

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

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



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME MASTER EN GENIE MECANIQUE
OPTION : CONSTRUCTION MECANIQUE

THÈME

*ÉTUDE ET CONCEPTION DE DEUX OUTILS DE
DECOUPAGE-POINÇONNAGE ET DE PLIAGE POUR CLAPET
AIR BRULEUR*

Proposé par :

ENIEM

Dirigé par :

Mr. HAMOUR

Présenté par :

Mr. HADDADOU Mahdi
Mr. AICHOUN Mohammed

Promotion 2013/2014

Remerciements

Au terme de ce travail,

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

Ce travail que nous avons fait sous le suivi de Mr. MANKOUR.S que nous remercions beaucoup pour son aide et son orientation tout au long de notre travail à l'entreprise ainsi que tous le personnel de l'E.N.I.E.M pour l'importance qu'il accorde aux stagiaires.

Nous remercions notre promoteur Mr. HAMOUR.M qui nous a aidé et soutenu tout le long de notre travail.

Nos remerciements vont également à tous les membres du jury qui ont bien voulu accepter de juger ce travail.

Nous tenons à remercier tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, sans oublier les étudiants du département de Génie mécanique de l'UMMTO.

Enfin, nos remerciements vont à tous ceux qui, de près et de loin ont aidé à l'élaboration de ce mémoire et en particulier nos parents, nos familles et tous (tes) nos amis(es).

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail aux êtres qui me sont les
plus chers au monde; mes parents à qui je
dois mon existence et mes succès
Que Dieu le tout puissant les protège.
A mes très chers frères que j'aime
à ma sœur
et à tous mes amis (es) et tous les gens qui
m'aiment.

Mahdi

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à la mémoire de mon père et de
mon grand-père,
A ma très chère mère, mon frère et mes sœurs
pour leur amour et leur soutien inconditionnels.
A toute ma famille, mes cousins et cousines et sans oublier mes
amis (es) qui ont su être toujours à mes côtés.

Mohammed

SOMMAIRE

Introduction générale	1
------------------------------------	---

Chapitre : Présentation de l'entreprise.

1. Présentation de l'entreprise.....	3
2. Objet social et champ d'activité	4
3. Principales missions et activités de l'entreprise	4
3.1 Direction générale.....	4
3.2 Unité froid.....	4
3.3 Unité cuisson.....	4
3.4 Unité climatiseur.....	5
3.5 Unité sanitaire	5
3.6 Filiale Filamp.....	5
4. Politique de l'entreprise	8
4.1. Politique qualité	8
4.1.1. Engagement de la direction.....	8
4.1.2. Ses objectifs	8
4.2. Politique environnementale	8

Chapitre I : Classification des différentes presses utilisées et de leurs équipements

I.1 Introduction	9
I.2 Différentes presses mécaniques	9
I.2.1 Selon le mode de transmission d'énergie	9
I.2.1.1 Les presses mécaniques.....	9
I.2.1.2 Les presses hydrauliques	10
I.2.2 Selon la forme du bâti.....	11
I.2.2.1 Presses à col de cygne	11
I.2.2.2 Presses à arcade	11
I.2.2.3 Presses à montants droits.....	12
I.2.2.4 Presses à colonnes	12

I.2.2.5 Presses à table mobile et bigorne	13
I.2.3 Selon le nombre de coulisseau	13
I.2.3.1 Presse à simple effet	13
I.2.3.2 Presse à double effets	13
I.2.3.3 Presse à triple effets	14
I.3 Différents constituants d'une presse	14
I.3.1 Poinçon	15
I.3.2 Matrice.....	15
I.3.3 Dépouille	15
- Poinçon.....	15
- Matrice.....	15
I.3.4 Affutage.....	16
I.4 Types d'outils de presse	16
I.4.1 Outils à découper.....	16
I.4.1.1 Outil découvert	16
- Outil découvert simple	16
- Outil découvert à butées	17
I.4.1.2 Outil à contre-plaque	17
- A engrenage.....	18
- A couteau.....	18
I.4.1.3 Outil à presse-bande	19
I.4.1.4 Outil suisse	19
I.4.1.5 Outils de reprise.....	20
I.4.1.6 Outils de détournage.....	21
- Détournage normal	21
- Détournage à ras	21
- Détournage-poinçonnage.....	22
I.4.1.7 Outils à came	22
I.4.2 Outils d'emboutissage	22
I.4.2.1 Outil sans serre-flan.....	23
I.4.2.2 Outil à serre-flan.....	23
- Outil monté sur presse à simple effet	23
- Outil monté sur presse à double effets	24
I.4.3 Outil de cambrage.....	24
I.4.3.1 Outil de cambrage en V.....	24

I.4.3.2 Outil de cambrage en U	25
I.4.3.3 Outil de cambrage en équerre.....	25
I.5 Montage des outils sur les presses	25
I.5.1 Petite presse	25
- Partie inférieure de l’outil.....	25
- Partie supérieure de l’outil.....	26
I.5.2 Grosse presse	27
I.6 Fonctionnement des presses	27
I.6.1 Fonctionnement des presses mécaniques	27
I.6.1.1 Principe	27
I.6.1.2 Mécanismes de commande.....	27
- Système bielle-manivelle.....	27
- Système excentrique.....	28
- Système à genouillère.....	28
- Système à came	29
I.6.1.3 Embrayage	29
- Embrayage à clavette tournante.....	30
- Embrayage à friction à commande électropneumatique	30
I.6.2 Fonctionnement des presses hydrauliques.....	31
I.6.2.1 Principe.....	31
I.6.2.2 Mécanismes de commande.....	31
I.7 Caractéristiques d’une presse	31
I.8 Conclusion.....	32

Chapitre II : Procédés de mise en forme des pièces mécaniques

II.1 Introduction	33
II.2 Principe	33
II.2.1 Différents types de découpage	33
a- Cisailage.....	33
b- Encochage.....	34
c- Crevage.....	34
d- Ajourage	34
e- Détourage.....	35
f- Soyage	35

II.3 Le poinçonnage	35
II.3.1 Phases de poinçonnage.....	36
II.3.2 Paramètres influents en découpage	37
II.3.2.1 Le jeu de découpage	37
II. 3.2.2 Paramètres liés au réglage de l’outil et de la presse.....	37
a- Serre-flan	37
b- Pénétration du poinçon en matrice	38
c- Vitesse de découpage.....	39
II. 3.2.3 Paramètres liés à l’usure de l’outil.....	39
a- Lubrification	39
b- Matériaux à outil.....	40
II.3.3 Efforts et contraintes sur l’outil.....	40
II.3.3.1 Calculs d’efforts	40
II.3.3.2 Effort de découpage pour les poinçons	40
II.3.3.3 Effort de dévêtissage	41
II.3.3.4 Contraintes sur les outils	42
II.4 Le pliage	43
II.4.1 Les différents modes de pliage	43
II.4.1.1 Le pliage en V	43
a- Pliage en l’air.....	44
b- Pliage en frappe	44
II.4.1.2 Le pliage en U	44
II.4.1.3 Le pliage en L.....	44
II.4.2 Rayon de pliage	45
- Position de la fibre neutre.....	46
II.4.3 Le retour élastique	46
II.4.4 Développement des pièces pliées	47
II.4.5 Paramètres influents sur l’opération de pliage.....	48
II.4.5.1 Le rayon de la matrice de pliage	48
II.4.5.2 Le jeu de pliage	48
II.4.6 Effort de pliage.....	48
II. 5 Conclusion.....	49

Chapitre III : Usinage par étincelage

III.1 Introduction.....	50
III.2 Principe de base	50
III.3 L'usinage par étincelage	51
III.4 Le processus physique	51
III.5 Les différents procédés d'usinage.....	52
III.5.1 L'électroérosion par fil	52
III.5.2 L'électroérosion par enfonçage	53
III.6 Etat de surface et vitesse d'usinage	53
III.7 Distance d'étincelage ou Gap	54
III.8 Régime d'usinage	55
III.9 Paramètre de réglage de base du générateur et influences.....	55
- Polarité de l'électrode.....	55
- Temps d'impulsion et intensité du courant	55
III.10 Le diélectrique	56
III.11 Conclusion	56

Chapitre IV : Etude et conception des outils

IV.1 Introduction	57
IV.2 Cahier des charges	57
IV.2.1 : Emplacement de la pièce	58
IV.2.2 : Travail demandé	58
IV.3 Calcul de flan théorique	59
IV.4 Calcul des efforts	60
IV.4.1 Calcul d'efforts de poinçonnage et découpage	60
- Calcul des périmètres de coupe « P »	60
- Calcul de l'effort de chaque poinçon	63
a) Le poinçon de forme	63
b) Le poinçon de perçage	63
c) Le poinçon de pas	63
IV.4.2 Calcul de l'effort total de découpage-poinçonnage	63
IV.4.3 Calcul de la force de pression de du dévétisseur	64
IV.4.4 Calcul de l'effort total qui doit fournir la presse	64
IV.4.5 Le choix de la presse à utiliser.....	65

IV.4.6 Choix du nombre de ressorts	65
• Calcul de la raideur des ressorts	66
IV.4.7 Calcul du barycentre de l'outil de coupe	68
IV.4.8 Calcul des poinçons au flambement	71
IV.4.9 Calcul des poinçons à la compression	73
IV.5 Conclusion	74
IV.6 Programmation de l'usinage de la matrice	75
IV.7 Détail des outils	78
Conclusion générale	81

LISTE DES FIGURES

Fig. 1: Organigramme de l'entreprise ENIEM	6
Fig. 2: Organigramme de l'unité froid	7
Fig. I.1 : Presse mécanique	10
Fig. I.2 : Presse hydraulique	10
Fig. I.3 : Presse à col de cygne.	11
Fig. I.4 : Presse à arcade.....	11
Fig. I.5 : Presse à montant droit.....	12
Fig. I.6 : Presse à colonne.	12
Fig. I.7 : Presse à table mobile et bigorne.	13
Fig. I.8 : Presse à double effets.	14
Fig. I.9: Principe de fonctionnement de presse à triple effets.....	14
Fig. I.10 : Illustration poinçon et matrice	15
Fig. I.11: Angle de dépouille de la matrice	16
Fig. I.12: Affutage de la matrice	16
Fig. I.13 : Outil découvert simple	17
Fig. I.14: Outil découvert à butées	17
Fig. I.15: Outil à contre-plaque	17
Fig. I.16: Outil à contre-plaque muni d'un avancement du flan par engrenage	18
Fig. I.17: Outil à contre-plaque muni d'un avancement du flan par couteau	19
Fig. I.18: outil à presse-bande.	19
Fig. I.19: Outil suisse	20
Fig. I.20: Guidage par cadre	20
Fig. I.21: Guidage par des plaquettes de positionnement.....	20
Fig. I.22: Guidage par goupilles de positionnement.....	21
Fig. I.23: Outils de détournage normal	21
Fig. I.24: Outils de détournage à ras	21
Fig. I.25: Outils de détournage-poinçonnage	22
Fig. I.26: outils à came.....	22
Fig. I.27: Outils d'emboutissage sans serre-flan	23
Fig. I.28: Outil à serre-flan monté sur presse à simple effet	23
Fig. I.29: Outil à serre-flan monté sur presse à double effets	24
Fig. I.30: Outil de cambrage en V	24
Fig. I.31: Outil de cambrage en U	25
Fig. I.32: Outil de cambrage en équerre	25
Fig. I.33: Plateau de presse	26
Fig. I.34: Système de fixation des semelles sur le plateau.	26
Fig. I.35: Système de fixation de la partie supérieure de l'outil	26
Fig. I.36: Système de fixation pour les grosses presses	27
Fig. I.37 : Système bielle-manivelle	28

Fig. I.38 : Système excentrique	28
Fig. I.39 : Système à genouillère	29
Fig. I.40 : Système à came	29
Fig. I.41 : Embrayage à clavette tournante	30
Fig. I.42 : Fonctionnement de l’embrayage à clavette tournante	30
Fig. I.43 : Embrayage à friction à commande électropneumatique.....	31
Fig. II.1 : Pièce découpée.....	33
Fig. II.2 : Cisailage	34
Fig. II.3 : Encochage	34
Fig. II.4 : Crevage	34
Fig. II.5 : Ajourage.....	35
Fig. II.6 : Détourage.....	35
Fig. II.7 : Soyage	35
Fig. II.8 : Pièce poinçonnée	36
Fig. II.9 : Phases dans l’opération de poinçonnage	36
Fig. II.10 : Jeu de découpage	37
Fig. II.11 : Schéma d’un outil de découpage avec un serre-flan	37
Fig. II.12 : Effet du serre-flan sur la flexion de la tôle.....	38
Fig. II.13 : Mécanisme d’usure accélérée du poinçon liée à un mauvais appui du serre-flan	38
Fig. II.14 : Définition de la pénétration en matrice	39
Fig. II.15 : Conséquences du désaxage de l’effort résultant de l’outil par rapport à l’axe de la presse	40
Fig. II.16 : Découpage avec un poinçon plat.....	41
Fig. II.17 : Contraintes à l’origine de l’effort de dévêtissage.....	42
Fig. II.18 : Contrainte de compression sur le poinçon	42
Fig. II.19 : Exemple de flambement d’un poinçon de découpage	43
Fig. II.20 : Principe du pliage	43
Fig. II.21 : Pliage en V	44
Fig. II.22 : Pliage en U	44
Fig. II.23 : Pliage en L.....	45
Fig. II.24 : Angle de pliage	45
Fig. II.25 : Rayon de pliage	45
Fig. II.26 : Formation des criques	46
Fig. II.27 : Position de la fibre neutre	46
Fig. II.28 : Retour élastique.....	47
Fig. II.29 : Développement des pièces pliées.....	47
Fig. II.30 : Jeu de pliage et rayon de la matrice.....	48
Fig. III.1 : Principe de base de l’électroérosion	50
Fig. III.2 : Usinage par fil.....	53
Fig. III.3 : Usinage par enfonçage	53
Fig. III.4 : Etat de surface obtenue par électroérosion	54
Fig. III.5 : Distance d’étincelage ou le Gap	54

Fig. IV.1: Clapet air bruleur.....	57
Fig. IV.2 : Dessin de définition de la pièce	57
Fig. IV.3 : Emplacement de clapet air bruleur	58
Fig. IV.4 : Flan théorique	59
Fig. IV.5 : Classification des ressorts par couleur	67
Fig. IV.6 : Schéma de dimensionnement d'un Ressort	67
Fig. IV.7: Position adéquate de l'outil sur la presse (centre d'inertie)	69

Introduction générale

Améliorer la fonctionnalité, le coût, le service, les méthodes de fabrication, faciliter les déclinaisons de gamme et l'usage, donner une identité au produit, sont des exemples d'interventions du design sur la compétitivité et la qualité d'un produit.

Les mêmes préoccupations sont au cœur du processus de création de nouveaux produits. La diversification croissante de l'offre et de la demande, exigent une perception de plus en plus fine des marchés et des utilisateurs.

Malgré les outils informatiques qui accélèrent et facilitent l'innovation, la conception de produits est devenue un processus complexe et stratégique qui englobe les aspects fonctionnels, techniques, esthétiques, économiques, sensibles du produit et prend en compte la culture de l'entreprise, mais aussi les contraintes et les normes liées à la sécurité et à l'environnement, c'est le cas par exemple de l'entreprise nationale des industries de l'électroménager ENIEM qui a connu une énorme évolution ces dernières années. Cette entreprise adopte de nouvelles techniques de fabrication et de conception dans le but d'améliorer son produit par le rapport qualité-prix et d'être dans les normes et les règles de sécurité pour satisfaire les exigences du client.

L'unité de prestation technique de cette entreprise nous a confié de faire une étude et conception de deux outils pour la réalisation de Clapet air bruleur. La géométrie de cette pièce nous a mené à utiliser les procédés suivants : le poinçonnage, le découpage et le pliage afin d'arriver à l'obtention de la pièce finie.

L'étude de ces outils est faite de manière à satisfaire certaines exigences notamment une longue durée de vie, bas prix de revient, le montage et le démontage facile.

Pour l'étude de ce projet nous avons reparti le travail comme suit.

Après une introduction générale et la présentation de l'entreprise nationale des industries électroménagères, le premier chapitre de ce manuscrit abordera la classification des différentes presses et de leurs différents équipements utilisés dans l'industrie pour la production des pièces mécaniques.

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

Le troisième chapitre est consacré à l'usinage par étincelage. Nous nous sommes intéressés dans un premier temps à l'étude de l'état de surface, la vitesse d'usinage et dans un deuxième temps au régime d'usinage.

L'étude et la conception des outils ont fait l'objet du chapitre quatre. Le résultat des différents efforts de poinçonnage et de découpage nous a permis de calculer l'effort total que doit fournir la presse pour la réalisation de notre pièce à partir d'une feuille de tôle mince. Le choix de la presse qui convient dépend de l'effort total calculé. Ce chapitre se termine par une vérification à la résistance des outils aux différentes sollicitations.

Le travail ainsi effectué nous permet de tirer une conclusion générale.

1. Présentation de l'entreprise

L'entreprise nationale des industries électroménagères ENIEM est née après la restriction de l'entreprise mère SONELEC le 02 janvier 1983, dont cette dernière a été datée en août 1971.

En 1989, l'entreprise a connu une baisse brusque de production due à la concurrence du marché. Cette situation a provoquée sa transformation en société par action dans le but d'améliorer la recherche et le développement de ses produits à l'échelle nationale.

Connu aujourd'hui le leader de l'électroménagère en Algérie et ce la dans divers domaines tels que :

- Climatisation, cuisson, réfrigération et conservation à (Oued Aissi).
- Sanitaire (Meliana).
- Filiale lampe (Mohammedia).

Elle est située à la zone industrielle AISSAT IDIR de Oued Aissi à 7 Km du chef lieu de la wilaya Tizi-Ouzou à la proximité de la route nationale, ce qui facilite son accès. Sa direction générale est située à la sortie de sud ouest de la ville de Tizi-Ouzou.

Le champ d'activité de l'entreprise ENIEM consiste en la conception, la fabrication et la commercialisation des produits électroménagers, ainsi que la prise en charge de la fonction service après-vente.

Actuellement, l'entreprise ENIEM est constituée de :

- La direction générale (DG).
- L'unité froid (UF).
- L'unité cuisson (UCuis).
- L'unité climatisation (UCL).
- L'unité prestation technique (UPT).
- L'unité commerciale (UC).
- L'unité sanitaire (US).
- La filiale FILAMP.

L'entreprise ENIEM aujourd'hui a une importante gamme de production, ces produits sont :

- Les réfrigérateurs petit et grand modèle (RPM et RGM).
- Le congélateur vertical.
- Le combiné.
- Cuisinières à 4 et à 5 feux.
- Climatiseurs

Ces produits sont destinés au grand public et la distribution se fait par des agents agréés dont la liste se trouve au niveau de l'unité commerciale (Département vente).

2. Objet social et champ d'activité

ENIEM est leader de l'Electroménager en Algérie, elle possède des capacités de production et une expérience de plus 30 ans dans la fabrication et le développement dans les différentes branches de l'électroménager, notamment :

- Les appareils ménagers domestiques.
- Les appareils des collectivités.
- Les lampes d'éclairage.
- Les produits sanitaires.

Elle assure également la commercialisation et le service après-vente de ses appareils.

3. Principales missions et activités de l'entreprise

3.1 Direction générale

La direction générale est responsable de la stratégie et du développement de l'entreprise. Elle exerce son autorité hiérarchique et fonctionnelle sur l'ensemble des directions et des unités.

3.2 Unité froid

La mission globale de l'unité est de produire et développer les produits froids domestiques. Ses activités sont:

- Transformation des tôles.
- Traitement et revêtement de surface (peinture, plastification).
- Injection plastique et polystyrène.
- Fabrication de pièces métalliques.
- Isolation.
- Thermoformage.
- Assemblage.

3.3 Unité cuisson

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

Ses activités sont :

- Transformation de la tôle.
- Traitement et revêtement de surface (Zingage, Chromage).
- Assemblage.

3.4 Unité climatiseur

La mission globale de l'unité est de développer les produits de climatisation. Ses activités sont:

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

3.5 Unité sanitaire

L'unité sanitaire de Miliana est acquise par l'entreprise ENIEM en l'an 2000. Elle n'entre pas dans le champ de certification de l'entreprise.

La mission globale de l'unité est de produire et développer les produits sanitaires (baignoires, lavabos ...).

3.6 Filiale Filamp

L'Unité Lampes de Mohammedia (ULM) qui a démarré en février 1979 pour fabriquer des lampes d'éclairage domestique ainsi que des lampes de réfrigérateurs est devenue filiale à 100% ENIEM le 01/01/1997. Cette filiale est dénommée «FILAMP».

ORGANIGRAMME GENERAL DE L'ENIEM

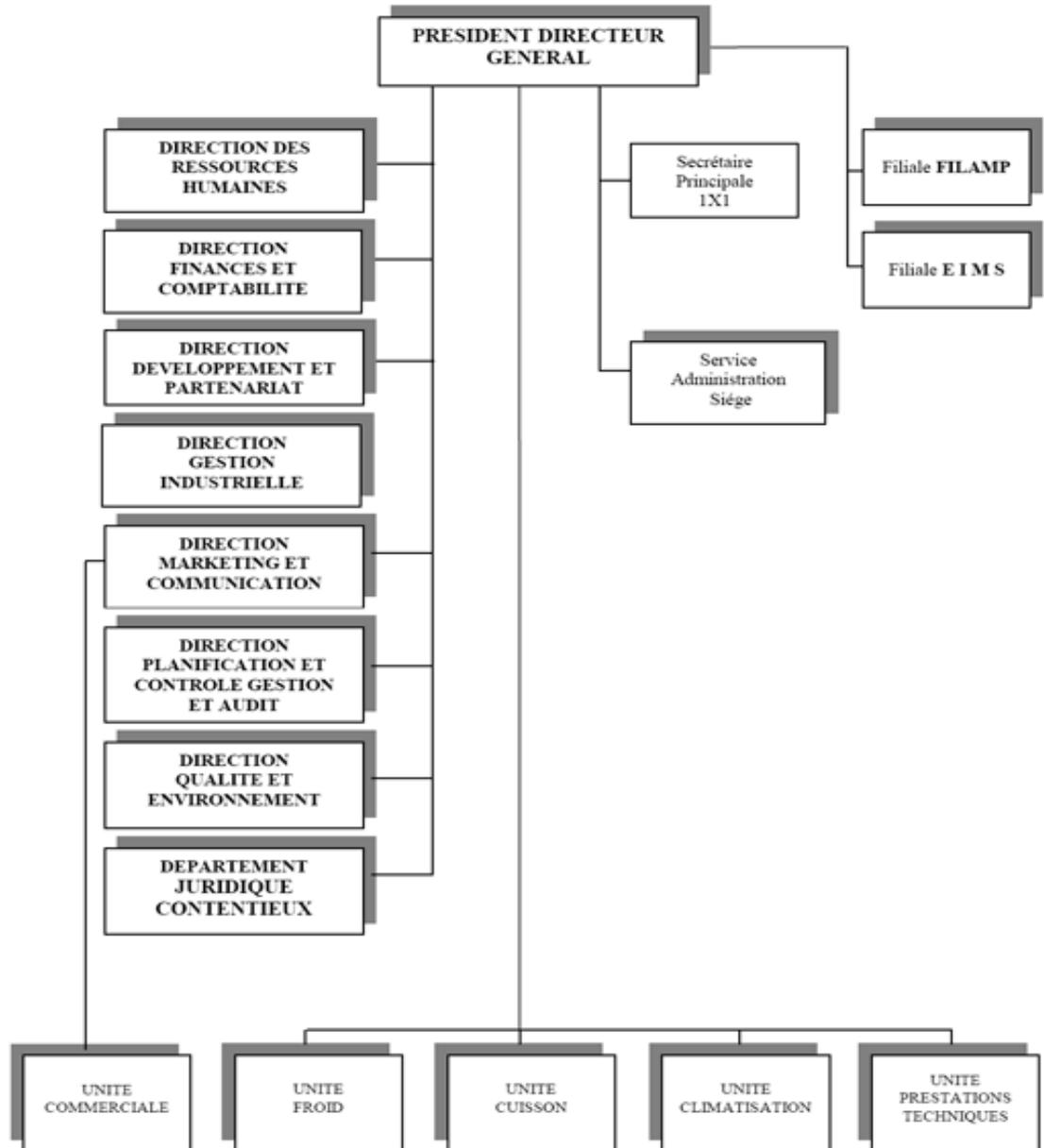


Fig. 1: Organigramme de l'entreprise ENIEM.

Organigramme de l'unité froid :

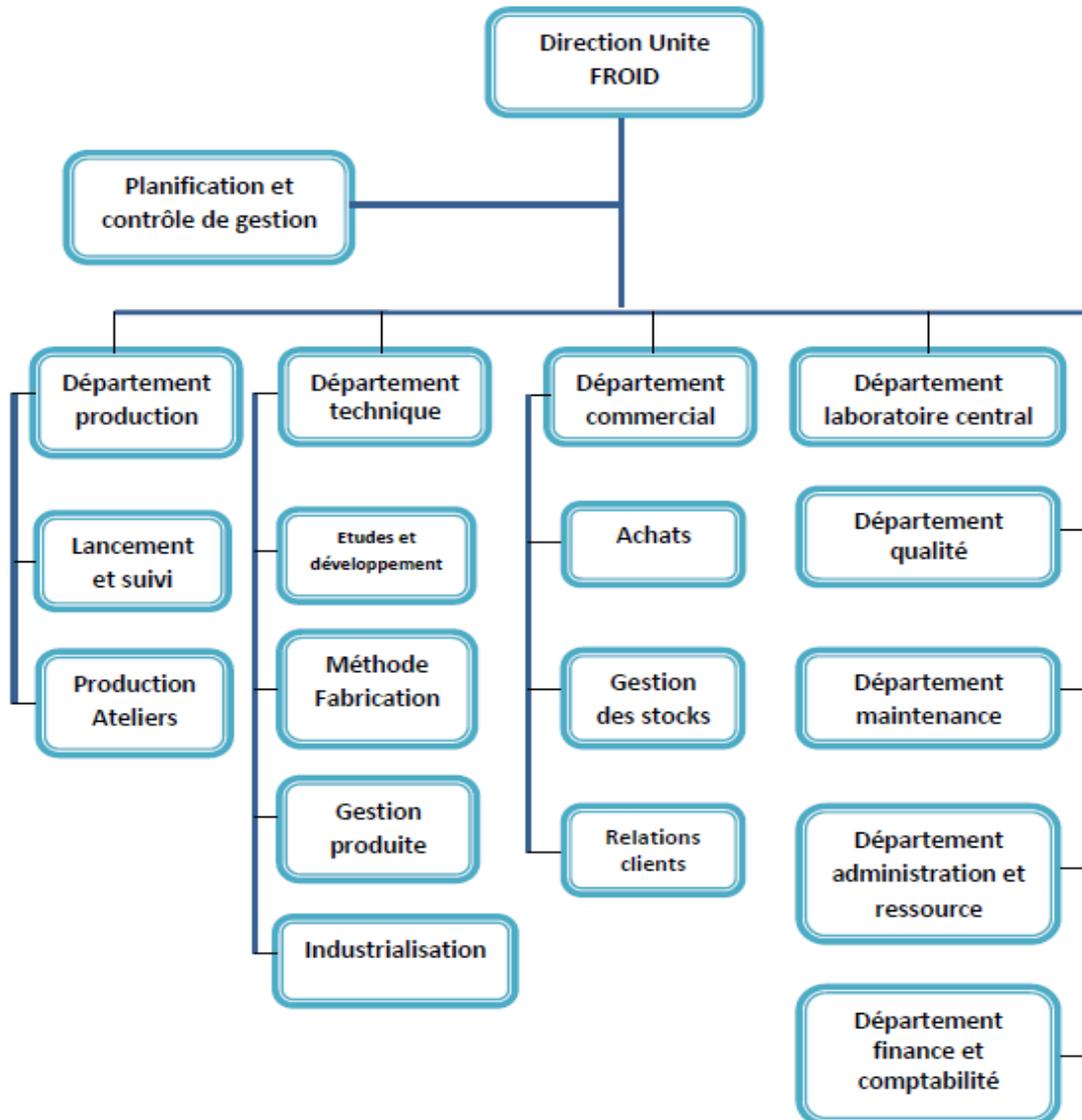


Fig. 2 : Organigramme de l'unité froid.

4. Politique de l'entreprise

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

4.1. 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 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 leur disposition 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.

4.1.1. Engagement de la direction

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

- Se conformer aux exigences légales et réglementaires en vigueur.
- Appliquer et respecter les dispositions et procédures établies.
- Fournir les ressources nécessaires pour atteindre des objectifs.

4.1.2. Ses objectifs

Pour aboutir les 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.

4.2. 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 et 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. La direction générale met à disposition les moyens nécessaires à la réussite de ce projet.

CHAPITRE I

CLASSIFICATION DES DIFFERENTES PRESSES UTILISEES ET DE LEURS EQUIPEMENTS

CLASSIFICATION DES DIFFERENTES PRESSES UTILISEES ET DE LEURS EQUIPEMENTS

I.1 Introduction

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

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

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

I.2 Différentes presses mécaniques [2]

Les presses mécaniques sont classées suivant plusieurs paramètres :

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

I.2.1 Selon le mode de transmission d'énergie

On distingue deux types de presses, les presses mécaniques et les presses hydrauliques.

I.2.1.1 Les presses mécaniques

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

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



Fig. I.1 : Presse mécanique.

1.2.1.2 Les presses hydrauliques

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

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

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



Fig. I.2 : Presse hydraulique.

I.2.2 Selon la forme du bâti

I.2.2.1 Presses à col de cygne

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

La forme de col de cygne d'un bâti permet de dégager latéralement le plateau de la presse. Elles sont utilisées généralement lorsque le travail nécessite le passage latéral de la bande et l'inclinaison vers l'arrière jusqu'à 20° du bâti pour faciliter l'évacuation des pièces par gravité.



Fig. I.3 : Presse à col de cygne.

I.2.2.2 Presses à arcade

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



Fig. I.4 : Presse à arcade.

1.2.2.3 Presses à montants droits

Ce type de presses est presque le même que le type précédent. Le bâti est du type assemblé c'est-à-dire que la table, les montants et le chapiteau sont reliés par quatre forts tirants en acier serrés à chaud. La distance entre le chapiteau et la table et celles entre les montants sont choisies en fonction du travail à exécuter

Ces presses sont très robustes et peuvent atteindre de très grandes dimensions.

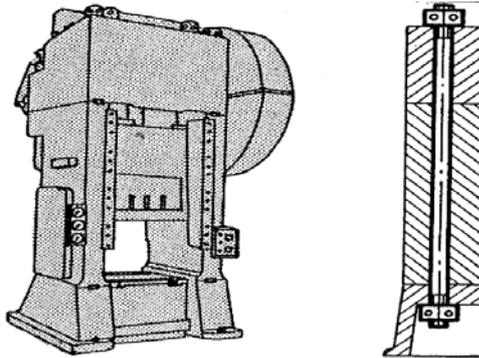


Fig. I.5 : Presse à montant droit.

1.2.2.4 Presses à colonnes

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



Fig. I.6 : Presse à colonne.

1.2.2.5 Presses à table mobile et bigorne

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



Fig. I.7 : Presse à table mobile et bigorne.

1.2.3 Selon le nombre de coulisseau

1.2.3.1 Presse à simple effet

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

1.2.3.2 Presse à double effets

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

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

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

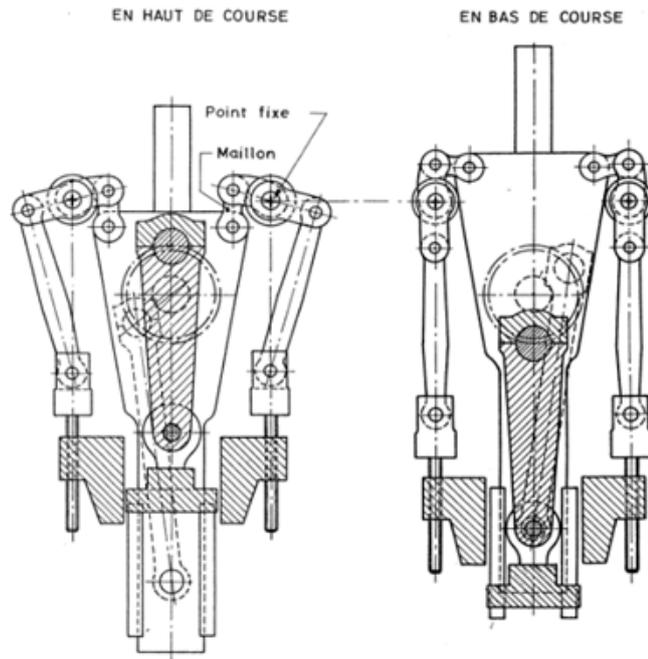


Fig. I.8 : Presse à double effets.

I.2.3.3 Presse à triple effets

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

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

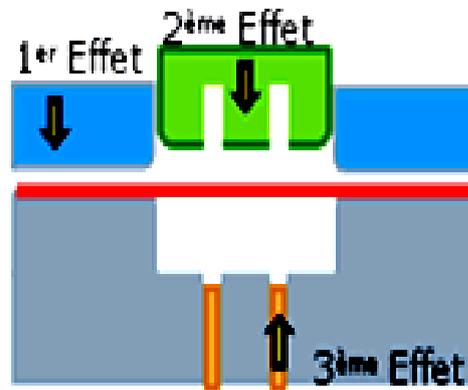


Fig. I.9: Principe de fonctionnement de presse à triple effets.

I.3 Différents constituants d'une 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 du développement d'un projet.

Cet outil de presse est d'une construction mécanique de précision, supposée indéformable et, en général, composée d'une partie mobile supérieure (poinçon) bridée sur le coulisseau et d'une partie inférieure fixe (matrice) bridée sur la table de la presse.

Cet ensemble, parfaitement guidé, permet de travailler la tôle par des opérations successives de découpage, pliage, cambrage, emboutissage..., de façon à obtenir la pièce désirée.

I.3.1 Poinçon

Le poinçon est un outil qui a pour fonction de laisser une empreinte sur un flan, le découper ou même de le percer.

Il est nécessaire de vérifier les poinçons à la compression et au flambement pour déterminer leur longueur.

I.3.2 Matrice

Une matrice est l'empreinte en creux, réalisée dans un bloc de matière, qui représente la pièce à créer. Dans la plupart des cas, la matrice est dépendante du poinçon.

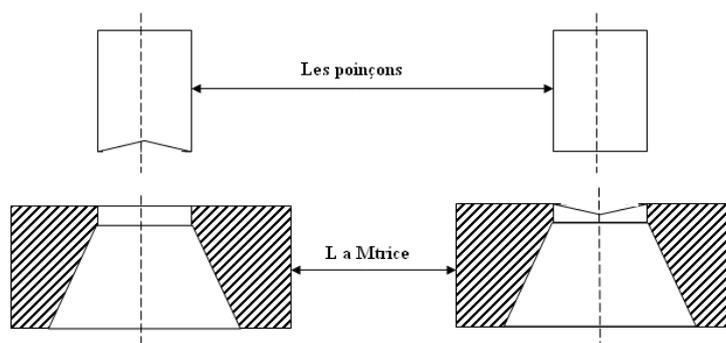


Fig. I.10 : Illustration poinçon et matrice.

I.3.3 Dépouille

- Poinçon

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

- Matrice

Elle présente un dégagement au-dessous de sa partie active pour limiter le nombre de pièces empilées, donc de réduire l'effort de poussée. La partie active a une section constante, dite cylindrique, sur 4 à 5mm permet l'affutage.

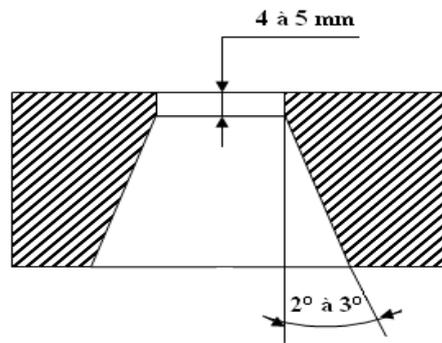


Fig. I.11: Angle de dépouille de la matrice.

I.3.4 Affutage

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

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

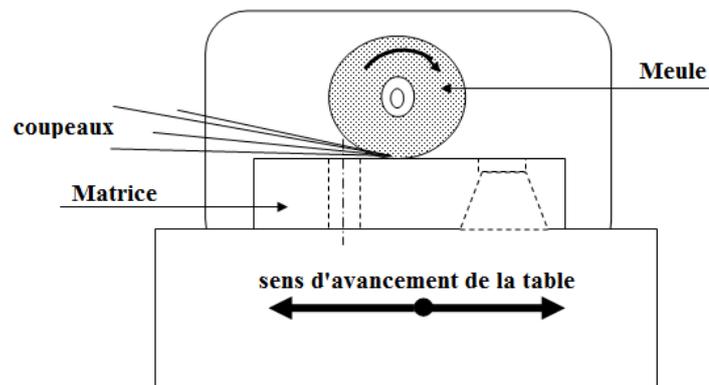


Fig. I.12: Affutage de la matrice.

I.4 Types d'outils de presse [2]

I.4.1 Outils à découper

I.4.1.1 Outil découvert

- Outil découvert simple

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

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

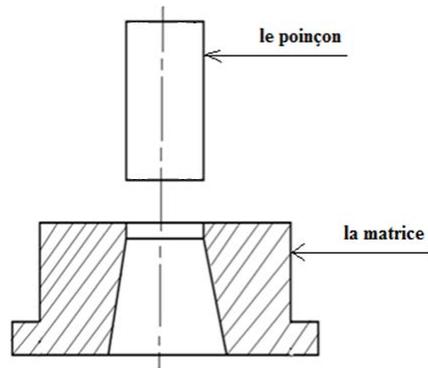


Fig. I.13 : Outil découvert simple.

- Outil découvert à butées

Utilisé pour le découpage de flans circulaires. Deux butées sont placées, une assure le guidage de la bande et l'autre le contrôle de l'avance. Cet outil ne peut se monter que sur une presse en bon état de fonctionnement (pas de jeu dans les glissières du coulisseau).

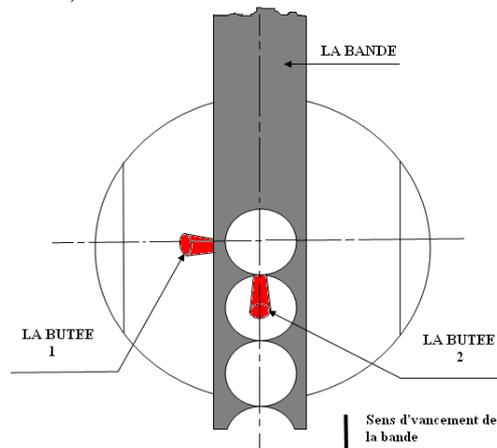


Fig. I.14: Outil découvert à butées.

I.4.1.2 Outil à contre-plaque

Utilisé pour les tôles d'épaisseur inférieure à 2mm. On distingue deux types d'outils à contre-plaque selon l'avance du flan.

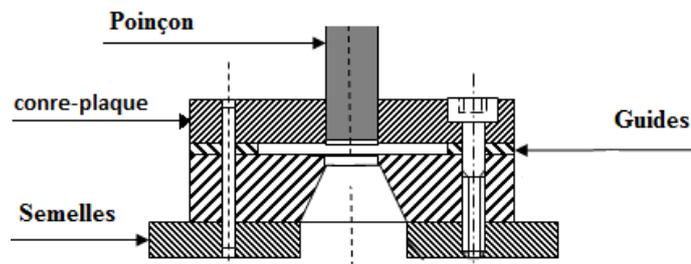


Fig. I.15: Outil à contre-plaque.

- A engrenages

L'avancement du flan se fait par l'intermédiaire d'un engrenage, ce dernier tourne et entraîne avec lui le flan. En dépit de son manque de précision pour contrôler l'avance, on prévoit un buté de départ qui met la bande en position lors du premier coup de presse.

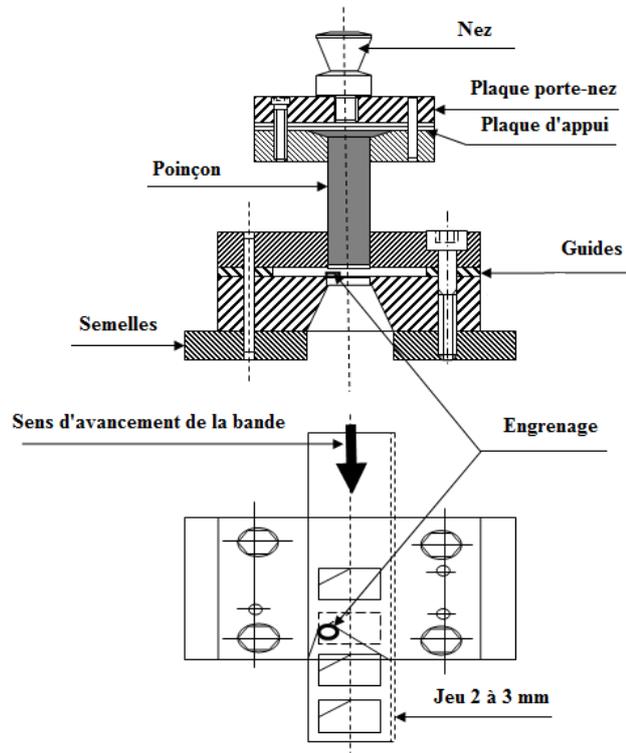


Fig. I.16: Outil à contre-plaque muni d'un avancement du flan par engrenage.

- A couteau

Sa conception est identique à celle de l'outil précédent sauf en ce qui concerne le contrôle de l'avance. L'engrenage est supprimé ; il est remplacé par un poinçon latéral appelé couteau et sa longueur est égale au pas. Entre deux coups successifs de presse, la bande est poussée ou tirée et vient buter contre le guide. Cette butée assure un contrôle de l'avance plus précis qu'avec l'engrenage.

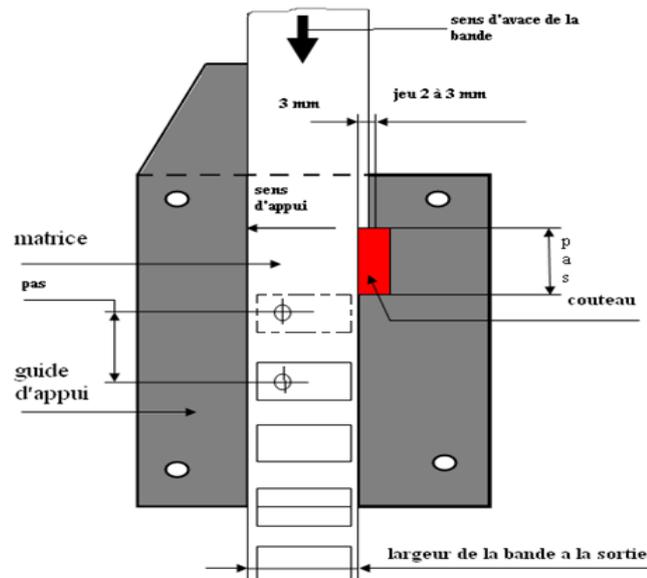


Fig. I.17: Outil à contre-plaque muni d'un avancement du flan par couteau.

1.4.1.3 Outil à presse-bande

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

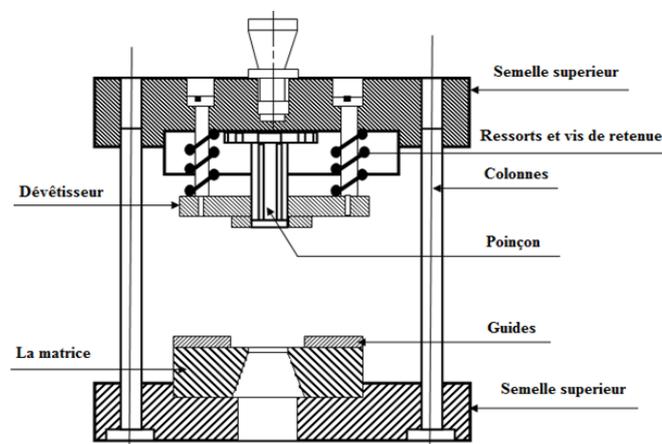


Fig. I.18: outil à presse-bande.

1.4.1.4 Outil suisse

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

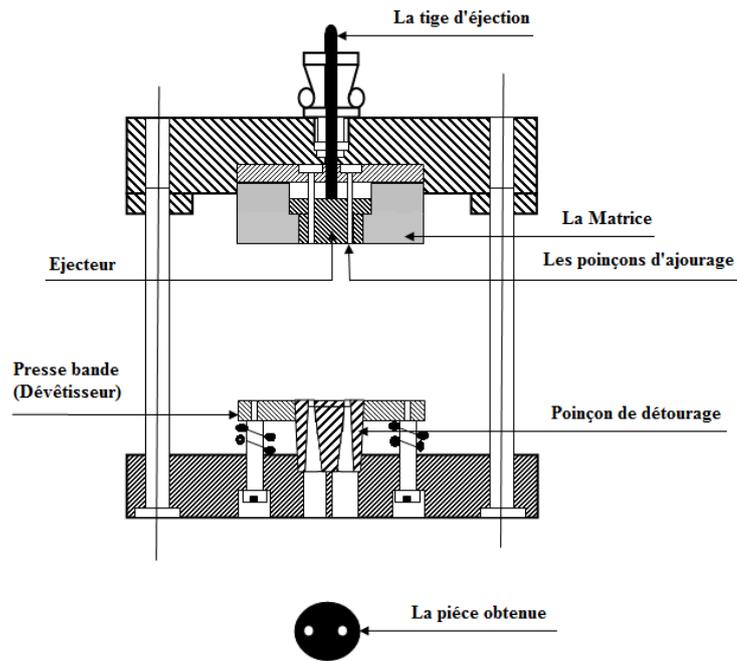


Fig. I.19: Outil suisse.

1.4.1.5 Outils de reprise

Cet outil est utilisé pour poinçonner des flans déjà découpés. Il est monté sur des presses à commande manuelle. Le flan est mis en position dans un drageoir qui est constitué de diverses façons :

- Par un cadre
- Par des plaquettes de positionnement
- Par des goupilles de positionnement
-

Il peut être à contre plaque ou bien à presse bande selon l'épaisseur de la tôle.

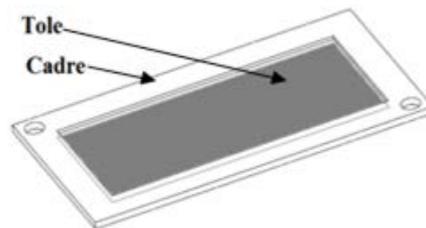


Fig. I.20: Guidage par cadre.

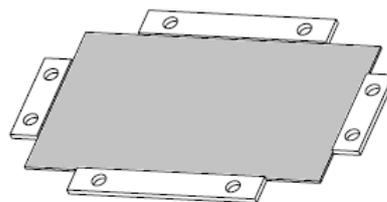


Fig. I.21: Guidage par des plaquettes de positionnement.

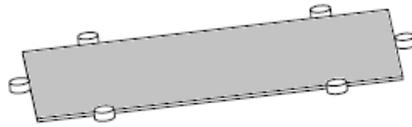


Fig. I.22: Guidage par goupilles de positionnement.

I.4.1.6 Outils de détourage

Après emboutissage, les pièces obtenues présentent des bords (collerette) irréguliers donc il est nécessaire de détourer pour obtenir un bord franc. On distingue trois types d'outil :

- Détourage normal

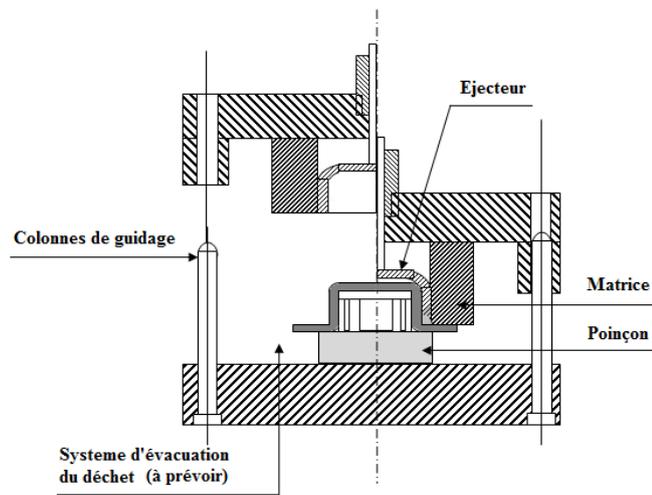


Fig. I.23: Outils de détourage normal.

- Détourage à ras

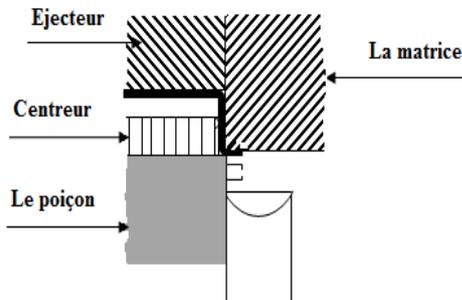


Fig. I.24: Outils de détourage à ras.

- Détourage-poinçonnage

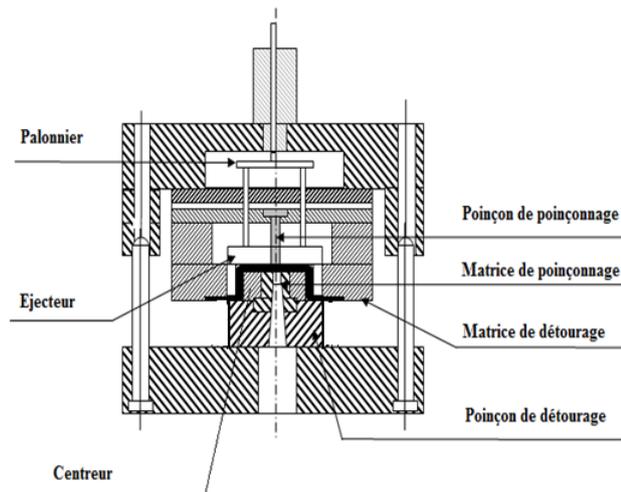


Fig. I.25: Outils de détourage-poinçonnage.

I.4.1.7 Outils à came

Les cames ont pour but de transformer le mouvement vertical du coulisseau en mouvement horizontal, oblique ou verticale en sens contraire. Elles sont utilisées dans les outils poinçonnages ou de cambrage lorsque plusieurs opérations sont simultanées.

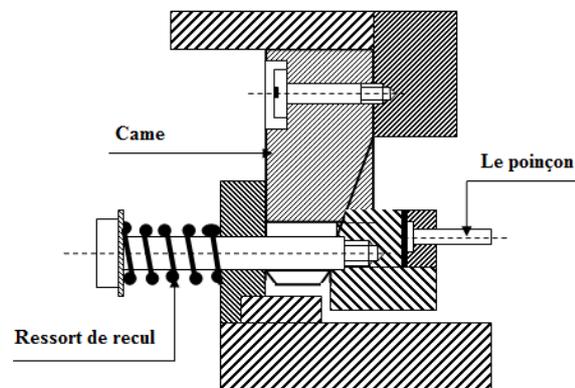


Fig. I.26: outils à came.

I.4.2 Outils d'emboutissage

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

I.4.2.1 Outil sans serre-flan

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

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

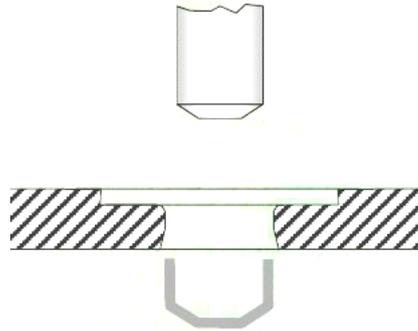


Fig. I.27: Outils d'emboutissage sans serre-flan.

I.4.2.2 Outil à serre-flan

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

- Outil monté sur presse à simple effet

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

En conséquence, l'outil est inversé au précédent ; le poinçon et le serre-flan constituent la partie inférieure de l'outil tant dis que la matrice occupe la partie supérieure. Les pièces embouties remontent avec la matrice et sont chassées par un éjecteur actionné par la presse en haut de course.

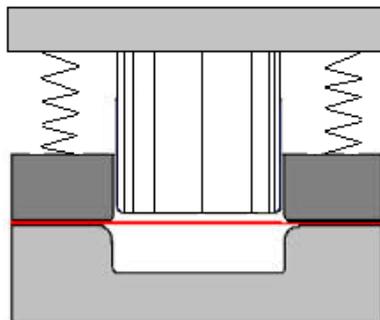


Fig. I.28: Outil à serre-flan monté sur presse à simple effet.

- Outil monté sur presse à double effets

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

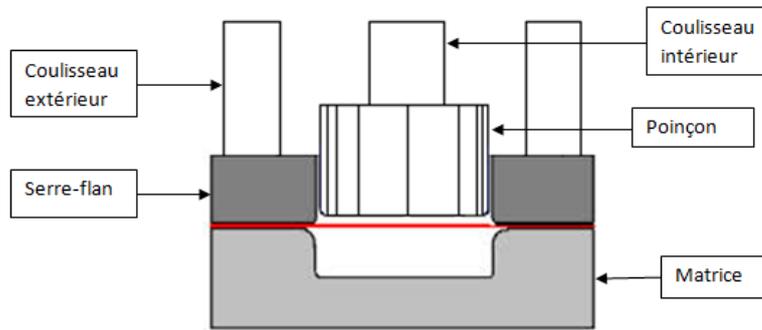


Fig. I.29: Outil à serre-flan monté sur presse à double effets.

I.4.3 Outil de cambrage

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

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

I.4.3.1 Outil de cambrage en V

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

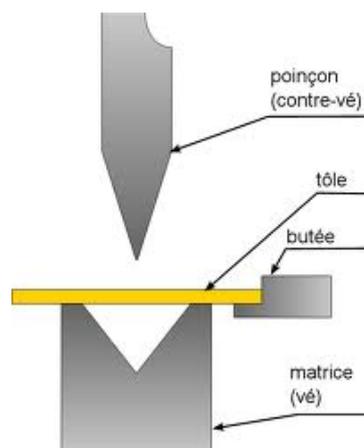


Fig. I.30: Outil de cambrage en V.

I.4.3.2 Outil de cambrage en U

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

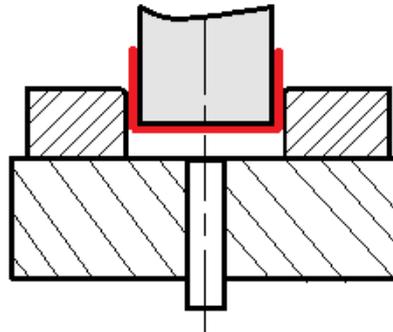


Fig. I.31: Outil de cambrage en U.

I.4.3.3 Outil de cambrage en équerre

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

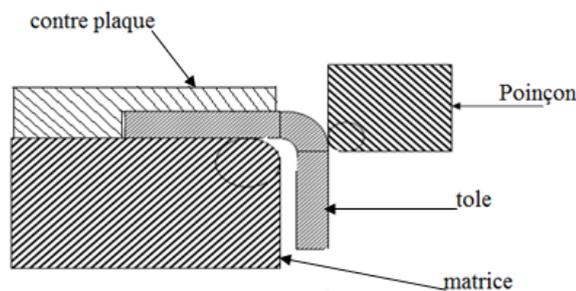


Fig. I.32: Outil de cambrage en équerre.

I.5 Montage des outils sur les presses

I.5.1 Petite presse

- Partie inférieure de l'outil :

Le plateau des presses présente des trous taraudés, leurs positions varient selon les constructeurs de presses, et des cales de pressions.

Les semelles sont fixées sur le plateau par vis ou par bridage.

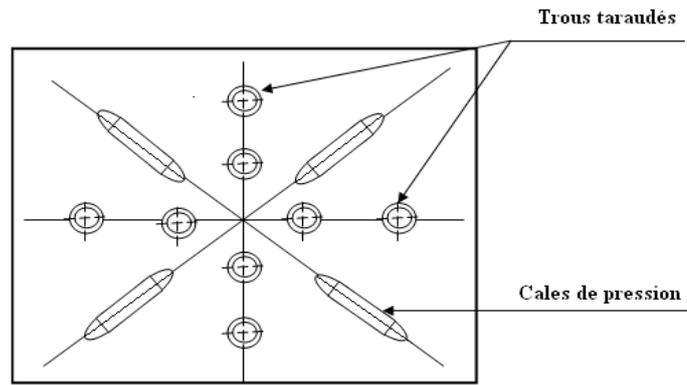


Fig. I.33: Plateau de presse.

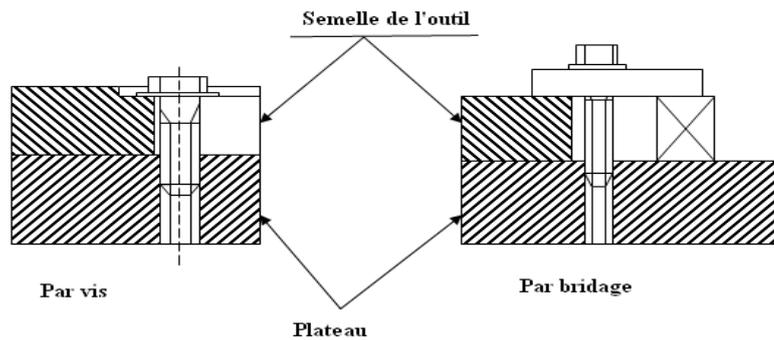


Fig. I.34: Système de fixation des semelles sur le plateau.

- Partie supérieure de l'outil :

L'outil porte un nez qui est monté dans le trou lisse du coulisseau, il est serré par le chapeau puis bloqué par la vis de pression. (La vis de pression agit sur la partie tronconique du nez).

Les trous des oreilles du coulisseau permettent la fixation des outils longs.

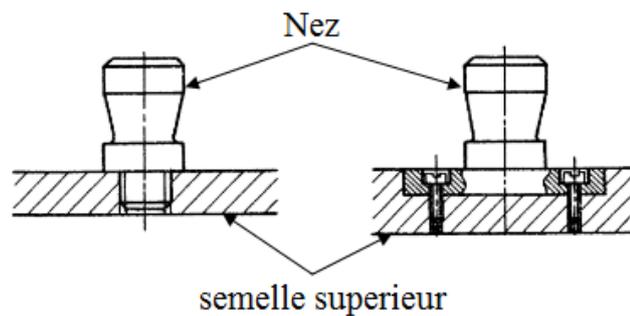


Fig. I.35: Système de fixation de la partie supérieure de l'outil.

I.5.2 Grosse presse

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

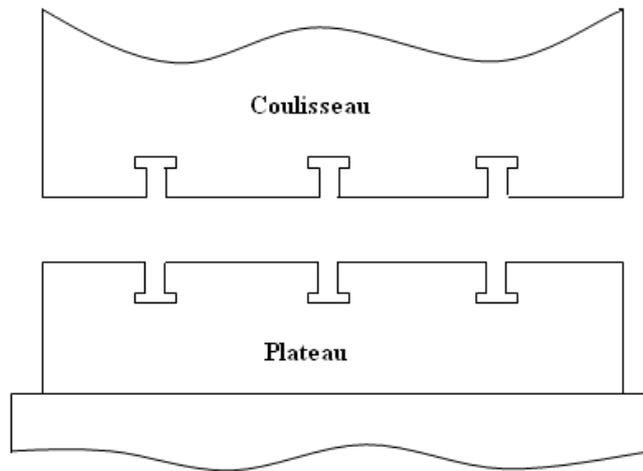


Fig. I.36: Système de fixation pour les grosses presses.

I.6 Fonctionnement des presses

I.6.1 Fonctionnement des presses mécaniques

I.6.1.1 Principe

L'énergie fournie par un moteur électrique est emmagasinée par un volant et elle est transmise au coulisseau par l'intermédiaire d'un mécanisme approprié.

I.6.1.2 Mécanismes de commande

Ils permettent de transformer le mouvement circulaire uniforme du moteur en mouvement rectiligne alternatif du coulisseau.

- Système bielle-manivelle

C'est, avant tout, un système mécanique de transformation de mouvement, il est constitué de 4 pièces principales :

- La bielle.
- La manivelle appelée aussi vilebrequin.
- Le coulisseau.
- Le bâti.

La manivelle et le coulisseau constituent les deux pièces d'entrée et de sortie du mécanisme. La transformation du mouvement est due à la rotation continue de la manivelle autour de son axe ce qui donne un mouvement rectiligne alterné pour le coulisseau.

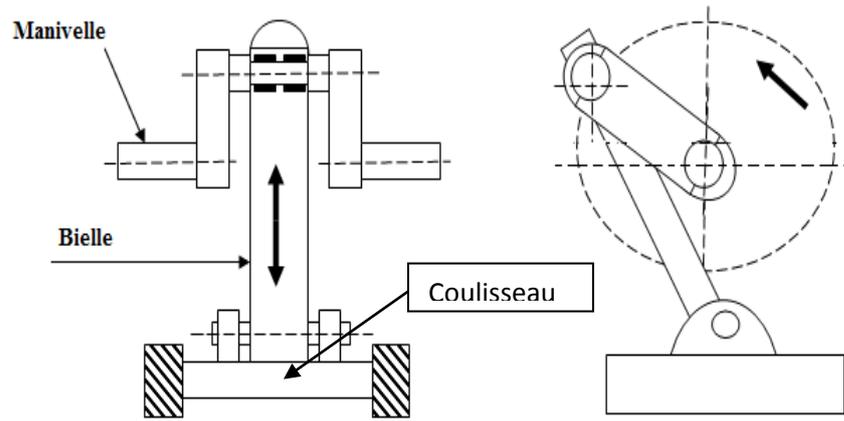


Fig. I.37 : Système bielle-manivelle.

- Système excentrique

Un excentrique est un mécanisme provoquant un mouvement de rapprochement ou d'éloignement par rapport à l'axe de rotation d'une pièce. Cela permet de transformer un mouvement de rotation en un mouvement d'oscillation.

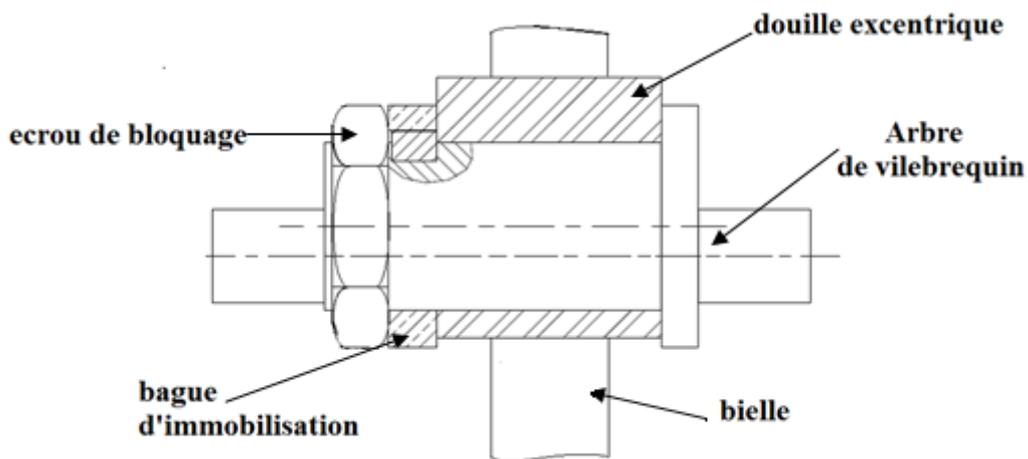


Fig. I.38 : Système excentrique.

- Système à genouillère

Ce système est composé d'une bielle et de deux genouillères. La bielle est entraînée par un vilebrequin, qui exerce un mouvement de translation alternatif sur l'axe d'articulation commun aux genouillères qui sont fixées aux extrémités, l'une au bâti et l'autre au coulisseau qui descend. Ce mécanisme a pour but d'amplifier l'effort du coulisseau.

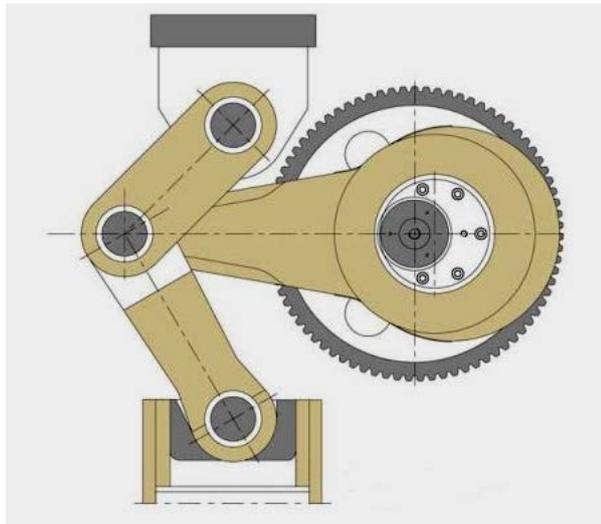


Fig. I.39 : Système à genouillère.

- Système à came

L'excentrique à came est un système constitué de deux objets, l'un menant, nommé « came » qui est constitué d'un solide généralement en rotation, et l'autre mené, animé d'un mouvement alternatif de translation et contraint par le solide menant

La came, autrement nommée solide menant, est couramment de forme vaguement ovoïde. Son profil est calculé en fonction du mouvement de translation qui sera imprimé au solide mené. Le solide mené est plaqué contre le profil de la came.

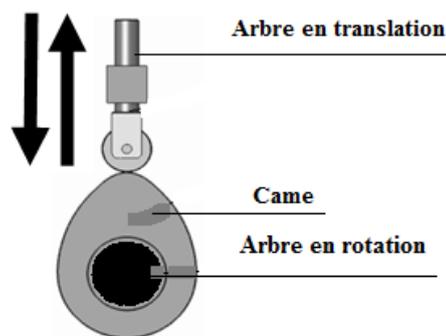


Fig. I.40 : Système à came.

I.6.1.3 Embrayage

C'est l'élément de liaison prépondérant entre le moteur et le mécanisme de commande du coulisseau. On distingue deux types d'embrayage :

- Embrayage à clavette tournante

La rotation de du volant est continue. Lorsque la butée s'éclipse, la clavette montée sur le vilebrequin est sollicitée par un ressort, elle tourne et s'engage dans une encoche du volant et provoque l'entraînement du vilebrequin.

Le débrayage s'obtient lorsque le talon de la clavette entre en contact avec la butée, ce qui provoque son retour à sa position initiale.

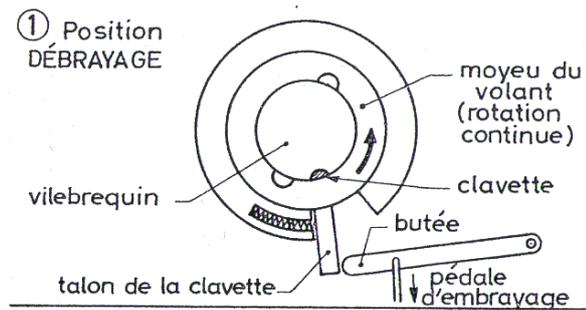


Fig. I.41 : Embrayage à clavette tournante.

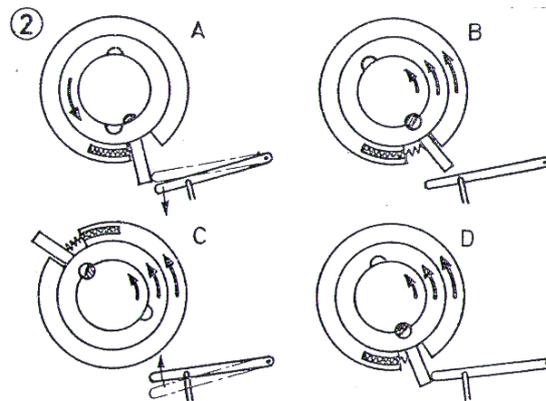


Fig. I.42 : Fonctionnement de l'embrayage à clavette tournante.

- Embrayage à friction à commande électropneumatique

Dans cette commande pneumatique, un piston pousse une série de disques de friction, clavetés sur l'arbre contre le volant, on dit qu'il ya embrayage.

Lorsque la pression cesse, les ressorts de rappel déplacent les disques dans l'autre sens et commandent le freinage à chaque tour du vilebrequin et ceci par l'intermédiaire d'un système électrique

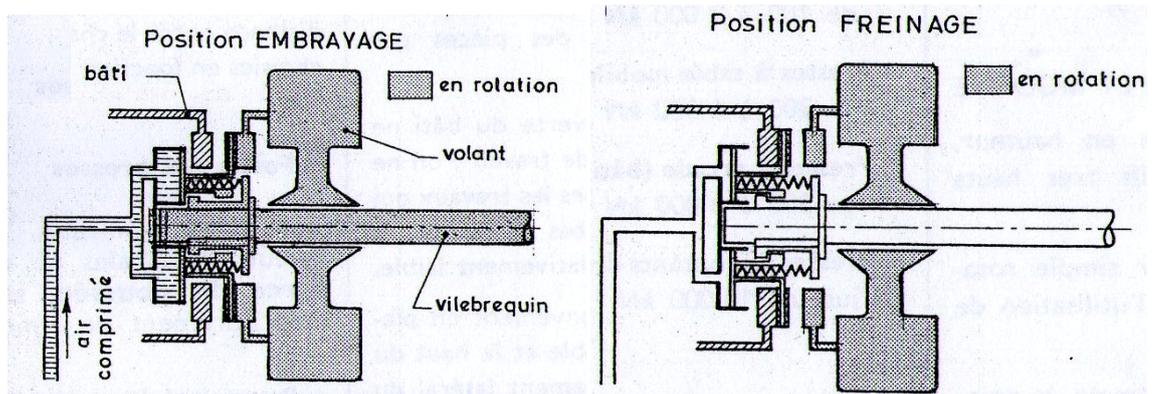


Fig. I.43 : Embrayage à friction à commande électropneumatique.

I.6.2 Fonctionnement des presses hydrauliques

I.6.2.1 Principe

L'énergie fournie par un moteur électrique est transformée en une pression d'huile par une pompe de pression qui agit sur un ou plusieurs pistons portant les coulisseaux.

I.6.2.2 Mécanismes de commande

- Pompe : l'élément essentiel qui transforme l'énergie mécanique en énergie hydraulique.
- Piston : porte et donne le mouvement de translation au coulisseau.
- Servomoteur : est un système motorisé capable d'atteindre des positions prédéterminées, puis de les maintenir.

I.7 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/mn), la dimension du coulisseau (mm^2) et la hauteur de l'outil fermé (mm).

Pour la réalisation d'un travail sur une presse, le choix de cette dernière se fait sur les critères suivants :

- La nature de l'opération à réaliser.
- Les dimensions de l'outil.
- La course du coulisseau.
- La capacité de la presse.
- La cadence de production.

I.8 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, leur principe de fonctionnement, les différents mécanismes de commande et ainsi que les différents outils qui existent dans l'industrie, ce qui nous donnera une idée générale sur la conception de notre outil.

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

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

CHAPITRE II

PROCEDES DE MISE EN FORME DES PIECES MECANIQUES

PROCEDES DE MISE EN FORME DES PIECES MECANQUES

II.1 Introduction

L'objectif premier de la mise en forme des métaux est de conférer à une pièce métallique des dimensions situées dans une fourchette de tolérance donnée. Les principaux procédés de mise en forme des métaux sont apparus progressivement, donnant naissance par la suite à diverses variantes, parfois très nombreuses. Les formes modernes des divers procédés sont le plus souvent apparues récemment pour assurer la production en grande série de pièces à faible coût. Parmi ces procédés, nous citerons : le découpage, le poinçonnage et le pliage.

II.2 Le découpage

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

C'est un procédé de fabrication de pièces par cisailage sur un contour fermé. Une différence est faite sur les termes. Il consiste à détacher un contour donné d'un produit plat : une tôle. L'opération s'effectue sur une presse par l'intermédiaire d'un outil dont les parties travaillantes sont les poinçons et les matrices. L'élément de tôle détaché est appelé le flan. Le flan s'obtient par séparation suivant une ligne fermée dans une bande ou une feuille. Après récupération de la pièce découpée, il subsiste un déchet. Le flan est rarement un produit final, il subit d'autres opérations de formage (emboutissage, pliage, etc.), soit sur le même outil (outil composé), soit lors de passes ultérieures.

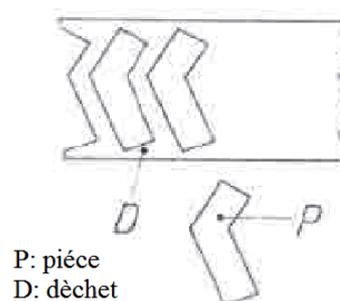


Fig. II.1: Pièce découpée.

II.2.1 Différents types de découpage

a- Cisailage

Le cisailage est une technique de découpage sans création de déchet. Il consiste à séparer un flan suivant un contour non fermé qui affecte toute la largeur de la bande.

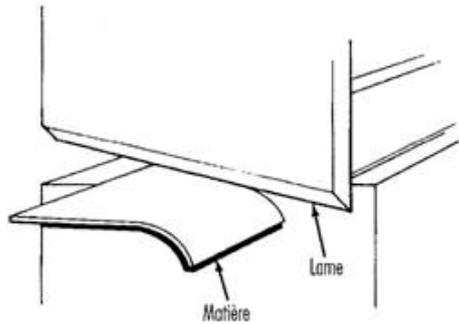


Fig. II.2: Cisailage.

b- Encochage

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

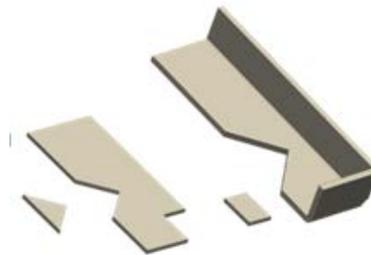


Fig. II.3: Encochage.

c- Crevage

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

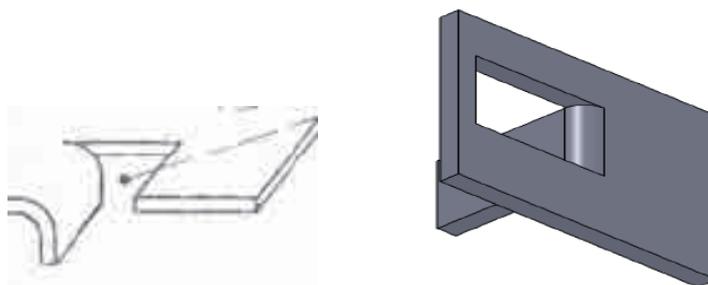


Fig. II.4: Crevage.

d- Ajourage

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

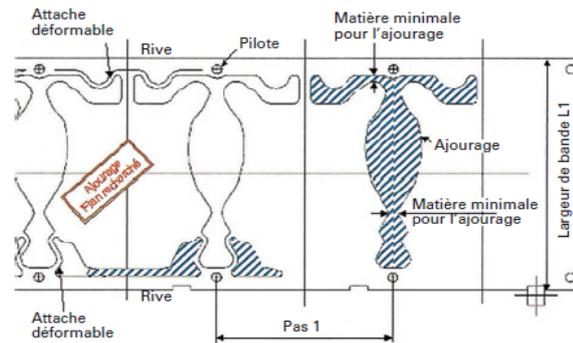


Fig. II.5: Ajourage.

e- Détourage

C'est une opération de découpage consistant à supprimer les surfaces excédentaires autour d'une pièce préalablement formée pour obtenir la pièce finale.

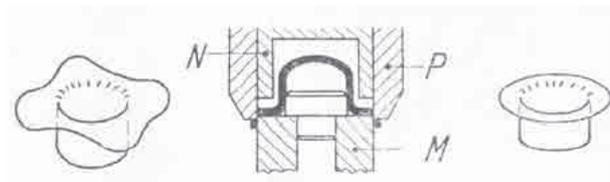


Fig. II.6: Détourage.

f- Soyage

Consiste à former un collet (relevage des bords d'un trou) soit par un perçage de la tôle par un poinçon de forme pointue, soit par un profil déjà formé.

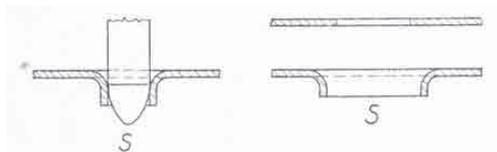


Fig. II.7: Soyage.

II.3 Le poinçonnage [3]

C'est une opération semblable au découpage, mais l'on conserve la partie extérieure, le déchet étant la débouchure.

Le terme perforation désigne plus particulièrement des opérations de poinçonnage de petits diamètres (1 à 3 fois l'épaisseur de la tôle par exemple), sur un flan ou en pleine tôle.

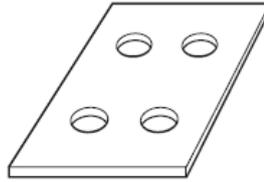


Fig. II.8: Pièce poinçonnée.

II.3.1 Phases de poinçonnage

Comme nous venons de le présenter, le poinçonnage à la presse suit un mécanisme identique au procédé de découpage, qui engage un cisaillement de la tôle. Ce cisaillement est provoqué par l'action de deux lames de découpage dont l'une agit en opposition au mouvement de l'autre et dont le jeu entre les arêtes de coupe détermine l'intensité des contraintes de cisaillement.

On distingue habituellement trois phases dans l'opération de découpage :

– Phase 1 : Indentation du poinçon dans la tôle.

Le poinçon, qui commence à pénétrer dans la tôle (légère compression), crée un bombé à l'entrée du bord découpé.

–Phase 2 : Cisaillement plastique.

Les fibres superficielles sont coupées alors que les fibres intérieures sont en tension. Le poinçon crée une surface sur le bord découpé, parallèle au flanc du poinçon. Cette surface est d'aspect lisse.

–Phase 3 : Rupture.

Avant que le poinçon n'ait traversé complètement l'épaisseur de la tôle, une fissure s'initie au niveau des arêtes de coupe de l'outil, provoquée par le dépassement de la limite élastique de la tôle. Ces fissures se rejoignent rapidement pour créer la rupture. La zone correspondante du bord découpé est appelée « zone arrachée ».

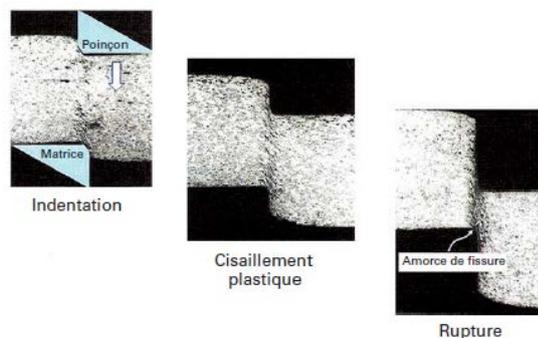


Fig. II.9: Phases dans l'opération de poinçonnage.

II.3.2 Paramètres influents en découpage

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

II.3.2.1 Le jeu de découpage

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

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

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

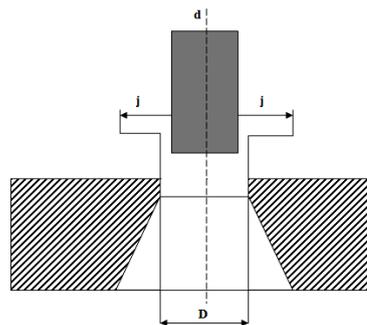


Fig. II.10: Jeu de découpage.

II. 3.2.2 Paramètres liés au réglage de l'outil et de la presse

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

a- Serre-flan

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

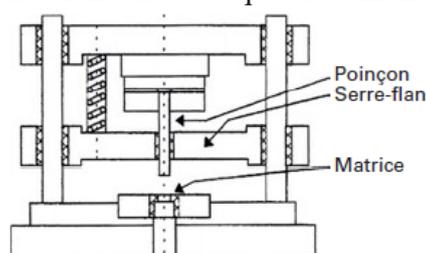


Fig. II.11: Schéma d'un outil de découpage avec un serre-flan.

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

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

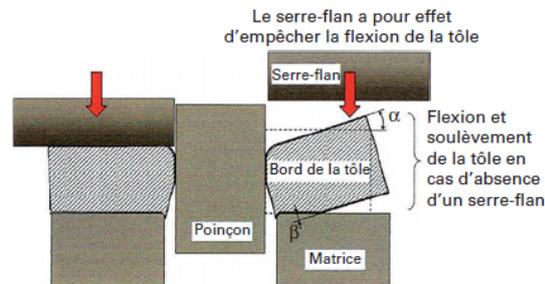


Fig. II.12: Effet du serre-flan sur la flexion de la tôle.

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

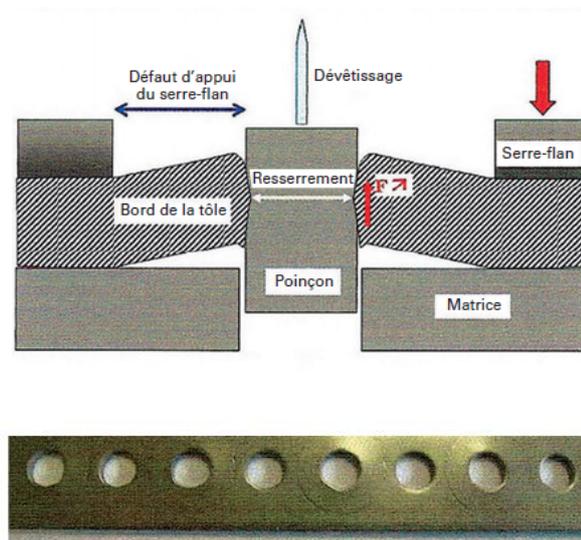


Fig. II.13: Mécanisme d'usure accélérée du poinçon liée à un mauvais appui du serre-flan.

b- Pénétration du poinçon en matrice

La pénétration du poinçon en matrice est déterminée au moment de la conception de l'outil et elle est ajustée au besoin lors de la mise au point.

La pénétration du poinçon en matrice est choisie généralement comme égale à l'épaisseur de la tôle. Dans certains cas, cette valeur est plus réduite et peut même être nulle.

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

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

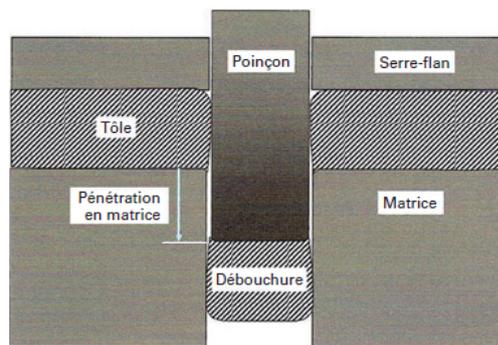


Fig. II.14: Définition de la pénétration en matrice.

c- Vitesse de découpage

Dans le travail des tôles sur presse, on parle plus volontiers de cadence que de vitesse. Or, si la cadence est le paramètre que l'on règle sur la presse, c'est implicitement la vitesse d'impact du poinçon de découpage sur la tôle que l'on va changer. Cette vitesse n'est pas seulement dépendante de la cadence de la presse, mais également des réglages de la course et de la distance de travail par rapport au point mort bas. La vitesse s'exprime habituellement en millimètre par seconde (mm/s) et correspond à la vitesse de pénétration du poinçon dans la tôle. Les vitesses typiques, dans le découpage traditionnel, varient entre 40 et 400 mm/s.

II. 3.2.3 Paramètres liés à l'usure de l'outil

a- Lubrification

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

b- Matériaux à outil

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

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

II.3.3 Efforts et contraintes sur l'outil

II.3.3.1 Calculs d'efforts

Il est important de pouvoir connaître les efforts que devra fournir la presse destinée à la fabrication de la pièce et de connaître la répartition des efforts sur l'outil pour situer la position de l'effort résultant. Afin d'éviter le basculement du coulisseau, on cherchera à placer la résultante des efforts dans l'axe de la presse.

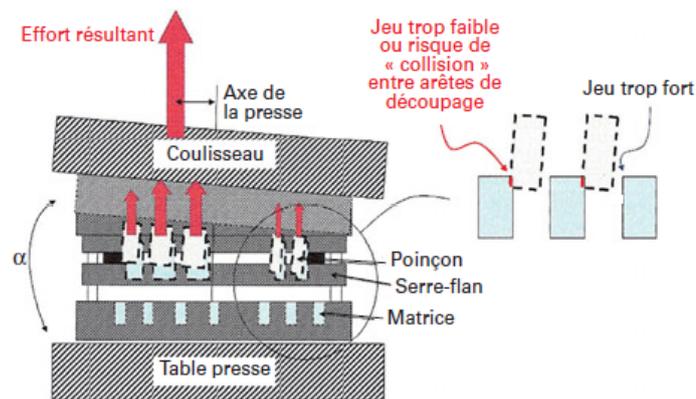


Fig. II.15: Conséquences du désaxage de l'effort résultant de l'outil par rapport à l'axe de la presse.

L'effort de découpage est un effort majeur parmi les opérations de mise en forme des tôles. Des formules de calcul permettant de l'estimer avec plus ou moins de précision existent.

II.3.3.2 Effort de découpage pour les poinçons

La plupart des découpages sont réalisés avec un poinçon plat, c'est-à-dire dont la face d'attaque du poinçon est parallèle au plan de la tôle (Fig. 16).

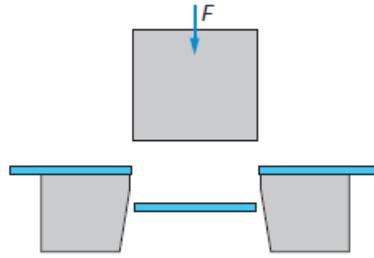


Fig. II.16: Découpage avec un poinçon plat.

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

$$F = K \cdot P \cdot e \cdot R_m \dots\dots\dots [3]$$

Avec :

P : Périmètre découpé,

e : Épaisseur de la tôle,

F : Effort de découpage,

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

R_m : Résistance à la traction de la tôle.

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

II.3.3.3 Effort de dévêtissage

L'effort d'extraction du poinçon du trou découpé peut être non négligeable. Cet effort résulte de deux phénomènes propres au découpage (Fig. 17) :

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

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

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

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

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

On constate que l'effort de dévêtissage est habituellement faible lorsque l'outil est neuf. Il devient véritablement important avec son usure.

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

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

$$F_{dev} = C \cdot F \dots\dots\dots [2]$$

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

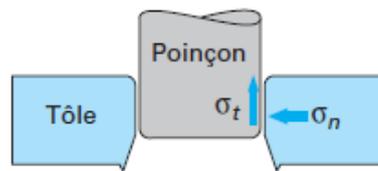


Fig. II.17: Contraintes à l'origine de l'effort de dévêtissage.

II.3.3.4 Contraintes sur les outils

La contrainte de compression des outils est calculée comme indiqué sur la figure 18. On peut vérifier alors que cette contrainte ne dépasse pas la limite d'élasticité (R_e) du matériau en compression.

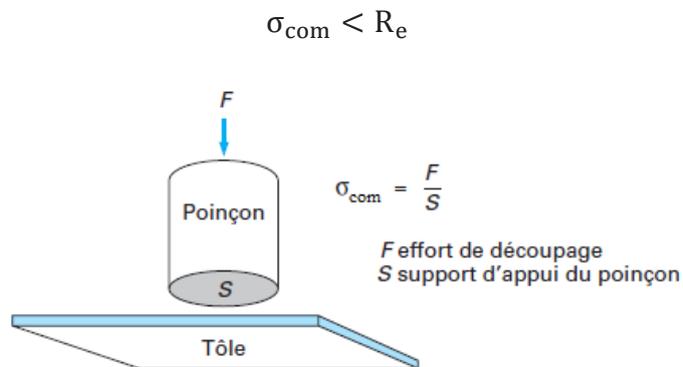


Fig. II.18: Contrainte de compression sur le poinçon.

Dans le cas de poinçonnage de petites dimensions, la contrainte de compression peut provoquer le flambement du poinçon, comme on peut le voir sur la figure 19. Il est alors important de pouvoir prévoir le risque de flambement d'un tel poinçon. Pour cela, on détermine la charge critique (P_{cr}) en utilisant la formule de flambement d'Euler avec les conditions d'encastrement d'un côté et de mouvement libre de l'autre :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2} \dots\dots\dots [5]$$

Avec :

E : Module d'élasticité du matériau à outil,

I : Moment d'inertie du poinçon,

l : Longueur libre de flambement.

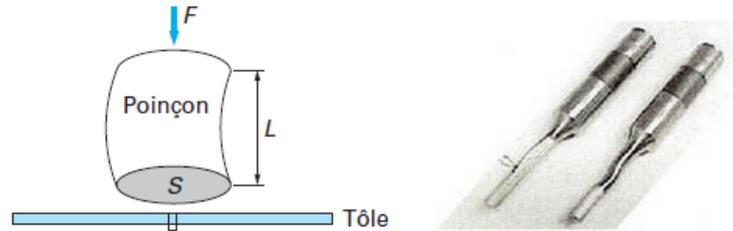


Fig. II.19: Exemple de flambement d'un poinçon de découpage.

II.4 Le pliage

Le pliage est une opération de mise en forme à froid de tôles planes. Cette opération est réalisée suivant deux étapes : la conformation puis le retrait des outils. La conformation est utilisée pour atteindre des déformations irréversibles en vue de donner à la pièce les spécificités attendues.

C'est une déformation obtenue grâce à une force appliquée sur la longueur de la pièce. Celle-ci sera en appui sur deux lignes d'appuis et s'apparente à la flexion. Il faudra dépasser la limite élastique pour obtenir l'angle voulu.

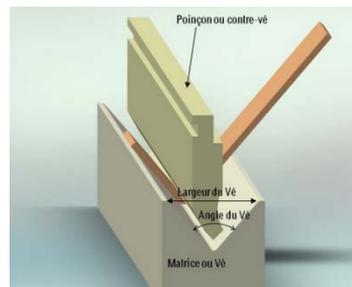


Fig. II.20: Principe du pliage.

II.4.1 Les différents modes de pliage

Suivant la géométrie des poinçons et matrices, trois types de pliage sont distingués : en V, en U et en L.

II.4.1.1 Le pliage en V

Dans le cas du pliage en V, le serre-flan est inutile. La variation de l'angle du V du poinçon et de la matrice entraîne la variation de l'angle de formage de la tôle. Selon la course imposée au poinçon, le pliage est en l'air ou en frappe.

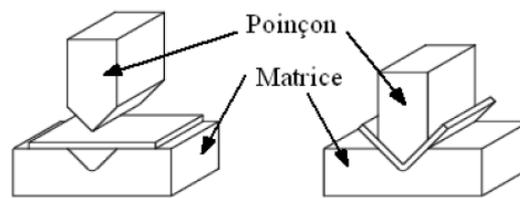


Fig. II.21 : Pliage en V

a- Pliage en l'air

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

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

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 descend rapidement, va frapper et marquer la tôle jusqu'à réduire voire 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'épaisseurs inférieures à 2 mm

II.4.1.2 Le pliage en U

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

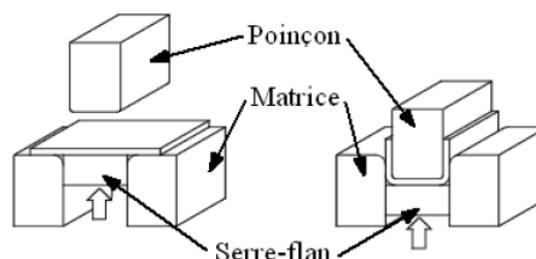


Fig. II.22 : Pliage en U

II.4.1.3 Le pliage en L

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

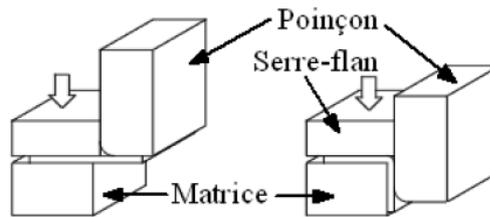


Fig. II.23 : Pliage en L

II.4.2 Rayon de pliage [8]

Sur une pièce cambrée on constate des déformations sur la zone pliée, les fibres intérieures sont comprimées alors que celles extérieures subissent un étirement.

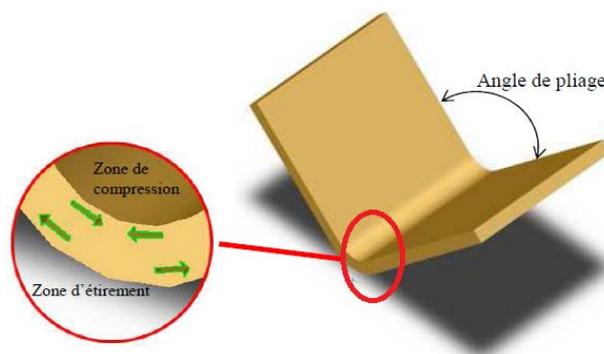


Fig. II.24 : Angle de pliage.

Le rayon de pliage est en fonction de l'ouverture du V utilisé, plus le rayon est petit, plus les déformations constatées sont grandes.

En particulier pour un rayon $R=0$, soit un cambrage sur un angle vif, l'allongement de la zone tendue est tel que des criques qui apparaissent souvent sur la pièce.

De ce fait le cambrage sur un angle vif est à rejeter.

Le rayon R sera donc choisi assez grand et, si possible, égal à 5 fois l'épaisseur de la tôle.

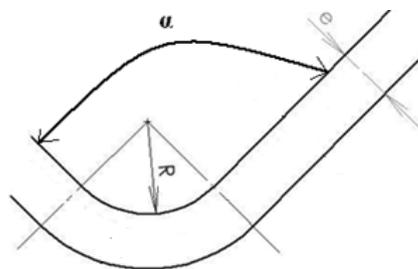


Fig. II.25 : Rayon de pliage.

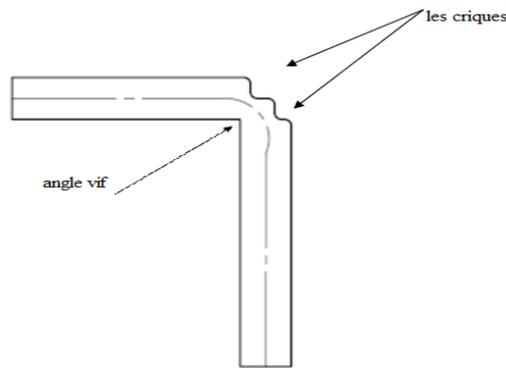


Fig. II.26 : Formation des criques.

- Position de la fibre neutre

Entre les deux zones de déformations, la fibre neutre qui ne subit aucun allongement ni raccourcissement sera la base de 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.

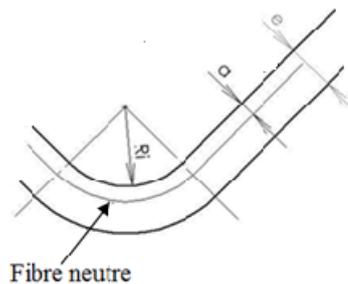


Fig. II.27 : Position de la fibre neutre.

Elle se situe à la distance a du bord intérieur. Suivant le rapport Ri/e , a varie comme suivant le tableau:

Tableau 1: La variation de la distance a suivant le rapport Ri/e .

Ri/e	Approche 1	Approche 2	Approche 3
a	$e/3$	$2e/5$	$e/2$

II.4.3 Le retour élastique

Lors du pliage d'une pièce à un angle imposé par l'outillage (angle du vé), il y a un retour élastique lors du retrait du poinçon.

L'angle final α_f obtenu diffère de celui imposé par l'outillage α_i de la valeur correspondant à ce retour élastique. Plus la limite élastique de l'alliage est grande plus le retour élastique sera grand. On peut vouloir estimer ce retour élastique qui dépend aussi du Rayon de pliage et de l'épaisseur de la tôle.

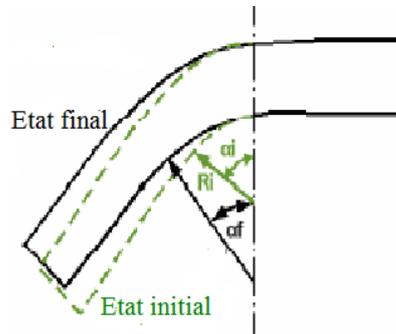


Fig. II.28 : Retour élastique.

II.4.4 Développement des pièces pliées

Pour trouver le flan de départ. La position de la fibre neutre varie en fonction du métal à travailler d'où l'influence de la tolérance sur l'épaisseur. Dans un grand nombre de cas, elle se situe à la face intérieure du pliage. Les pièces pliées sont par définition développables, il suffit donc, théoriquement de développer la fibre neutre.

La longueur du flan est égale à la somme des $\sum R_x + \sum L_x$

Avec :

$\sum R_x$: la somme des développements des rayons de pliage

$\sum L_x$: la somme des longueurs.

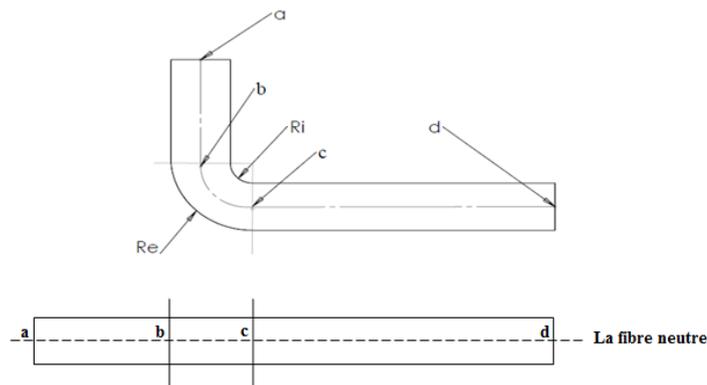


Fig. II.29 : Développement des pièces pliées.

II.4.5 Paramètres influents sur l'opération de pliage

On distingue deux paramètres principaux à définir pour obtenir une pièce finie.

II.4.5.1 Le rayon de la matrice de pliage

Afin d'éviter le découpage ou l'étrépage de la pièce à plier, le rayon de la matrice doit être supérieur à deux fois l'épaisseur de la tôle.

$$r \geq 2e$$

II.4.5.2 Le jeu de pliage

Lors de la conception de l'outil de pliage, il faut prévoir un jeu de pliage entre l'arrête verticale extérieure du poinçon et l'arrête intérieure de la matrice. Le jeu doit être égal à l'épaisseur de la tôle plus une tolérance maximale.

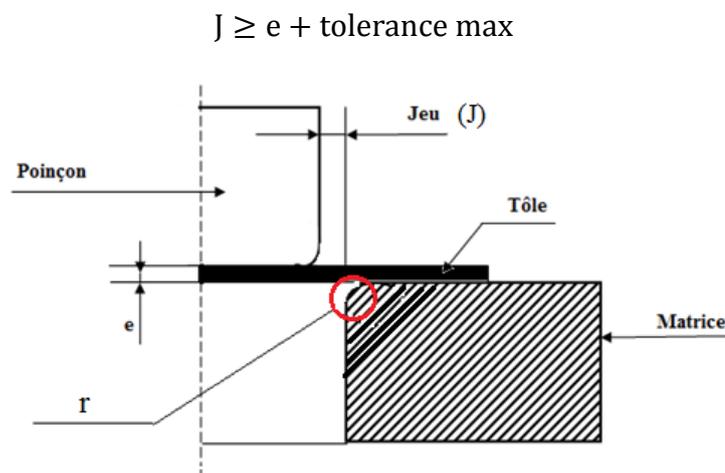


Fig. II.30 : Jeu de pliage et rayon de la matrice.

II.4.6 Effort de pliage

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

$$F = \frac{e.L.R_c}{10} \dots\dots\dots [7]$$

e : l'épaisseur de la tôle.

L : la longueur de la ligne de cambrage.

R_c : Résistance de la tôle au cisaillement (daN /mm²).

Il faut noter que l'encombrement des outils utilisés conduit à l'emploi de presses qui exercent un effort nettement supérieur à celui requis.

Le calcul de l'effort de pliage s'avère donc inutile pour le choix de la presse à utiliser.

II. 5 Conclusion

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

L'emboutissage est un procédé de fabrication très utilisé dans l'industrie automobile et dans l'électroménager.

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

Les modes de pliage effectués sur presses, et aussi la présentation de l'outillage en particulier la matrice et les différents paramètres qui l'influent comme son rayon et le jeu entre poinçon et matrice, et enfin les différents calculs qui rentrent comme l'effort de pliage et le calcul de développement de la pièce pliée et aussi la prévention du retour élastique.

CHAPITRE III

USINAGE PAR ETINCELAGE

USINAGE PAR ETINCELAGE

III.1 Introduction

La technique de l'électroérosion, découverte au milieu du vingtième siècle, permet l'usinage par étincelage des métaux durs et conducteurs ; elle fournit au monde de l'industrie des pièces, outils et moules d'une haute précision qui est de l'ordre de micron.

III.2 Principe de base [6]

L'électroérosion est un procédé d'usinage qui consiste à enlever de la matière d'une pièce en utilisant des décharges électriques comme moyen d'usinage. Cette technique se caractérise par son aptitude à usiner tous les matériaux conducteurs de l'électricité (métaux, alliages, carbure, graphite, etc.) quelle que soit leur dureté.

La méthode d'usinage par électroérosion nécessite 4 éléments fondamentaux :

- Une électrode
- Une pièce
- Du diélectrique
- De l'électricité

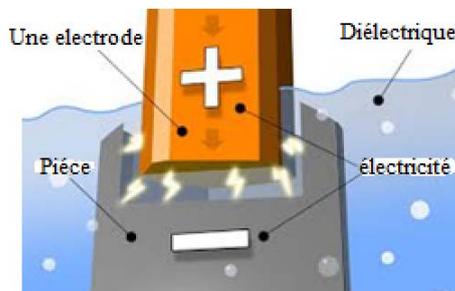


Fig. III.1 : Principe de base de l'électroérosion.

Le diélectrique (eau ou huile minérale) a comme tâche de réduire la température dans la zone d'usinage, d'enlever les particules métalliques résiduelles et de permettre la création de l'étincelle.

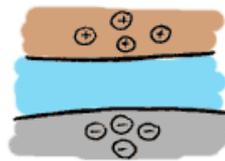
III.3 L'usinage par étincelage

Produites par un générateur d'étincelles, ces dernières vont, par intervalle régulier, créer une succession de cratère dans la pièce. Chaque étincelle dégage une température comprise entre 8000 et 12000°C. La grosseur du cratère dépend de l'énergie réglée par le générateur d'étincelles. La portée de l'étincelle varie entre quelques microns et 1mm.

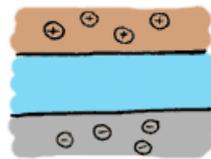
III.4 Le processus physique

Le processus de l'étincelage comprend 6 phases :

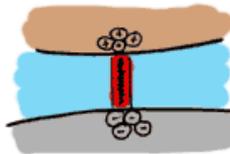
- 1- Approche de l'électrode vers la pièce. Les deux éléments sont sous tension.



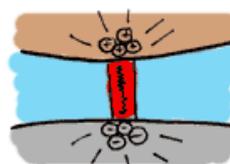
- 2- Concentration du champ électrique vers le point où l'électrode-pièce est le plus faible.



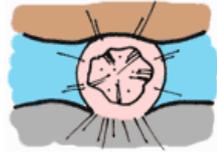
- 3- Création d'un canal ionisé entre l'électrode et la pièce.



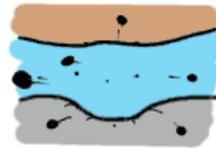
- 4- Claquage de l'étincelle. La matière de la pièce fusionnée localement se consume. L'électrode subit une faible usure.



5- Coupure du courant. Implosion de l'étincelle.



6- Evacuation des particules métalliques par un arrosage de diélectrique.



III.5 Différents procédés d'usinage

Utilisant le même principe physique, on distingue deux procédés d'usinage : le fil et l'enfonçage.

III.5.1 L'électroérosion par fil

L'électroérosion par fil découpe dans une pièce, à l'aide d'un fil métallique (électrode), un contour programmé, la découpe est toujours traversante. Pour commencer un usinage, il faut préalablement réaliser un trou dans la pièce ou débiter depuis le bord.

Le fil peut s'incliner pour permettre de créer des pièces avec dépouille ou avec des profils différents en haut et en bas de la pièce. Il est plus souvent en cuivre stratifié ou en laiton, son diamètre mesure entre 0.02 et 0.3 mm.

Ce procédé est fréquemment utilisé pour usiner les matrices d'extrusion et les poinçons de découpe.

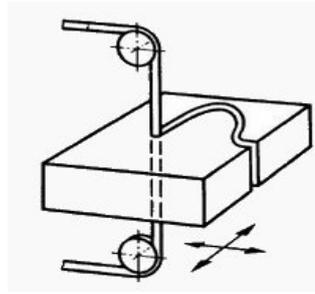


Fig. III.2 : Usinage par fil.

III.5.2 L'électroérosion par enfonçage

L'électroérosion par enfonçage reproduit dans une pièce métallique la forme d'un outil appelé électrode. Avant d'entamer l'enfonçage, la pièce est usinée aux dimensions prêtes afin d'éviter une usure importante de l'électrode.

L'électrode est plus souvent en cuivre ou en graphite.

Les moules d'injection pour pièces plastique sont très fréquemment usinés par enfonçage, la forme donnée à l'électrode est celle qu'aura l'objet moulé.

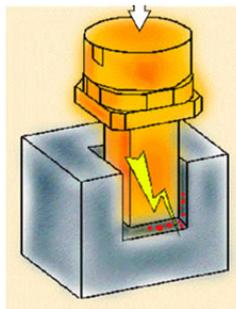


Fig. III.3 : Usinage par enfonçage.

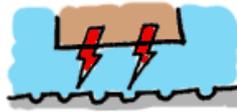
III.6 Etat de surface et vitesse d'usinage

Les états de surface obtenus par électroérosion dépendent de la dimension des étincelles.

Si elles sont énergiques, l'état de surface sera grossier, par contre, la vitesse d'usinage sera rapide.



Si elles sont faiblement énergiques, l'état de surface sera fin, par contre, la vitesse d'usinage sera lente.



Les états de surface les plus fins peuvent atteindre une rugosité Ra de 0.1. L'effet visuel est proche du poli d'un miroir. Les états de surface standard, faciles à obtenir, sont équivalents à une rugosité allant de 0.8 à 1.



Fig. III.4 : Etat de surface obtenue par électroérosion.

Les vitesses d'usinage en électroérosion sont modérées. En fonction de l'énergie de décharge, l'enlèvement de matière va de 1 à plusieurs milliers de mm^3/min .

III.7 Distance d'étincelage ou Gap

L'électroérosion se caractérise par le fait qu'il n'y ait pas de contact entre l'électrode et la pièce.

La distance d'étincelage ou le Gap est une caractéristique essentielle de l'électroérosion par enfonçage et sa valeur dépend des conditions technologiques de l'usinage : paramètres du générateur et la vitesse de pénétration. Le Gap peut varier de l'ordre de 1 à 1/100 de mm.

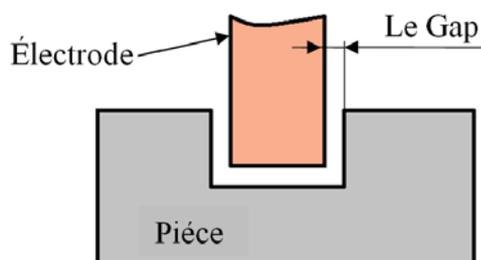


Fig. III.5 : Distance d'étincelage ou le Gap.

III.8 Régime d'usinage

Chaque décharge engendre un cratère, c'est-à-dire une alvéole creusée dans la pièce usinée ayant la forme d'une calotte sphérique ; son volume est directement en fonction du temps d'implosion des décharges et de son intensité, donc du régime d'usinage choisi.

Dans la grande majorité des applications, il n'est pas conseillé d'utiliser un seul régime d'usinage correspondant à l'état de surface désiré. On a tout avantage, pour diminuer les temps d'usinage, à choisir des régimes d'ébauche, de semi-finition et de finition, même si cela nécessite l'utilisation de plusieurs électrodes avec des sous dimensionnement différents.

En règle générale, on programmera deux ou trois régimes d'usinage sur les machines d'enfonçage classique, soit :

- Un régime d'ébauche en fonction de la forme et de la surface à usiner ;
- Un régime de finition en fonction de l'état de surface final ;
- Un régime de semi-finition si la précision le nécessite ou si le cout de fabrication de la troisième électrode est compensé par la réduction du temps d'usinage permis par une étape intermédiaire de semi-finition.

III.9 Paramètres de réglage de base du générateur et influences

Le régime d'usinage est défini par un certain nombre de paramètres de réglage de base qui sont la polarité de l'électrode, le temps d'impulsion, l'intensité du courant et de la tension d'amorçage.

- Polarité de l'électrode

La polarité positive est la plus couramment utilisée, car elle permet d'obtenir des usures d'électrode faibles et une bonne vitesse d'usinage, par contre, la polarité négative permet d'obtenir une grande vitesse d'usinage mais des usures d'électrode importantes variant entre 15 et 30%.

- Temps d'impulsion et intensité du courant

Le temps d'impulsion et l'intensité du courant sont déterminés par le régime d'usinage. Le choix de ces deux paramètres se fait simultanément à partir des courbes d'usinage.

Les valeurs de densité de courant d'usinage peuvent être évaluées au moyen du tableau ci-après :

Tableau 2: Densité et polarité du courant

Matériaux de l'électrode	Polarité	Densité de courant (en A/cm ²)	
		Matériau des pièces	
		Acier	Carbure de tungstène
Cuivre	+	15 à 25	15 à 25
Graphite	+	10 à 12	
Graphite	-	6 à 8	
Cuprotungstène	+ ou -	8 à 15	15 à 25

III.10 Le diélectrique

Le procédé d'usinage par étincelage s'effectuant dans un fluide non conducteur d'électricité est appelé le diélectrique.

Dans le domaine de l'électroérosion par enfonçage, les diélectriques employés sont des hydrocarbures ou des huiles minérales, contenant peu ou pas d'additifs, et très pauvres en aromates. Pour ce qui est du diélectrique, l'huile en assurant des étincelles plus courtes que dans l'eau, permet l'obtention d'un excellent état de surface d'une rugosité de 0.4 µm et d'une excellente précision : ± 0.002 mm tout en protégeant les pièces contre l'oxydation.

Dans le cas de la machine à fil, le diélectrique utilisé est l'eau déionisée, utilisée pour sa conductibilité thermique qui permet d'évacuer rapidement du fil les calories produites par l'étincelage.

III.11 Conclusion

L'usinage des métaux très durs sur les machines conventionnelles entraîne des risques de casse d'outils, le fraisage d'un trou carré ou d'une gorge profonde est limité par le rayon d'angle de la fraise alors, que ce type de forme est tout à fait envisageable par électroérosion.

Pendant l'usinage par électroérosion, la pièce ne subit aucun effort mécanique, ce qui abolit le problème de l'usure des fraises et garantit ainsi une précision absolue des cotes, quelque soit le nombre des pièces à usiner.

CHAPITRE IV

ETUDE ET CONCEPTION DES OUTILS

ETUDE ET CONCEPTION DES OUTILS

IV.1 Introduction

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

IV.2 Cahier des charges [7]

Dans les travaux des métaux en feuilles, il existe une grande variété de presse, et leur choix dépend des opérations à effectuer, dans ce travail la pièce à étudier est : « **Clapet air bruleur** ». Dont les caractéristiques dimensionnelles et géométriques sont présentées sur la figure.

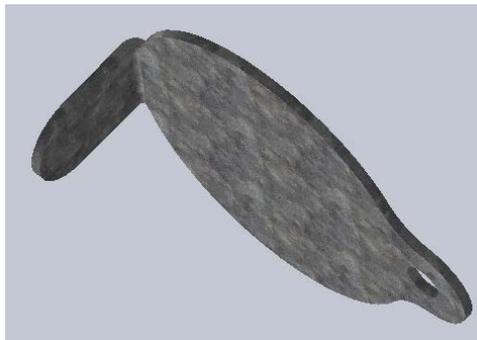


Fig. IV.1: Clapet air bruleur.

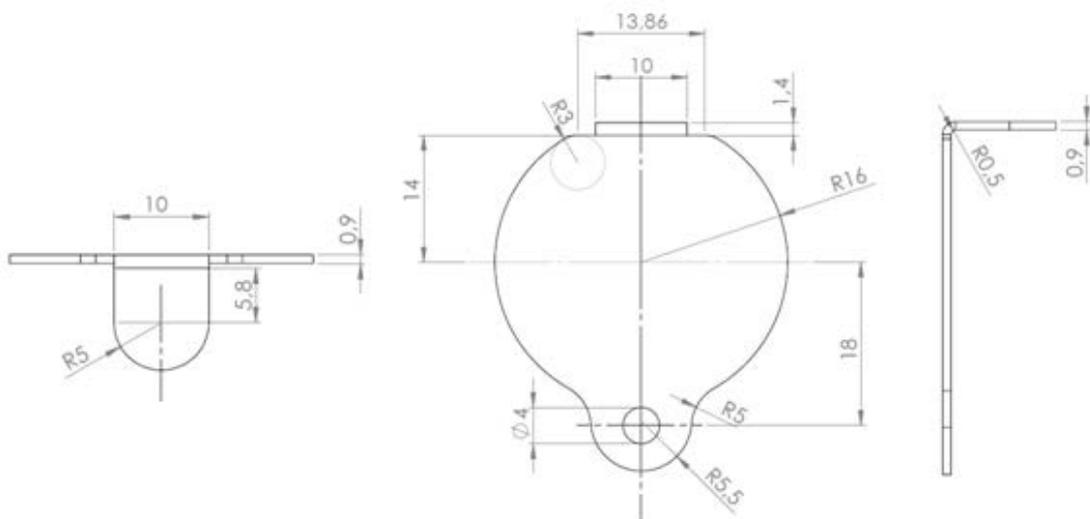


Fig. IV.2 : Dessin de définition de la pièce.

IV.2.1 : Emplacement de la pièce

Le clapet d'air permet d'augmenter ou diminuer la quantité d'air qui rentre dans le brûleur à gaz.

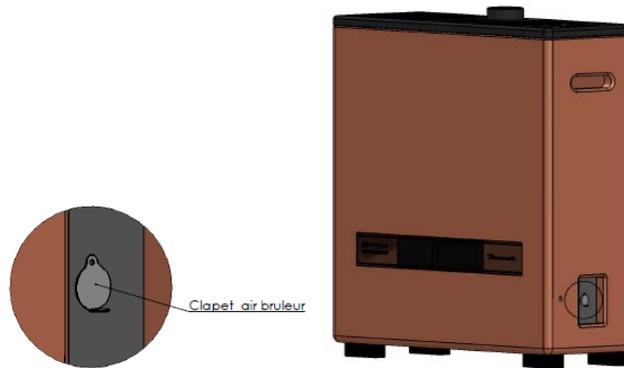


Fig. IV.3 : Emplacement de clapet air brûleur.

IV.2.2 : Travail demandé

- But :

Le travail consiste en l'étude et la conception d'outils qui réaliseront le clapet d'air brûleur d'un radiateur à gaz naturel(RGN).

- Processus de fabrication

Le processus de fabrication de cette patte passe par 4 étapes.

- **1^{ère} étape** : Elle consiste de découper des bandes à partir de tôle fournie en format commercial standard sous forme des bobines de 2 tonne.

- **2^{ème} étape** : Découpage du pas et perçage.

L'opération de découpage de pas consiste à limiter l'avance de la bande, pour pouvoir effectuer une autre opération, et effectuer un perçage qui permet de fixer le clapet.

- **3^{ème} étape** : L'opération consiste à découper le flanc avec un poinçon de forme.

- **4^{ème} étape** : L'opération consiste à réaliser un pli de 90°.

IV.3 Calcul de flan théorique

L'étude de la mise en bande consiste à rechercher la disposition des pièces dans la bande donnant le minimum de déchet.

La distance entre deux pièces et la largeur des bords de bande sont égales à l'épaisseur de métal découpé.

Néanmoins dans le cas de découpage de métal de faible épaisseur, il est prudent de conserver certaine tenue au déchet. La largeur de ce dernier est de: $2 * e$.

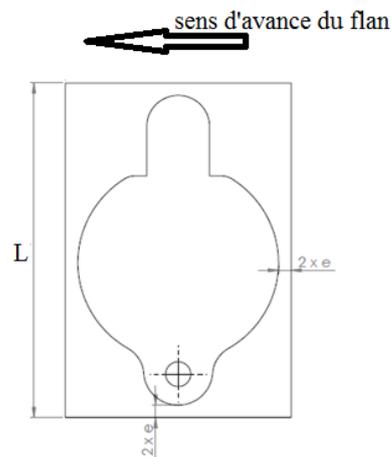


Fig. IV.4 : Flan théorique.

- La largeur du flan

$$L = L_{\text{clapet}} + 2 * (2 * e)$$

Avec :

L : La largeur du flan.

L_{clapet} : La largeur du clapet.

AN :

$$L = 50 + 2(2 * 0.9) = 53.6 \text{ mm.}$$

$$\boxed{L = 53.6 \text{ mm}}$$

IV.4 Calcul des efforts

IV.4.1 Calcul d'efforts de poinçonnage et de découpage

Le calcul des efforts pour ces deux procédés se fait selon la loi suivante :

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

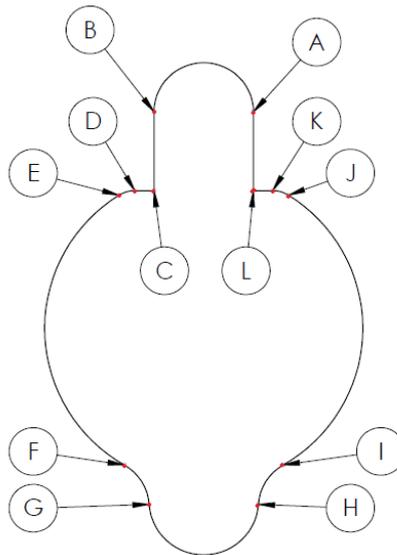
$$K = 1$$

$e = 0.9 \text{ mm}$ (épaisseur de la tôle)

$R_c = 55 \text{ daN/mm}^2$ (Résistance au cisaillement de la tôle)

- Calcul des périmètres de coupe « P »

P_1 : Étant le périmètre du poinçon de forme qui est égal à la somme des arcs et des arêtes comme l'indique la figure.



$$P_1 = \text{arcAB} + BC + CD + \text{arcDE} + \text{arcEF} + \text{arcFG} + \text{arcGH} + \text{arcHI} + \text{arcIJ} + \text{arcJK} + KL + LA$$

- $\text{arcAB} = \pi \cdot R5$

A.N:

$\text{Arc AB} = \pi \cdot 5 = 15.708 \text{ mm}$

- $BC = LA = 8 \text{ mm}$ (Mesure directe)
- $CD = KL = 1.93 \text{ mm}$ (Mesure directe)
- $\text{Arc DE} = \text{arc JK} = 0.562 \cdot R3$

A.N:

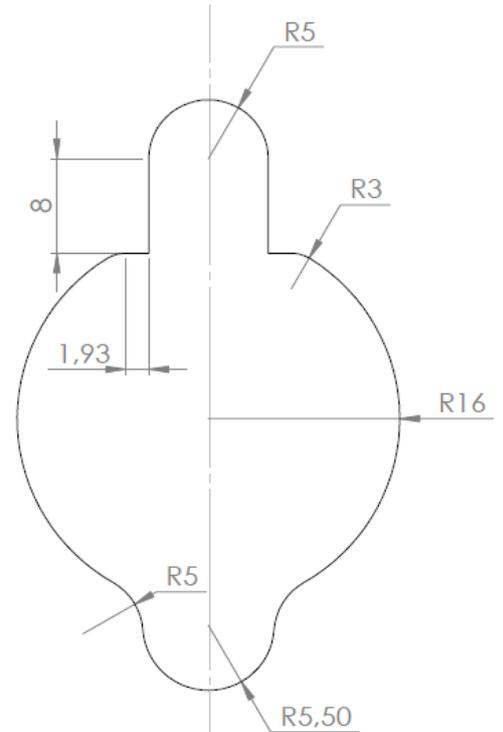
$\text{Arc DE} = \text{arc JK} = 0.562 \cdot 3 = 1.686 \text{ mm}$

- $\text{arc EF} = \text{arc IJ} = 2.057 \cdot R16$

A.N:

$\text{Arc EF} = \text{arc IJ} = 2.057 \cdot 16 = 32.912 \text{ mm}$

- $\text{arc FG} = \text{arc HI} = 0.982 \cdot R5$



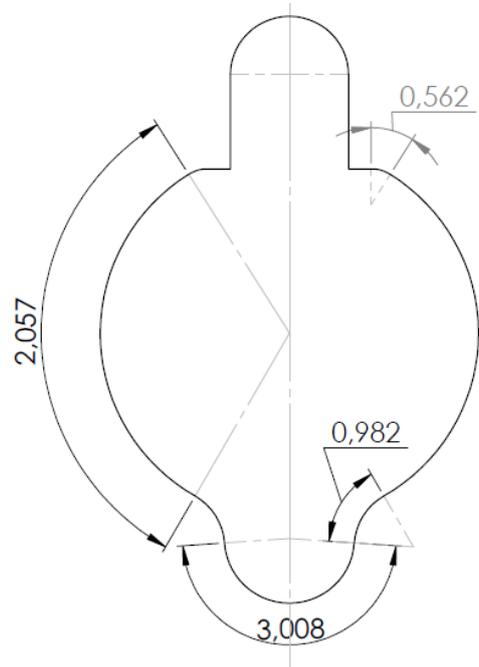
A.N:

$\text{Arc FG} = \text{arc HI} = 0.982 \cdot 5 = 4.910 \text{ mm}$

- $\text{arc GH} = 3.008 \cdot R5.5$

A.N:

$\text{Arc GH} = 3.008 \cdot 5.5 = 16.544 \text{ mm}$



$P_1 = 15.708 + 2 \cdot 8 + 2 \cdot 1.93 + 2 \cdot 1.686 + 16.544 + 2 \cdot 4.910 + 2 \cdot 32.912$

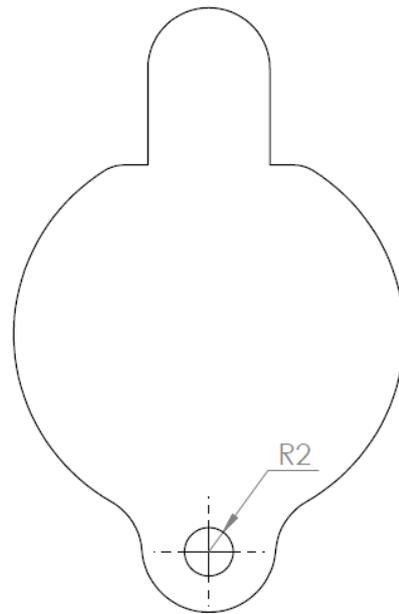
$P_1 = 131.13 \text{ mm}$

P_2 : Étant le périmètre de trou de $\varnothing 4$.

$$P_2 = \pi \cdot 2 \cdot R2$$

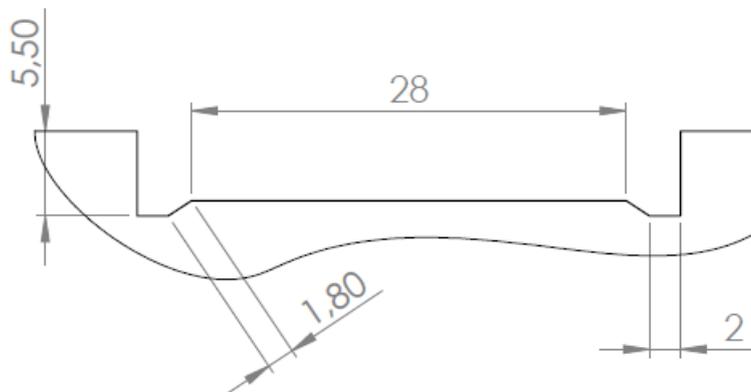
A.N :

$$P_2 = \pi \cdot 2 \cdot 2$$



$$P_2 = 12.56 \text{ mm}$$

P_3 : Étant la longueur de la ligne de coupe de poinçon de pas.



$$P_3 = 5.5 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 1.8 + 28 \text{ (Mesure direct)}$$

$$P_3 = 41.10 \text{ mm}$$

- Calcul de l'effort de chaque poinçon**a- Le poinçon de forme**

$$F_1 = P_1 \cdot e \cdot R_c$$

A.N.:

$$F_1 = 131.13 \cdot 0.9 \cdot 55$$

$$F_1 = 6490.935 \text{ daN}$$

b- Le poinçon de perçage

$$F_2 = P_2 \cdot e \cdot R_c$$

$$F_2 = 12.56 \cdot 0.9 \cdot 55$$

$$F_2 = 621.720 \text{ daN}$$

c- Le poinçon de pas

$$F_3 = P_3 \cdot e \cdot R_c$$

$$F_3 = 41.10 \cdot 0.9 \cdot 55$$

$$F_3 = 2034.450 \text{ daN}$$

IV.4.2 Calcul de l'effort total de découpage-poinçonnage

L'effort total F_T nécessaire au découpage de la pièce est égal à la somme des efforts de chaque poinçon.

$$F_T = F_1 + F_2 + F_3$$

A.N.:

$$F_T = 6490.935 + 621.720 + 2034.450$$

$$F_T = 9147.105 \text{ daN}$$

IV.4.3 Calcul de la force de pression du dévétisseur

C'est l'effort nécessaire pour dégager les poinçons de la bande après découpage ou poinçonnage.

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

$$F_{\text{dev}} = 7\% F_T$$

A.N :

$$F_{\text{dev}} = \frac{7 \cdot 9147.105}{100}$$

$$F_{\text{dev}} = 640.297 \text{ daN}$$

IV.4.4 Calcul de l'effort total que doit fournir la presse

La source de production de la force c'est la presse, elle doit produire un effort supérieur à la somme des efforts.

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

Avec

F_{pr} : Effort de la presse

F_T : Effort total de découpage-poinçonnage

F_{dev} : Effort de dévétissage

A.N :

$$F_{\text{pr}} > 9147.105 + 640.297$$

$$F_{\text{pr}} > 9787.402 \text{ daN}$$

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

$$F_{\text{pr}} > 9.787 \text{ tonnes – force}$$

IV.4.5 Le choix de la presse à utiliser

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

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

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

A partir de l'effort que nous avons calculé, nous avons opté pour une presse TP 30 col de cygne de construction allemande qui a les caractéristiques suivantes:

- Capacité de la presse (30 tonnes),
- Distance entre la table et le coulisseau en (PMH)..... (300 mm),
- Distance entre la table et le coulisseau en (PMB)..... (220 mm),
- Dimensions de la table (longueur et largeur)..... (700 mm × 400 mm),
- Hauteur du plan de travail..... (80 mm).

IV.4.6 Choix du nombre de ressorts [1]

L'encombrement de l'outil nous a défini le nombre de ressorts. Le nombre de ressorts à utiliser est de quatre (4).

$$F_{\text{ressort}} = \frac{F_{\text{dev}}}{N}$$

Avec :

F_{ressort} : La force d'un seul ressort.

F_{dev} : La force d'extraction des poinçons.

N : Le nombre de ressort.

A.N :

$$F_{\text{ressort}} = \frac{640.297}{4}$$

$$F_{\text{ressort}} = 160.074 \text{ daN}$$

- **Calcul de la raideur des ressorts :**

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

Avec :

K : La raideur du ressort.

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

AN :

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

$$K = \frac{1600.74}{9}$$

$$K = 177.86 \text{ N/mm}$$

Pour le dimensionnement du ressort qui supportera l'effort (F_{ressort}), il est nécessaire de consulter des abaques. Ces abaques classent les ressorts par couleur qui signifie le type de charge comme le montre la figure suivante



Fig. IV.5 : Classification des ressorts par couleur

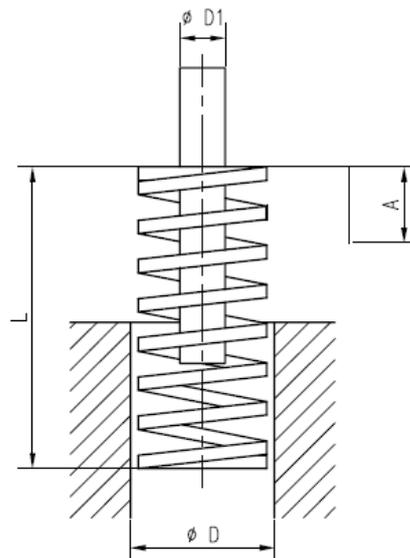


Fig. IV.6 : Schéma de dimensionnement d'un Ressort.

Tableau 3: Ressort charge forte.

D	D1	L	K	A 20 %	
mm	mm	mm	N/mm	N	mm
25	12,5	25	375	1875	5
		32	297	1901	6,4
		38	219	1664	7,6
		44	187	1646	8,8
		51	156	1591	10,2
		64	123	1574	12,8
		76	99	1505	15,2
		89	84	1495	17,8
		102	73	1489	20,4
		115	65	1495	23
		127	57,7	1466	25,4
		139	52,7	1465	27,8
		152	47,8	1453	30,4
		178	41	1460	35,6
		203	35,8	1453	40,6
		305	22,9	1397	61

Section du fil
5,6 x 4,1

D'après le tableau, on a opté pour des ressorts de caractéristique suivantes :

D= 25 mm

D1=12.5 mm

L= 44 mm

K= 187 N/mm

A= 8.8 mm (course de ressort comprimée)

$F_{ressort}=1646$ N

IV.4.7 Calcul du barycentre de l'outil de coupe

Pour que la presse travail d'une façon plus favorable, on doit positionner l'outil sur la table de façon à ce que la résultante de tous les efforts sollicités pendant le travail (centre d'inertie) passe par l'axe vertical du coulisseau de la presse.

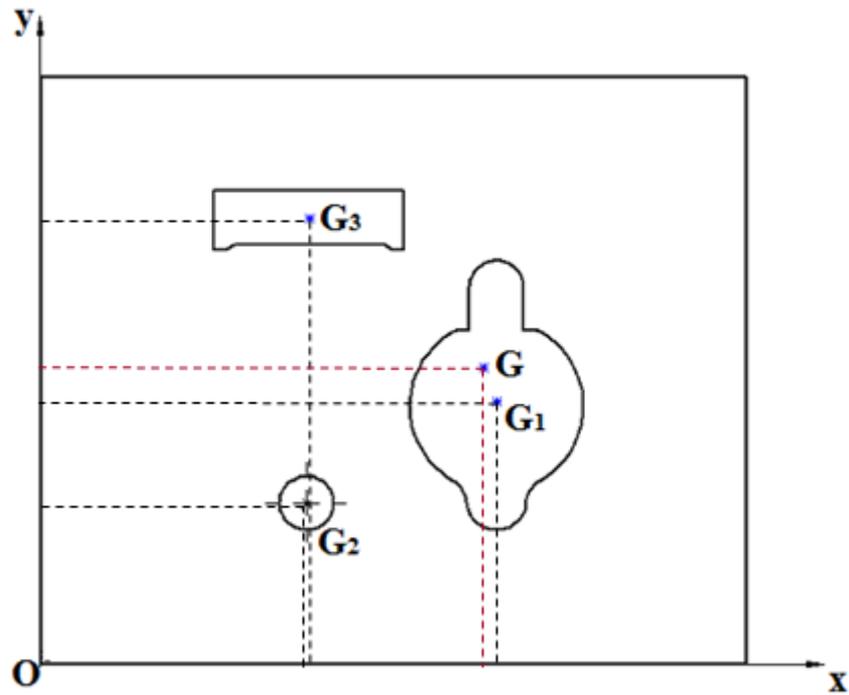


Fig. IV.7: Position adéquate de l'outil sur la presse (centre d'inertie).

Soient (X_1, Y_1) , (X_2, Y_2) , $G_3(X_3, Y_3)$ respectivement les coordonnées des centres d'inertie des poinçons : G_1 , G_2 , G_3 .

G_1 : Centre d'inertie du poinçon de forme.

G_2 : Centre d'inertie du poinçon de perçage.

G_3 : Centre d'inertie du poinçon de pas.

Le centre d'inertie des efforts de découpage s'écrit comme suit :

$$X_G = \frac{\sum_{i=1}^3 F_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^3 F_i}$$

$$Y_G = \frac{\sum_{i=1}^3 F_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^3 F_i}$$

Tableau 4: Centre d'inertie des efforts de découpage

G_i	$X_i(\text{mm})$	$Y_i(\text{mm})$	$F_i(\text{daN})$
G_1	84	48.8	6490.935
G_2	49	30	621.720
G_3	49.5	82.91	2034.450
			$\sum_{i=1}^3 F_i = 9147.105$

Pour les abscisses :

$$F_1 \cdot X_1 = 6490.935 \cdot 84 = 545238.54 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$F_2 \cdot X_2 = 621.720 \cdot 49 = 30464.28 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$F_3 \cdot X_3 = 2034.450 \cdot 49.5 = 100705.27 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sum_{i=1}^3 F_i \cdot X_i = 746649.085 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$X_G = \frac{746649.085}{9147.105} = 81.627 \text{ mm}$$

$$\boxed{X_G = 81.627 \text{ mm}}$$

Pour les ordonnées :

$$F_1 \cdot Y_1 = 6490.935 \cdot 48.8 = 316757.628 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$F_2 \cdot Y_2 = 621.720 \cdot 30 = 18651.6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$F_3 \cdot Y_3 = 2034.450 \cdot 82.91 = 168676.249 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sum_{i=1}^3 F_i \cdot Y_i = 504085.477 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Y_G = \frac{504085.477}{9147.105} = 55.108 \text{ mm}$$

$$\boxed{Y_G = 55.108 \text{ mm}}$$

L'axe du coulisseau de la machine passe par les coordonnées suivant : $X_G = 81.627 \text{ mm}$ et $Y_G = 55.108 \text{ mm}$ par rapport à (o, x, y).

IV.4.8 Calcul des poinçons au flambement [5]

Le flambage intervient lorsqu’une poutre droite de grande longueur se déforme sous l’action de deux forces axiales opposées dirigées l’une vers l’autre.

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

Si :

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

P est l’effort du poinçonnage.

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

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

Avec :

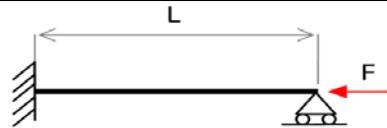
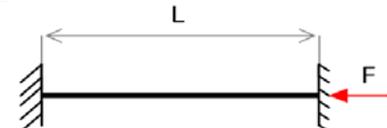
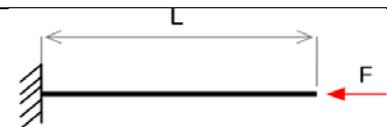
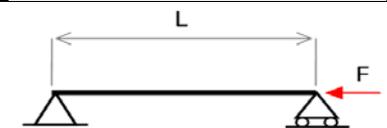
E: Module d’élasticité (210000 N/mm²).

I : Moment d’inertie.

l : Longueur libre de flambement.

La longueur libre de flambage l est donnée en fonction du type d’appui.

Tableau 5: Valeurs de la longueur de flambage l en fonction de la longueur réelle L.

Longueur libre de flambement		
Type de liaisons	Figure	Valeur de l
Encastré - Pivot		$l = 0.7L$
Encastré des deux cotés		$l = 0.5L$
Encastré – Libre		$l = 2L$
Pivot des deux cotés		$l = L$

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

Sachant que la longueur L soumise au flambement est la même pour tous les poinçons.

$$L=68\text{mm.}$$

- Poinçon de perçage

On a le poinçon de perçage de diamètre 4 mm qui a un corps de 8 mm de diamètre.

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

AN :

$$I = \frac{\pi \cdot 8^4}{64} = 201.06 \text{ mm}^4$$

$$\boxed{I = 201.06 \text{ mm}^4}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 201.06}{4 \cdot 68^2} = 22507.45 \text{ N}$$

$$\boxed{P_{cr} = 22507.45 \text{ N}}$$

On a : $F_2 = 6217.20 \text{ N}$ (Effort de poinçon de perçage).

$$\boxed{F_2 < P_{cr}}$$

- Poinçon de forme

$I = 52823.04 \text{ mm}^4$ (Mesuré à partir du logiciel de CAO SOLIDWORKS)

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 52823.04}{4 \cdot 68^2} = 5919221.81 \text{ N}$$

$$\boxed{P_{cr} = 5919221.81 \text{ N}}$$

On a : $F_1 = 64909.35 \text{ N}$ (Effort de poinçon de forme).

$$\boxed{F_1 < P_{cr}}$$

- **Poinçon de forme**

$I = 3540.64 \text{ mm}^4$ (Mesuré à partir du logiciel de CAO SOLIDWORKS)

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 3540.64}{4 \cdot 68^2} = 396755.53 \text{ N}$$

$$\boxed{P_{cr} = 396755.53 \text{ N}}$$

On a : $F_3 = 2034.45 \text{ N}$ (Effort de poinçon de forme).

$$\boxed{F_3 < P_{cr}}$$

D'après les résultats précédents, les efforts du au découpage-poinçonnage sont inférieurs aux charges critique de flambement, donc les poinçons sont sollicité uniquement en compression.

IV.4.9 Calcul des poinçons à la compression [3]

Condition de résistance : $\sigma_{com} < R_e$

Avec :

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

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

F : effort de poinçonnage.

S : section du poinçon.

- **Poinçon de forme**

$S_1 = 973.05 \text{ mm}^2$

$$\sigma_{com1} = \frac{F_1}{S_1}$$

AN :

$$\sigma_{com1} = \frac{61909.35}{973.05} = 63.62 \text{ N/mm}^2$$

$$\boxed{\sigma_{com1} = 63.62 \text{ N/mm}^2}$$

- Poinçon de perçage

$$S_2 = 12.56 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{com2} = \frac{F_2}{S_2}$$

AN:

$$\sigma_{com2} = \frac{6217.20}{12.56} = 495 \text{ N/mm}^2$$

$$\boxed{\sigma_{com2} = 495 \text{ N/mm}^2}$$

- Poinçon de pas

$$S_3 = 355.5 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{com3} = \frac{F_3}{S_3}$$

AN:

$$\sigma_{com3} = \frac{20344.50}{355.50} = 57.23 \text{ N/mm}^2$$

$$\boxed{\sigma_{com3} = 57.23 \text{ N/mm}^2}$$

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

IV.5 Conclusion

Les différents calculs que nous avons effectués successivement nous ont permis d'avoir les dimensions approximatives du flan théorique, la capacité de la presse à utiliser après le calcul de toutes les forces et la position adéquate de l'outil sur la table de la presse. Un calcul de vérification au flambement de tous les poinçons n'est pas épargné. Les résultats des efforts appliqués sur les poinçons ainsi trouvés sont loin des valeurs critiques.

IV.6 Programmation de l'usinage de la matrice

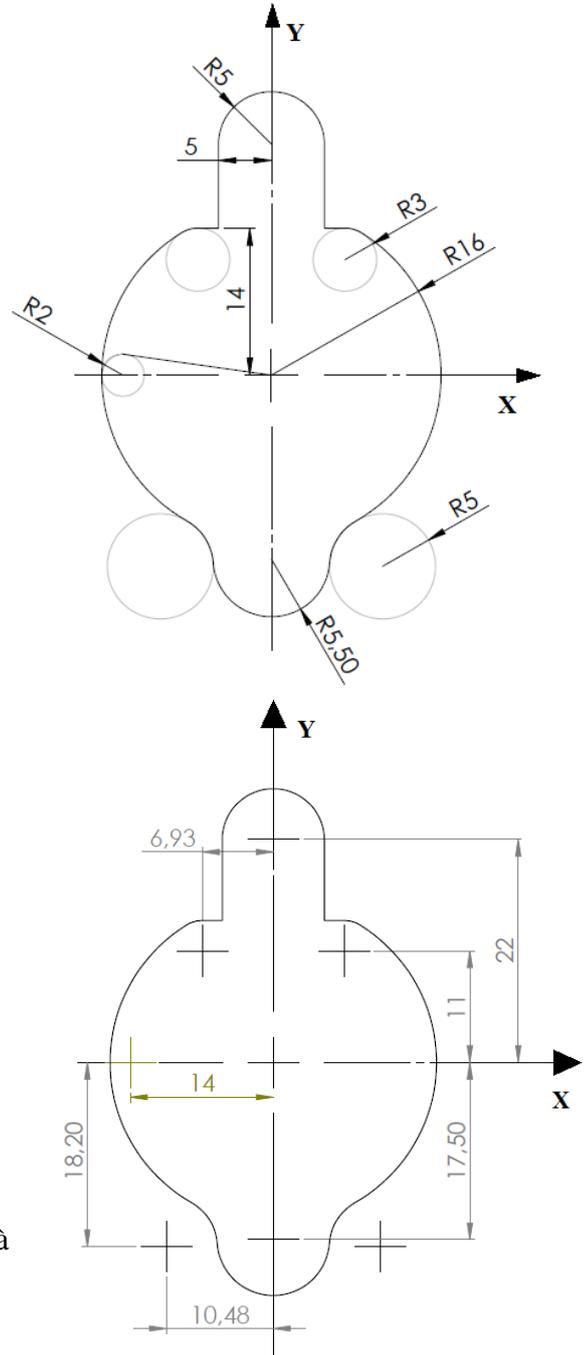
Programmation langage PROFIL+ (ROBOFIL) pour l'usinage de la matrice de l'outil découpage-poinçonnage avec machine électroérosion à fil

- Programme pour usinage de passage du poinçon de forme

```

PN/USINAGE DE PASSAGE DE POINÇON
DE FORME
OFSSET/0,RIGHT
BEGIN/X,0,Y,0
LINE/A,180,D,0,DIR,X,SMALL
ARC/DIR,XC,0,YC,0,R,16,TANTO
ARC/DIR,XC,-6.93,YC,11,R,3,TANTO
LINE/A,0,D,14,DIR
LINE/A,90,D,5,DIR,TANTO
ARC/DIR,XC,0,YC,22,R,5,TANTO
LINE/A,-90,D,5,DIR
LINE/A,0,D,14,DIR,TANTO
ARC/DIR,XC,6.93,YC,11,R,3,TANTO
ARC/DIR,XC,0,YC,0,R,16,TANTO
ARC/REV,XC,10.475,YC,-18.20,R,5,TANTO
ARC/DIR,XC,0,YC,-17.5,R,5.5,TANTO
ARC/REV,XC,-10.475,YC,-18.20,R,5,TANTO
ARC/DIR,XC,0,YC,0,R,16,TANTO
ARC/DIR,XC,-14,YC,0,R,2,TANTO
LINE/X,0,Y,0,FINISH
END

```



Remarque

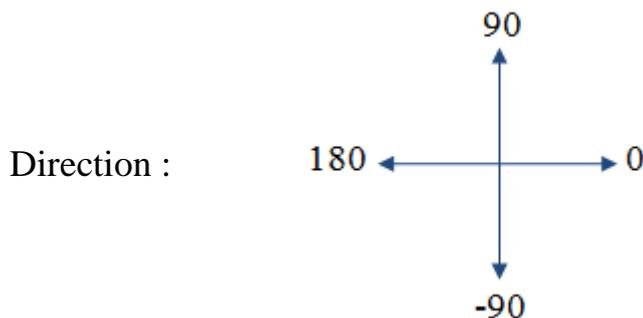
PN: Nom du programme.

DIR: Sens d'horloge.

REV: Sens inverse d'horloge.

TANTO: Tangente.

RIGHT / LEFT: Compensation du diamètre du fil à droit/gauche.

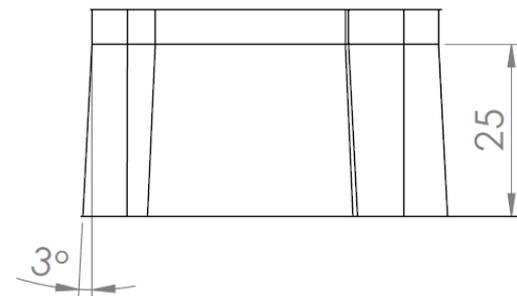
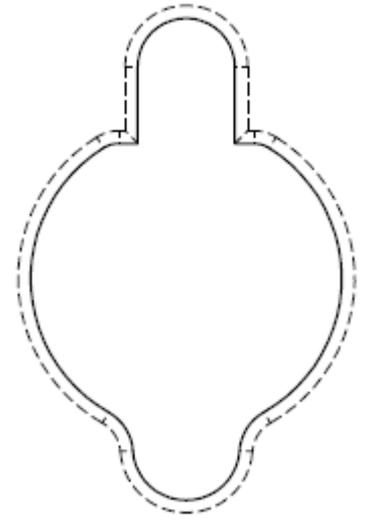


- **Programme pour usinage de dépouille pour passage du poinçon de forme**

```

PN/USINAGE DE DEPUILLE POUR PASSAGE DU
POINÇON DE FORME
OFSSET/0,RIGHT
TAPER/3
REFERANCE/25
BEGIN/X,0,Y,0
LINE/A,180,D,0,DIR,X,SMALL
ARC/DIR,XC,0,YC,0,R,16,TANTO
ARC/DIR,XC,-6.93,YC,11,R,3,TANTO
LINE/A,0,D,14,DIR
LINE/A,90,D,5,DIR,TANTO
ARC/DIR,XC,0,YC,22,R,5,TANTO
LINE/A,-90,D,5,DIR
LINE/A,0,D,14,DIR,TANTO
ARC/DIR,XC,6.93,YC,11,R,3,TANTO
ARC/DIR,XC,0,YC,0,R,16,TANTO
ARC/REV,XC,10.475,YC,-18.20,R,5,TANTO
ARC/DIR,XC,0,YC,-17.5,R,5.5,TANTO
ARC/REV,XC,-10.475,YC,-18.20,R,5,TANTO
ARC/DIR,XC,0,YC,0,R,16,TANTO
STOP/OPTIONAL
LINE/X,0,Y,0,FINISH
END

```



Remarque:

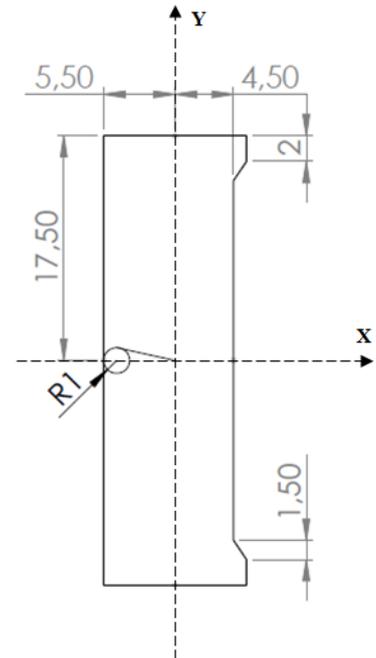
TAPER: Dépouille.

REFERANCE: Hauteur de dépouille.

• Programme pour usinage de passage du poinçon de pas

```

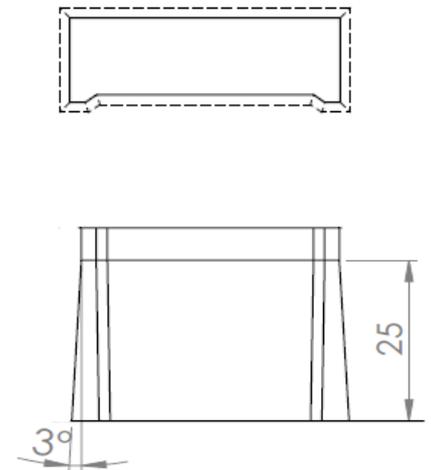
PN/USINAGE DE PASSAGE DU COUTEAU
OFSSET/0,RIGHT
BEGIN/X,0,Y,0
LINE/A,180,D,0,DIR
LINE/A,90,D,5.5,DIR
LINE/A,0,D,17.5,DIR
LINE/A,-90,X,5.5,Y,15.5
LINE/X,4.5,Y,14
LINE/A,-90,X,4.5,Y,-14
LINE/X,5.5,Y,-15.5
LINE/A,-90,D,5.5,DIR
LINE/A,180,D,-17.5,DIR
LINE/A,90,D,5.5,DIR,TANTO
ARC/DIR,XC,-4.5,YC,0,R,1,TANTO
LINE/X,O,Y,O,FINISH
END
    
```



• Programme pour usinage de dépouille pour passage du poinçon de pas

```

PN/USINAGE DE DEPOUILLE POUR LE PASSAGE DU COUTEAU
OFSSET/0,RIGHT
TAPER/3
REFERANCE/25
BEGIN/X,0,Y,0
LINE/A,180,D,0,DIR
LINE/A,90,D,5.5,DIR
LINE/A,0,D,17.5,DIR
LINE/A,-90,X,5.5,Y,15.5
LINE/X,4.5,Y,14
LINE/A,-90,X,4.5,Y,-14
LINE/X,5.5,Y,-15.5
LINE/A,-90,D,5.5,DIR
LINE/A,180,D,-17.5,DIR
LINE/A,90,D,5.5,DIR
STOP/OPTIONAL
LINE/X,O,Y,O,FINISH
END
    
```



IV.7 Détail des outils

- **Outil de coupe**

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

► **Semelle inférieure :**

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

► **Poinçons :**

Ce sont les éléments qui travaillent le plus au sein de l'outil. Un calcul au flambement de ces poinçons de faible section. Pour éviter ce phénomène, nous avons recours à l'utilisation des chemises dans lesquelles sont insérés, ces dernières sont fixées directement au porte poinçon.

► **Porte poinçon :**

Il sert à fixer et guider les différents poinçons dans leur travail et aussi de support au sert flan.

► **Serre flan :**

- Il sert à appuyer le flan contre la matrice lors du poinçonnage, de décoller la bande du poinçon et aussi il permet de guider les poinçons ainsi que les vis d'écartement qui jouent le rôle de relais entre les portes poinçons et le sert flan tout en guidant aussi les ressorts entre ces derniers

► **La butée :**

Elle sert à positionner le flan ; limitant ainsi son déplacement tout en assurant un bon guidage du flan.

► **Les matrices :**

Elles doivent résister aux différents efforts tels que le découpage et le poinçonnage. Ces matrices doivent être suffisamment épaisses pour supporter l'effort du sert flan et d'éviter les déformations.

► **Les glissières :**

Ce sont des baguettes fixes sur la matrice pour assurer le guidage et l'acheminement de la tôle.

► **Semelle supérieure :**

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

► **Embase :**

C'est un élément qui assure le guidage entre les deux semelles supérieure et inférieure par l'intermédiaire des colonnes de guidage.

► Colonnes de guidage :

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

► Plaque d'appui :

Elle sert à protéger la semelle supérieure des déformations au cours du travail.

• Outil de pliage**► Matrice :**

Elle porte la pièce découpée.

► Poinçon :

C'est élément qui travaille le plus au sein de l'outil.

► La contre-plaque :

Elle tient la pièce à plier en position lors du travail.

Mise en plan : [4]

Dans cette partie du travail nous avons utilisé le logiciel pour faire ressortir les différentes caractéristiques dimensionnelles et géométriques des pièces constituant l'outil et ce à l'aide des mises en plan qui suivent :

- Outil de coupe

Planche1 : Bague de guidage

Planche2 : Butée

Planche3: Canon

Planche4 : Colonne de guidage

Planche5 : Glissière droite

Planche6 : Glissière gauche

Planche7 : Poinçon de forme

Planche8 : Poinçon de pas

Planche9 : Poinçon de perçage

Planche10 : Embase inférieure

Planche11 : Embase supérieure

Planche12 : Matrice

Planche13 : Plaque d'appui supérieure

Planche14 : Porte poinçons

Planche15 : Semelle inférieure

Planche16 : Semelle supérieure

Planche17 : Serre-flan

Planche18 : Porte glissières

Planche22 : Outil de découpage-poinçonnage

- Outil de pliage

Planche19 : Poinçon de pliage

Planche20: Matrice de pliage

Planche21: Contre plaque

Planche23 : Outil de pliage.

Conclusion Générale

Le procédé de fabrication des pièces en tôlerie dans l'industrie est connu depuis longtemps et qui ne cesse de s'agrandir au fil des dernières années parce que sa nécessité est toujours croissante .Il permet d'obtenir un produit en grande série et à des prix de revient abordables.

Après l'étude théorique sur le travail des tôles en général, nous sommes passés à la conception des deux outils qui serviront pour la réalisation du clapet air bruleur de radiateur à gaz naturel (RGN). Cette dernière est réalisée en utilisant le logiciel de conception assisté par ordinateur (CAO) qui nous a permis d'avoir les caractéristiques dimensionnelles et géométriques des différents composants de l'outil.

Cette conception est le fait d'un choix d'une solution parmi tant d'autres et est faite d'une manière à faciliter la réalisation du produit et ainsi diminuer son prix de revient.

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

Notons que pour l'élaboration de ce projet nous avons pris en considération les moyens techniques existants au sein de l'entreprise et nous avons été enchantés de l'aide qui nous a été apporté par le personnel de l'entreprise.

.

Références Bibliographiques

- [1] Composant de construction mécanique, Rabordin industrie [http// :www.rabordin.fr](http://www.rabordin.fr)
- [2] Déformation plastique des tôles. à l'usage des techniciens en génie mécanique.
Par R.QUATREMER. Edition DELAGRAVE. 1981.
- [3] TECHNIQUE DE L'INGENIEUR (SNDL).
- [4] Guide de Dessinateur Industriel « Chevalier » édition 2004.
- [5] Résistance des matériaux. Dimensionnement des structures, Claude CHEZE. Edition marketing S.A, 1996.
- [6] Documentation ENIEM.
- [7] Étude et conception d'un outil à suivre à bande : *S. LARBI PACHA* et *S. HIDER*.
- [8] Modélisation du comportement à la déformation élastique des tôles de construction automobile : influence des singularités, KAHOUL Hafida