur Rep 8	AF 65 C45	1
7	vis epaulée	/	4
8	goujon de détachement Rep 20	AF65 C45	4
9	pièce soudée	Z200 C12	4
10	ressort	/	4
11	bouchon	/	4
12	colonne rep2	18NCD5	4
13	ISO 4762 M10 x 60 --- 32N	/	24
Echelle 1:1	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE PLIAGE INTERIEUR DES REBORDS DE LA LECHFRIE D'UNE CUISINIERE ENIEM</b>	présenter par: ARAB Hayat MOUZARINE Thilali	
		Promo: 2019	
A1		UMMTO-FGC-FGM	25-11-2019