

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université MOULOUD MAMMERI de Tizi-Ouzou
Faculté du Génie de la Construction
Département de Génie Mécanique



En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Génie Mécanique
Option : Fabrication Mécanique et Productique

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Etude et Conception d'un outil de
poinçonnage
à came d'un corps de chauffe
de radiateur à gaz naturel

Proposé par :

Mr: MANKOUR Sofiane (ENIEM)

Encadré par :

Mr : BELAÏD Kamel

Réalisé par :

Mr : BIRI Kocella

Mr : BOUZARARI Mouhoub

Promotion : 2018

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. MANKOURLS que nous remercions beaucoup pour son aide et son orientation tout au long de notre travail à l'entreprise ainsi que tous les personnes de l'unité de prestation technique (UPT) de l'ENIEM l'importance qu'il accorde aux stagiaires.

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

Nos remerciements également tous les membres du jury qui ont bien accepté 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 nos amis(es).

Dédicaces

JE dédier ce travail à toute ma famille:

❖ ***Mes parents***

❖ ***Mes frères et sœurs***

❖ ***Tous mes amis (es), camarades et tous ce qui mon aidé de près ou de loin.***

Koceila.

Il m'est agréable de saisir cette

Occasion pour dédier ce travail à :

❖ ***Mes parents***

❖ ***Mes frères et mes sœurs***

❖ ***Tous mes amis (es), camarades et tous ce qui mon aidé de près ou de loin***

Mouhoub.

Sommaire

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

Présentation de l'entreprise	3
---	---

Chapitre I : Procédés de mise en forme des métaux en feuilles.

I.1-Introduction :	8
--------------------------	---

I.2-Le découpage :	8
--------------------------	---

I.2.1-Définition :	8
--------------------------	---

I.2.2-Principe du découpage :	8
-------------------------------------	---

I.2.3-différentes types de découpage :	9
--	---

a. Cisailage :	9
----------------------	---

b. Crevage :	10
--------------------	----

c. Encochage :	10
----------------------	----

d. Le grignotage :	11
--------------------------	----

e. Ajourage :	11
---------------------	----

f. Détourage :	12
----------------------	----

g. Soyage :	12
-------------------	----

I.2.4-Caractérisation et description du matériau au voisinage du bord de découpe :	13
--	----

I.2.4.1-Description du comportement du métal lors du découpage :	13
--	----

I.2.4.2-Profil du bord de découpe :	14
---	----

I.2.5-Mise en bande des pièces du découpage :	15
---	----

I.2.5.1-Définition du pas :	16
-----------------------------------	----

I.3-Le poinçonnage :	16
I.3.1-principe de poinçonnage :	17
I.3.2-Étapes de poinçonnage :	18
I.3.3-Le jeu de découpage :	21
I-3-4) Avantages et inconvénients du poinçonnage :	22
I.3.5-Efforts de poinçonnage :	22
I.3.5.1-Effort principal de poinçonnage :	22
I.3.5.2-Effort de dévêtissage :	23
I-3-5-3) Effort total de poinçonnage :	24
I.3.5.4-Réduction des efforts de découpe :	24
I.3.6-Résistance d'un poinçon :	25
I.3.6.1-Résistance à la compression :	26
I.3.6.2-Résistance ou flambement :	27
I.4-L'emboutissage :	27
I.4.1-Les opérations de l'emboutissage des métaux :	28
Conclusion :	30

Chapitre II : Généralités sur les presses.

II.1-introduction :	31
II.2-différentes presses :	31
II.2.1-selon le mode de transmission d'énergie :	31
II.2.1.1-Les presses mécaniques :	31
➤ Mécanismes de commandes :	32
➤ Avantages et inconvénients des presses mécaniques.	35
II.2.1.2-Les presses hydrauliques :	35
II.2.2-Selon le nombre de coulisseaux :	37
II.2.2.1-Presses simple effet :	37
II.2.2.2-Presses à double effet :	37
II.2.2.3-Presses à triple effet :	38
II.2.3-Selon la forme du bâti :	39
II.2.3.1-Presses à col de cygne :	39
II.2.3.2-Presses à arcade :	39
II.2.3.3-Presses à montant droit :	40
II.2.3.4-Presses à colonne :	41
II.2.3.5-Presses à table mobile et bigorne :	41
II.3-Critères de choix d'une presse :	42
Conclusion :	42

Chapitre III : Les outils de presses.

III.1-introduction :	43
III.2-Les éléments principaux des outils :	43
III.2.1-Poinçon :	43
III.2.2-Matrice :	44
III.2.4-La dépouille :	44
III.3-Usure des poinçons :	45
III.4-Affûtage :	45
III.5-La lubrification des poinçons et des matrices :	46
III.6-Différents types d'outil de presse :	46
III.6.1-Outils de découpage :	47
III.6.1.1-Outil découvert :	47
a. Outil simple découvert :	47
b. Outil découvert à butées :	47
III.6.1.2-Outil à presse-bande :	48
III.6.1.3-Outil suisse (outil bloc) :	48
III.6.1.4-Outil à contre-plaque :	49
a. À engrenage :	49
b. À couteau :	50

III.6.1.5-Outil de détournage :	50
a. Outil de détournage normal :	50
b. Outil de détournage à Ras :	51
c. Outil de détournage-poinçonnage :	52
III.6.1.6-Outil de reprise :	52
a. Outil de poinçonnage à contre-plaque :	52
b. Outil de poinçonnage à serre-flan :	53
III.6.1.7-Outil combiné :	54
III.6.2-Outil d'emboutissage :	54
III.6.3-Outils de cambrage :	55
a. Outil de cambrage en V :	55
b. Outil de cambrage en U :	56
c. Outil de cambrage en équerre :	56
III.6.4-Outil à cames :	57
III.7-Montage des outils sur les presses :	57
III.7.1-Petites presses :	57
III.7.1-grosse presse :	59
III.8) Graissage des outils :	59
Conclusion :	59

Chapitre IV : Etude et conception de l'outil.

IV.1-introduction :	60
IV.2-Cahier des charges:	60
IV.2.1-travail demandé :	61
IV.2.2-Processus de réalisation :	62
IV.3-Calcul des efforts :	62
IV.3.1-Calcul de l'effort de poinçonnage :	62
IV.3.2-Effort de dévêtissage (F_d) :	65
IV.3.3-Choix des ressorts élastomères :	66
IV.3.4-choix des ressorts de rappel :	70
IV.3.5-Effort vertical fourni pour effectuer le poinçonnage latéral (F_v):	72
IV.3.6-Effort total que doit fournir par la presse :	74
IV.4-Le choix de la presse à utiliser :	75
IV.5-Résistance des poinçons au flambage :	76
IV.6-Détermination du jeu de découpage :	78
IV.7-Calcul du barycentre de l'outil :	79
IV.8-Conception de l'outil:	81
Conclusion générale	86

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de l'entreprise ENIEM.....	6
Figure I.1 : Schématisation du principe du découpage mécanique des tôles.	9
Figure I.2 : Cisailage.....	9
Figure I.3 : Crevage.....	10
Figure I.4 : Encochage.	10
Figure I.5 : Grignotage.....	11
Figure I.6 : Ajourage.....	11
Figure I.7 : Détourage.....	12
Figure I.8 : Soyage.....	12
Figure I.9 : Comportement du matériau au cours de l'opération de découpage.	13
Figure I.10 : Profil de découpe lors du poinçonnage.	14
Figure I. 11 : Disposition des pièces dans une bonde.....	15
Figure I.12 : poinçonnage.....	16
Figure I.13 : Représentation schématique du procédé de poinçonnage.	17
Figure I.14 : Impact.....	18
Figure I.15 : Pénétration.....	18
Figure I.16 : Découpage.....	19
Figure I.17 : Séparation.....	19
Figure I.18 : Fin de course.....	20
Figure I.19 : Le retrait.....	20
Figure I.20 : Jeu entre le poinçon et la matrice.....	21

Figure I.21 : Jeu de découpage.....	21
Figure I.22 : Jeu de poinçonnage.	21
Figure I.23 : Poinçon étager.	24
Figure I.24 : Vague de coupe.	25
Figure I.25 : Poinçons en position de travail.....	26
Figure I.26 : Contrainte de compression sur le poinçon.....	26
Figure I.27 : Exemple de flambement d'un poinçon de découpage.....	27
Figure I.28 : Procédé d'emboutissage.	28
Figure I.29 : La préparation de l'emboutissage.	28
Figure I.31 : L'emboutissage proprement dit.	29
Figure I.30 : Le serrage du flan.	29
Figure I.32 : L'enlèvement du poinçon puis du serre-flan.....	30
Figure I. 33 : Le détournage de la pièce emboutie.	30
Figure II.1 : Presse mécanique.	32
Figure II.2 : Système bielle-manivelle.	33
Figure II.3 : Système a genouillère.	33
Figure II.4 : Système à came.....	34
Figure II.5 : Système excentrique.	35
Figure II.6 : presse hydraulique.....	36
Figure II.7 : Presses à simple effet.	37
Figure II.8 : Presses à double effet.	38
Figure II.9 : Principe de fonctionnement de presse à triple effets.....	38
Figure II.10 : presse à Col de cygne.....	39

Figure II. 11 : presse à arcade.	40
Figure II.12 : presse à montant droit.	40
Figure II.13 : Presse à colonne.	41
Figure II.14 : Presse à table mobile et bigorne.....	41
Figure III.1 : Poinçon épaulé.....	43
Figure III.2 : l'ensemble poinçon-matrice.....	44
Figure III.3 : angle de dépouille de la matrice.	44
Figure III.4 : usure de poinçon.	45
Figure III.5 : Affutage de la matrice.	46
Figure III.6 : Lubrification des poinçons et matrices.	46
Figure III.7 : outil simple découvert.....	47
Figure III. 8 : Outil découvert à butées.	47
Figure III.9 : Outil à presse-bande.....	48
Figure III.10 : Outil suisse.....	49
Figure III.11 : Outil à engrenage.....	49
Figure III.12 : Outil à couteau.....	50
Figure III.13 : Outil de détournage normal.	51
Figure III.14 : Outil de détournage à ras.	51
Figure III.15 : Outil de détournage-poinçonnage.....	52
Figure III.16 : différentes façons de Guidage de flan dans l'outil de reprise.....	52
Figure III.17 : Outil de poinçonnage à contre- plaque.	53
Figure III.18 : Outil de poinçonnage à serre-flan.....	53
Figure III.19 : Outil combiné.	54

Figure III.20 : Outil à serre-flan actionné par coulisseaux.....	54
Figure III.21 : Outil à serre-flan actionné par ressorts.	55
Figure III.22 : Outil de cambrage en V.	55
Figure III.23 : Outil de cambrage en U.	56
Figure III.24 : Outil de cambrage en équerre.	56
Figure III.26 : principe de fonctionnement	57
Figure III.25 : Outil à came.....	57
Figure III.27 : Plateau de presse.....	58
Figure III.28 : Système de fixation de la partie inferieure de l’outil.....	58
Figure III.29 : Système de fixation de la partie supérieure de l’outil.....	58
Figure III.30 : Les rainures en T sur le coulisseau et le plateau.....	59
Figure IV.1 : le corps de chauffe.....	60
Figure IV.2 : Dimension des trous à poinçonner verticalement.....	61
Figure IV.3 : Dimension des trous à poinçonner latéralement.....	61
Figure IV.4 : poinçonnage vertical.....	63
Figure IV.5 : poinçonnage latéral.....	64
Figure IV.6 : Schéma de dimensionnement d’un Ressort élastomère.....	67
Figure IV.7 : différents charges (F) des ressorts élastomère (chloroprène noir) en fonction de la course (s).	68
Figure IV.8 : différents charges (F) des ressorts élastomère (chloroprène rouge) en fonction de la course (s).	69
Figure IV.9 : dimensionnement d’un Ressort.	70
Figure IV.10 : différents types de ressorts.	70
Figure IV.11 : L’inclinaison de la came.....	72
Figure IV.12 : décomposition de l’effort vertical (F_V).....	73
Figure IV.13 : Positions des centres de gravité.....	79

Liste des tableaux

Tableau I. 1 : Résistance au cisaillement (RC) de quelques matériaux.	23
Tableau IV. 1 : catalogue RABOURDIN dimension des ressorts élastomères.	67
Tableau IV. 2 : catalogue RABOURDIN ressort charge extra forte.....	71
Tableau IV.3 : Valeurs de la longueur de flambage l en fonction de la longueur L	76
Tableau IV. 4 : centre d'inertie des efforts de poinçonnage.	80
Tableau IV. 5 : Les différents matériaux utilisés.	83

Introduction générale

La conception, la fabrication et la mise au point des pièces ou structures utilisant des matériaux métalliques pour l'industrie vivent actuellement une importante évolution. En effet, le marché, les nouvelles réglementations, la sécurité, les économies d'énergie et la prise en compte du développement durable conduisent à l'utilisation de nouveaux matériaux métalliques de plus en plus résistants. Cette amélioration des propriétés mécaniques est souvent associée à des microstructures multiphasées et des changements de phase peuvent se produire au cours de la déformation.

L'homme a depuis toujours cherché à transformer la matière qui l'entoure pour acquérir différents objets utiles de la vie quotidienne. Parmi les techniques de transformation de la matière, la mise en forme des matériaux par déformation plastique est une des plus anciennes. La fabrication d'une pièce utilisant cette technique dépend des caractéristiques mécaniques du matériau, de la forme des outils, de la lubrification, de la température de formage, des forces de serrage, de l'usure des outils. Compte tenu de la dépendance de ces différents paramètres, cette technique est restée pendant longtemps un art réservé à quelques initiés.

La transformation des tôles mécaniques en produits finis a une importance considérable dans de nombreuses industries telles que le domaine de la construction mécanique. Les moyens informatiques modernes, et les logiciels dits de conception assistée par ordinateur « **SolidWorks** », constituent des moyens puissants dans ce domaine. Le couplage de ces logiciels avec les algorithmes mathématique d'optimisation des paramètres de procédés est l'utilisation croissante dans les travaux de mises en formes des matériaux, tels que la conception et la simulation numérique des outils pour concevoir et fabriquer des produits par déformation plastique (poinçonnage, emboutissage et découpage...), dans des conditions opératoires optimales et selon un critère de qualité défini. Il consiste à optimiser les variables et les paramètres du produit (dimensions du flan, géométrie des outils, les efforts et les phénomènes qui se produisent pendant les travaux sur les métaux en feuilles) afin de fabriquer au sein des entreprises.

Parmi ces entreprises, nous citerons à titre d'exemple, l'entreprise nationale d'électroménager ENIEM, qui s'inscrit dans ce contexte dans le but d'améliorer sa gamme de produits et d'éviter l'importation.

Dans le cadre de notre travail, l'unité de prestation technique (UPT) de l'ENIEM nous a confié de faire une étude et conception d'un outil pour l'entreprise « SONARIC ». qui va servir à réaliser un poinçonnage vertical et latérale sur le corps de chauffe.

- Le corps de chauffe : une pièce de radiateur à gaz naturel.
- SONARIC : société nationale de réalisation et de gestion des industries connexes qui est spécialisé en activité de fabrication et commercialisation des produits électroménagers.

Pour répondre au besoin de l'entreprise nous devons de notre part arriver à la fin de notre travail, il est impératif de se munir de connaissances suffisantes des phénomènes qui se produisent lors des opérations de mise en forme, l'architecture des outils et le choix des presses qui donnent le meilleur résultat au niveau rentabilité, fiabilité et bas prix de revient.

Pour ce faire, le travail a été réparti comme suit :

Après une introduction générale et la présentation de l'entreprise nationale des industries électroménagères,

- Le premier chapitre : traite les différents procédés de mise en forme des métaux en feuilles par déformation plastique : (découpage, poinçonnage et emboutissage).
- Le deuxième chapitre : sur les différentes presses et leurs différents équipements utilisés dans l'industrie pour la production des pièces mécaniques.
- Le troisième chapitre : sur les outils utilisée dans les différentes opérations de mise en forme 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.
- Le quatrième chapitre, est consacré à l'étude et conception de l'outil de poinçonnage en utilisant le logiciel de conception assisté par ordinateur (CAO).

Enfin, nous terminons par une conclusion générale sur les travaux décrits dans ce document.

Présentation de l'entreprise

1. Création et Evolution de l'ENIEM :

L'Entreprise Nationale des Industries Electroménagères 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 (U. Cuis).
- 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 prestation technique

Elle consiste à faire une étude technique de produit et l'examiner de façon à avoir la possibilité de sa production par rapport aux moyens au sein de l'entreprise (machine, personnel, technologie...etc.).

3.6 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 ...).

3.7 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

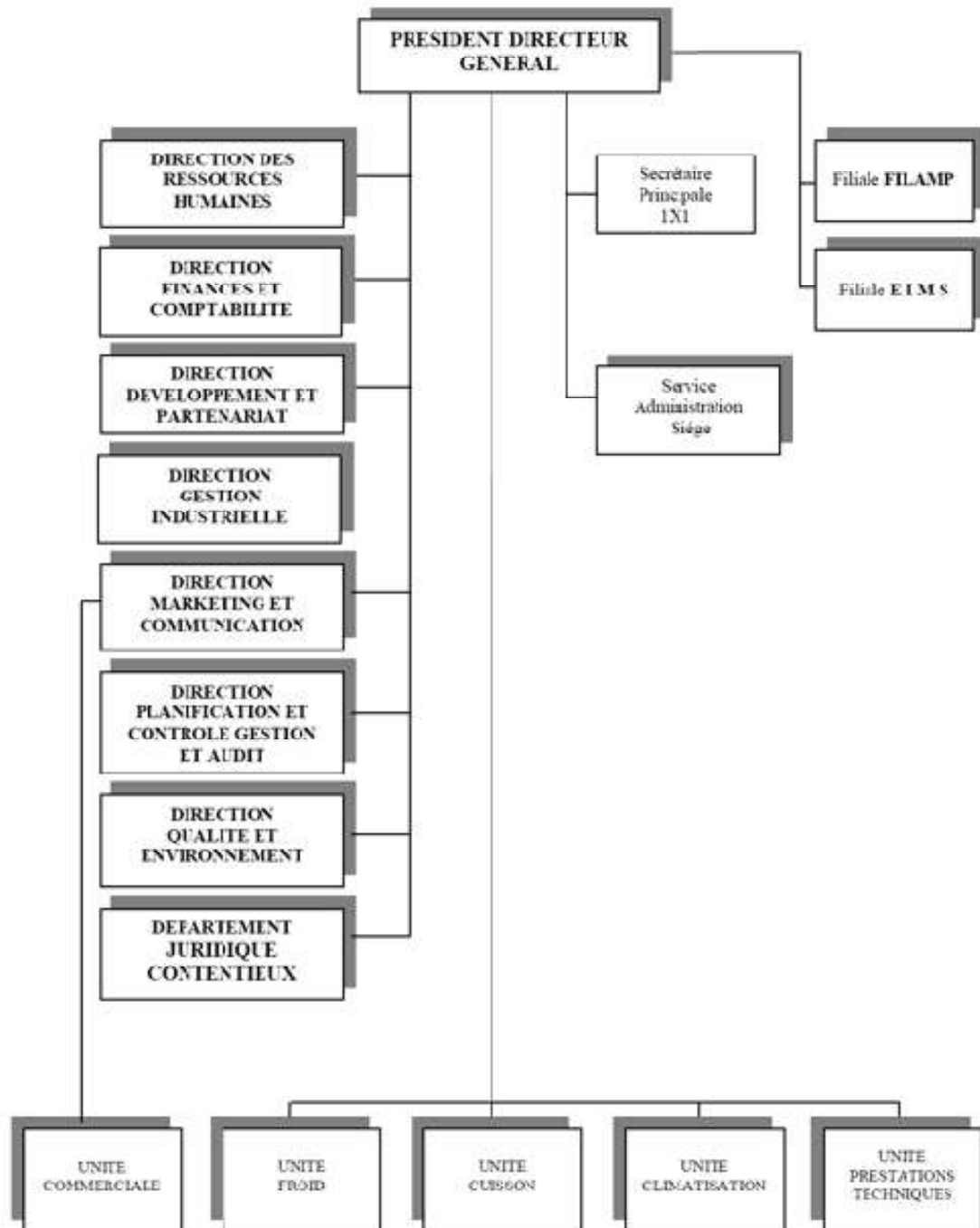


Figure 1 : Organigramme de l'entreprise ENIEM.

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 :

Procédés de mise en forme des métaux en feuilles

I.1-Introduction :

On entend par tôle un produit métallique plat, qui peut se présenter sous forme de feuilles ou de bobines. La fabrication des pièces de tôle aux formes demandées et obtenue par différentes procédés.

L'objectif premier des procédés des mises en forme des métaux en feuilles 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 en feuilles sont apparus progressivement, donnant naissance par la suite à diverses variantes, parfois très nombreuses. Les formes modernes des divers procédés sont les plus souvent apparues récemment pour assurer la production en grande série de pièces à faible coût. Parmi ces procédés, nous citerons : le découpage, poinçonnage et l'emboutissage.

I.2-Le découpage :

I.2.1-Définition :

Le découpage mécanique fait partie des procédés de transformation à froid des métaux. Ce type de procédé est de loin le plus pratiqué dans le domaine industriel. Il consiste à détacher par cisaillement un contour donné d'un produit plat (tôle).

L'opération se fait sur une presse par l'intermédiaire d'un outil dont les parties travaillantes (arêtes de coupe) sont le poinçon et la matrice qui glissent l'un par rapport à l'autre. L'élément de tôle détaché est appelé le flan ou débouchure.

I.2.2-Principe du découpage : [3]

Le découpage consiste à obtenir des pièces par cisailage de tôles. Plus particulièrement il consiste à séparer en deux parties une tôle ou une bande de matière généralement suivant un profil fermé.

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

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

Deux autres éléments principaux entrent en jeu lors du découpage :

- Une tôle ou bande de matière à découper.

- Un dévêtisseur (serre flan), qui a pour fonctions le maintien de la bande au cours du découpage, le guidage précis des poinçons par rapport aux matrices et le dévêtissage des poinçons de la matière découpée.

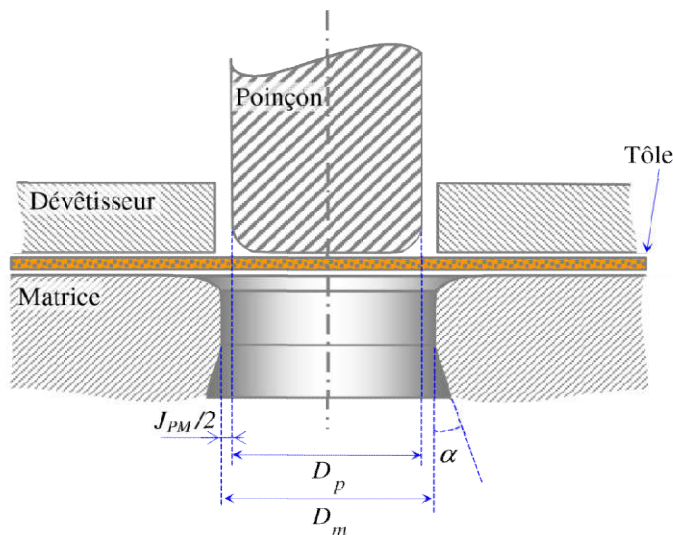


Figure I.1 : Schématisation du principe du découpage mécanique des tôles.

I.2.3-différents types de découpage :

a. Cisailage :

Le cisailage est une technique de découpage sans création de déchet. Il permet de séparer totalement ou partiellement un élément métallique à l'aide de deux lames dont l'une au moins est mobile.

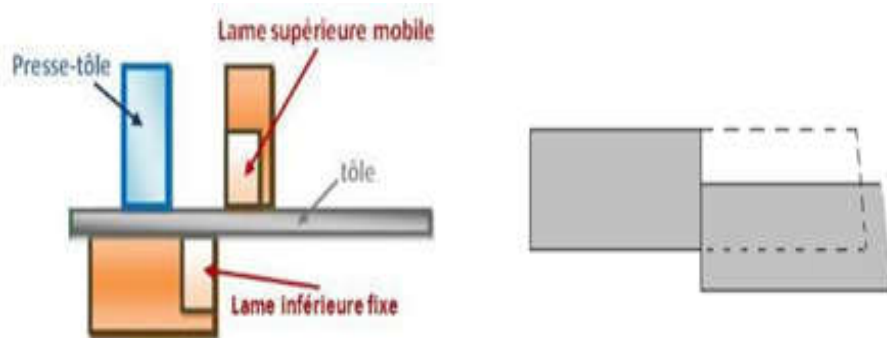


Figure I.2 : Cisailage.

b. Crevage :

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

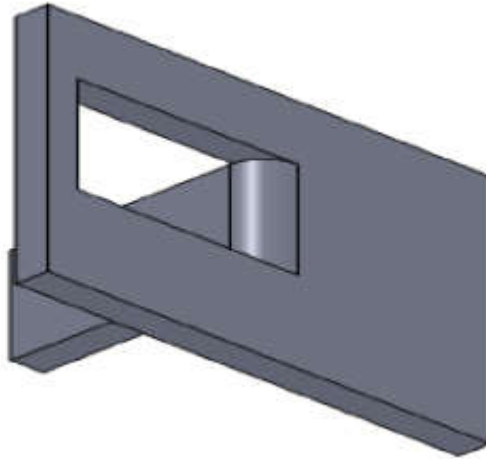


Figure I.3 : Crevage.

c. Encochage :

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

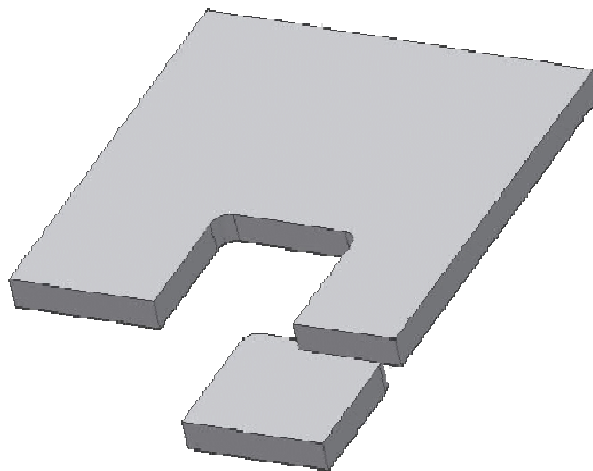


Figure I.4 : Encochage.

d. Le grignotage :

Le grignotage s'applique généralement sur les tôles minces. Il s'agit d'une méthode de découpage par enlèvement de petites quantités de matière, il consiste à découper un pour tour intérieur ou extérieur par de multiples coups de poinçon.

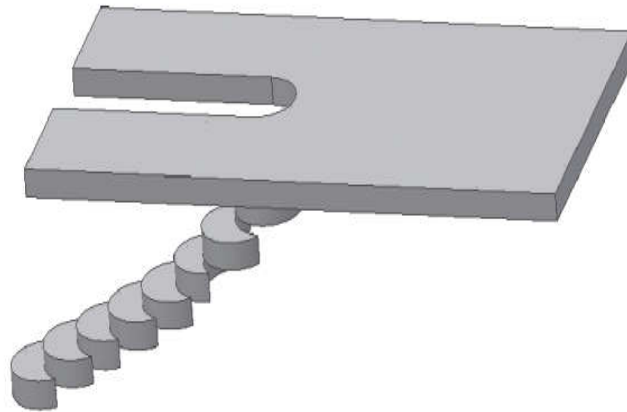


Figure I.5 : Grignotage.

e. Ajourage :

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

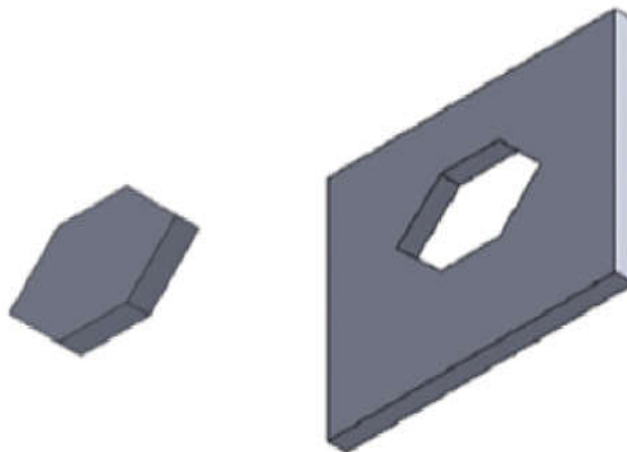


Figure I.6 : Ajourage.

f. Détourage :

Il s'agit d'une opération de finition d'une pièce, qui consiste à découper les surfaces excédentaires autour d'une pièce préalablement finie pour obtenir la pièce finale.

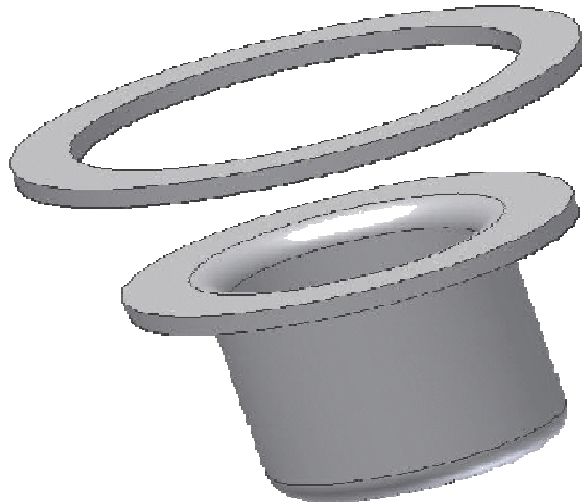
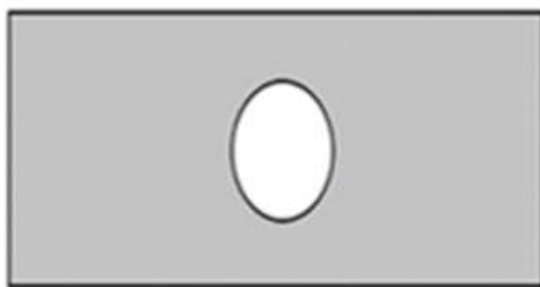


Figure I.7 : Détourage.

g. Soyage :

Le soyage est la réalisation d'un collet (relevage des bords d'un trou) obtenu soit, après poinçonnage d'un trou, soit à l'aide d'un poinçon épauler qui poinçonne le trou dans le vide et relève les parois de ce dernier, en même temps



Plaque troué



Relevage de bord (collet)

Figure I.8 : Soyage.

I.2.4-Caractérisation et description du matériau au voisinage du bord de découpe : [4]

Le découpage engendre de fortes dégradations de l'état du matériau et induit des contraintes résiduelles au voisinage du bord découpe. Cependant, il paraît important de connaître localement le comportement du métal lors du découpage et les zones affectées du matériau.

I.2.4.1-Description du comportement du métal lors du découpage :

En analysant le diagramme de l'effort vertical exercé sur le poinçon en fonction de sa pénétration dans la tôle. Il distingue cinq phases principales comme le montre la **Figure I.9**.

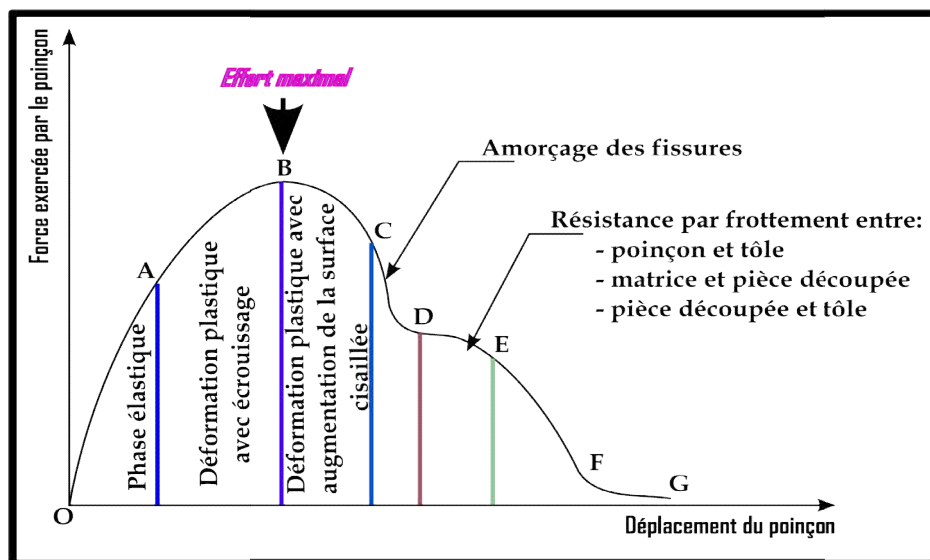


Figure I.9 : Comportement du matériau au cours de l'opération de découpage.

Phase OA : Caractérise un comportement élastique. Dans cette phase, la partie de la tôle découpée subit un bombé attribué à un phénomène de flexion.

Phase AB : L'allure non linéaire de cette portion du diagramme indique une plastification de la tôle, plastification qui est accompagnée par un durcissement du matériau (écrouissage) caractéristique du comportement d'un matériau ductile.

Phase BC : La chute de l'effort exercé sur le poinçon depuis le point B est liée à une perte de portance de la tôle. Une partie de l'épaisseur de la tôle au voisinage de la matrice est cisailée.

Autrement dit, on assiste à un début de découpage par réduction de la section cisailée qui engendre l'affaiblissement de la résistance de la tôle.

Phase CD : La chute brutale de l'effort à une profondeur de pénétration pratiquement constante, est attribuée à un amorçage de fissure et à la propagation de celle-ci.

Phase DE : La résistance de la tôle par cohésion étant totalement mobilisée (phase AB, phase BC, phase CD et phase DE) semble liée aux différents phénomènes qui interviennent après cisaillement de la tôle. Une résistance par frottement entre la pièce découpée et la tôle est présente dans cette phase.

I.2.4.2-Profil du bord de découpe :

En plus de la courbe effort-pénétration, les industries s'intéressent à l'aspect de la surface découpée, qui est un indicateur sur la qualité du procédé. Le profil de découpe présente une surface irrégulière qui est divisée en quatre zones (Figure I.10).

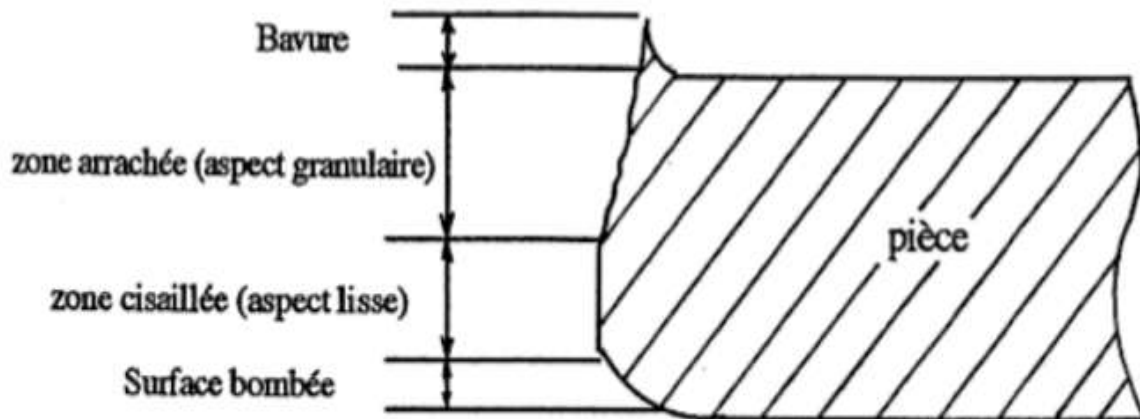


Figure I.10 : Profil de découpe lors du poinçonnage.

- ❖ Une zone pliée ou bombée : c'est la partie de la matière qui a été entraînée en premier lors de la pénétration de l'outil. Elle est due aux déformations élastoplastique subies au début du poinçonnage.
- ❖ Une zone de rupture en cisaillement (zone lisse) : caractérisée par un aspect lisse et plat.

- ❖ Une zone de rupture ductile (zone rugueuse) : caractérisée par une surface présentant des cupules.
- ❖ Une bavure : une légère irrégularité apparaît en fin de poinçonnage due essentiellement à la localisation de la rupture.

I.2.5-Mise en bande des pièces du découpage :

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

Les pièces sont obtenues à partir :

- d'une bande
- d'un rouleau
- d'une feuille

La mise en bande peut être : directe, imbriquée ou à la retournée

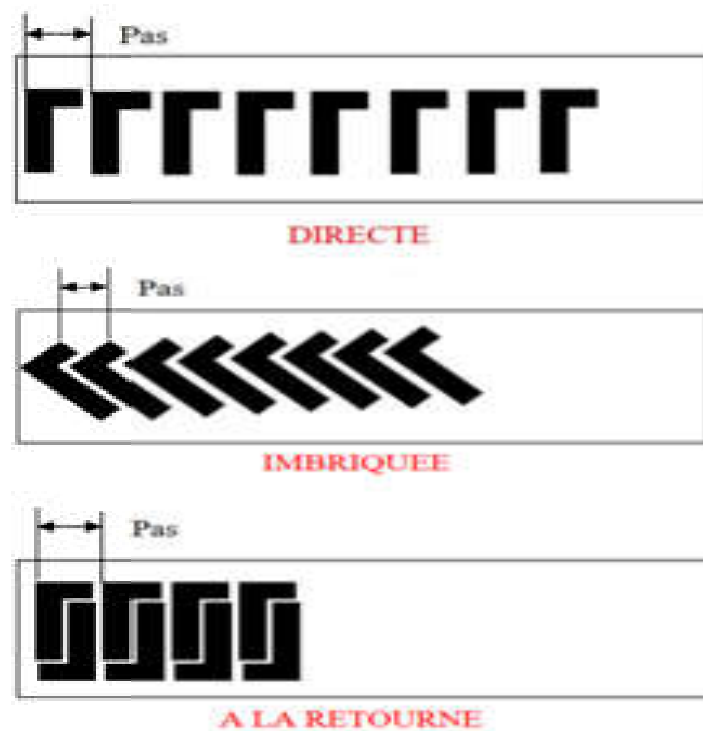


Figure I. 11 : Disposition des pièces dans une bande.

I.2.5.1-Définition du pas :

Le pas correspond à la distance sur la bande qui sépare deux opérations de découpage. Pour un même nombre de pièce. Plus le pas est grand, plus la consommation de tôle est importante.

Il s'avère donc important d'optimiser la mise en bande, afin de réduire au minimum les pertes de matière.

I.3-Le poinçonnage :

Le poinçonnage est une opération de découpe à la presse, qui consiste à exécuter des trous dans le métal, à l'aide d'un poinçon et une matrice, deux outils comparables aux lames de cisaille. La descente du poinçon dans la matrice découpe le matériau. En principe il n'y a pas de limite au poinçonnage, seule la puissance de la machine limite l'épaisseur des matériaux à découper en fonction des caractéristiques mécaniques du matériau. Ce procédé permet d'obtenir de grandes précisions de découpe. Il aussi utilisé en construction métallique pour percer les profilés.



Figure I.12 : poinçonnage.

I.3.1-principe de poinçonnage : [5]

On considère que le poinçonnage est un cisailage de forme fermée, effectué par un poinçon agissant sur une matrice.

Généralement, le poinçonnage est utilisé en tôlerie pour réaliser des trous et découper des flans de formes complexes parfois non rectangulaires. La rupture s'effectue après un effort de traction.

Les machines classiques de poinçonnage sont constituées d'un poinçon, d'une matrice et d'un serre-flan. L'ensemble est monté sur une presse mécanique ou hydraulique. Le poinçon a la forme générale d'un cylindre mais d'autres formes peuvent exister. La tôle vient se fixer entre la matrice et le serre-flan (Figure I.13).

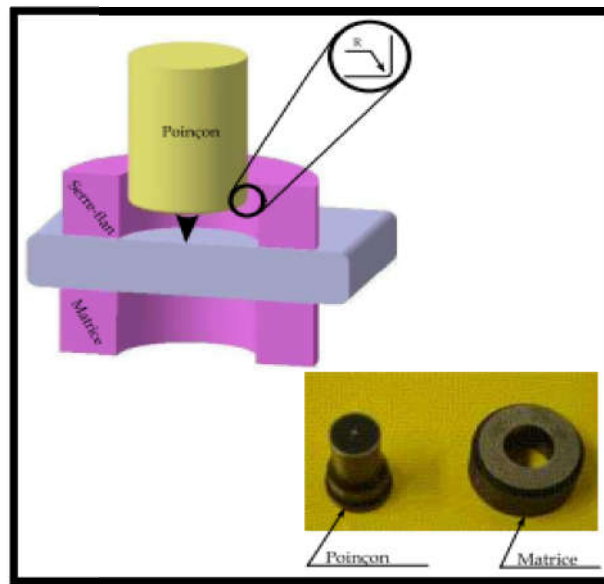


Figure I.13 : Représentation schématique du procédé de poinçonnage.

Le poinçon est guidé en translation, généralement avec un mouvement du haut vers le bas. Initialement le poinçon vient au contact du matériau, et avec l'accroissement de la pénétration, il déforme plastiquement la tôle jusqu'à engendrer des fissures. La croissance et la propagation de ces fissures se font dans les zones proches des rayons de courbure du poinçon et de la matrice. Finalement, lorsque la pénétration atteint une valeur critique, une rupture ductile se produit et la matière se sépare donnant ainsi la forme du produit final. Cette pénétration critique se situe entre 15 et 85% de l'épaisseur de la tôle. Elle dépend essentiellement du jeu, de la ductilité du matériau et de l'épaisseur de la tôle.

I.3.2-Étapes de poinçonnage :

Du début à la fin de la course du coulisseau le processus de poinçonnage passe respectivement par les étapes suivantes :

1. Impact :

C'est une étape dans laquelle le poinçon s'engage, sous l'effort d'un choc qui provoque un gonflement dans la surface de la pièce dû à la concentration des charges de compression. (Figure I.14).

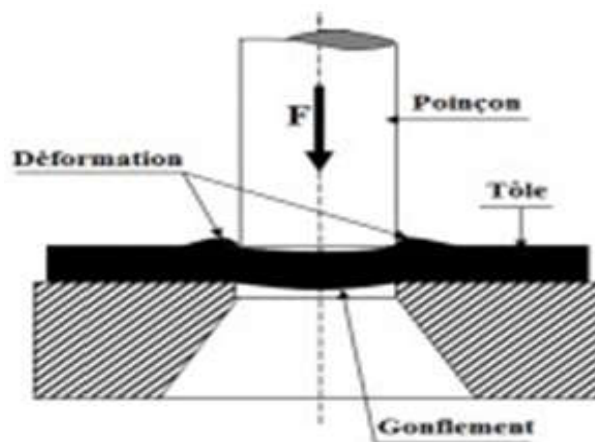


Figure I.14 : Impact.

2. Pénétration :

C'est la déformation plastique de la pièce par allongement des fibres et formation d'une poche de vide entre la surface de la pièce et du poinçon (Figure I.15).

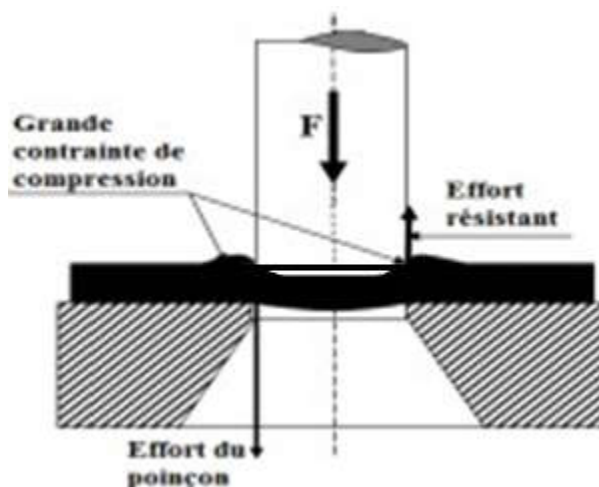


Figure I.15 : Pénétration.

3. Découpage :

Forte contrainte de compression, dépassement de la limite élastique donne naissance à des fissures de la tôle entre le poinçon et la matrice (début de cisaillement). (Figure I.16).

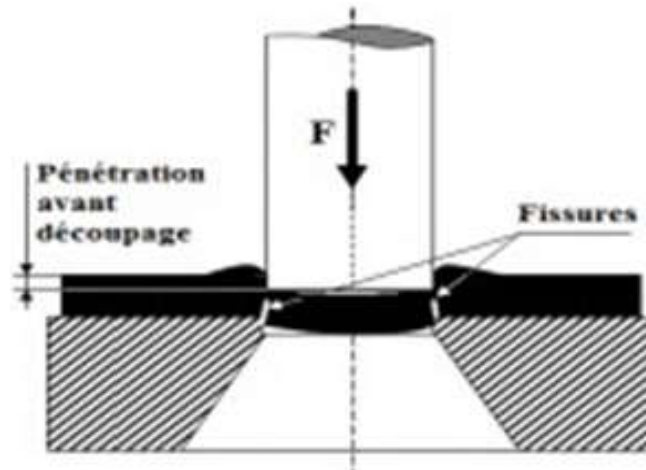


Figure I.16 : Découpage.

4. Séparation :

Les fissures formées dans l'étape précédent se développent et provoquent la rupture par extension des fibres.

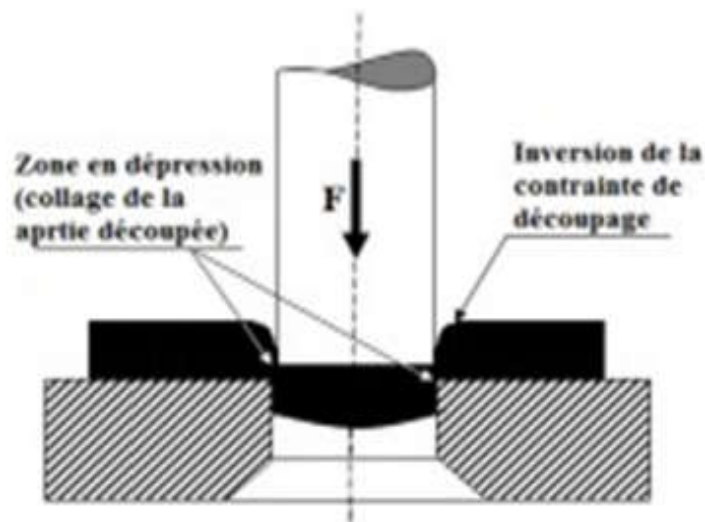


Figure I.17 : Séparation.

5. Fin de course :

L'enfoncement du déboucheur et du poinçon dans la matrice, le déboucheur s'enfonce vers le cœur de la pièce puis se retire lentement, (Figure I.18).

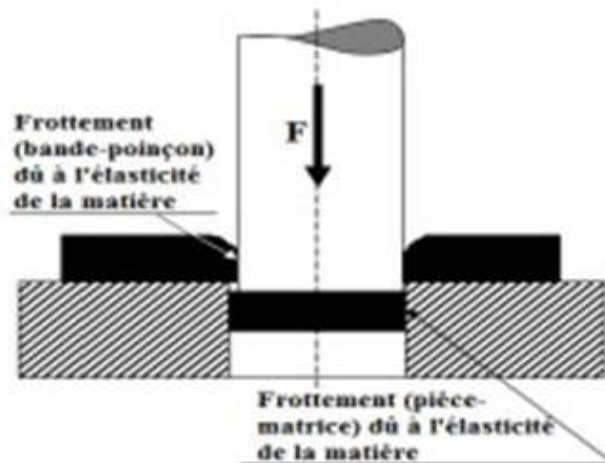


Figure I.18 : Fin de course.

6. Le retrait :

En fin de course, le poinçon recule en surmontant la friction qui est due au serrage de la pièce qui l'entrouvre (déboucheur), (Figure I.19).

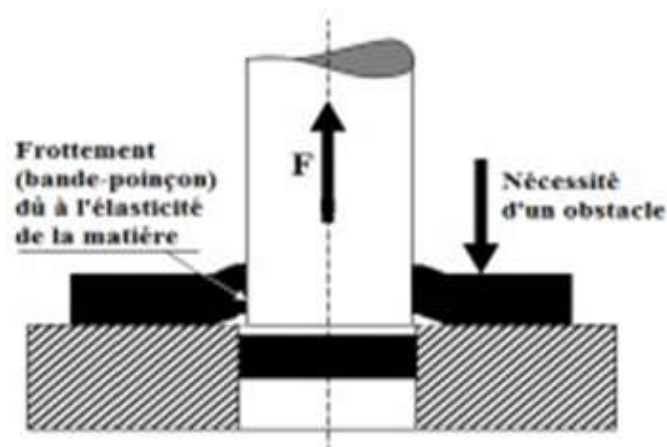


Figure I.19 : Le retrait.

I.3.3-Le jeu de découpage :

C'est l'écart entre les arêtes de coupe du poinçon et de la matrice. Parmi les paramètres importants dans tous les travaux de découpage. Un matériau tendre nécessitera un jeu de valeur faible.

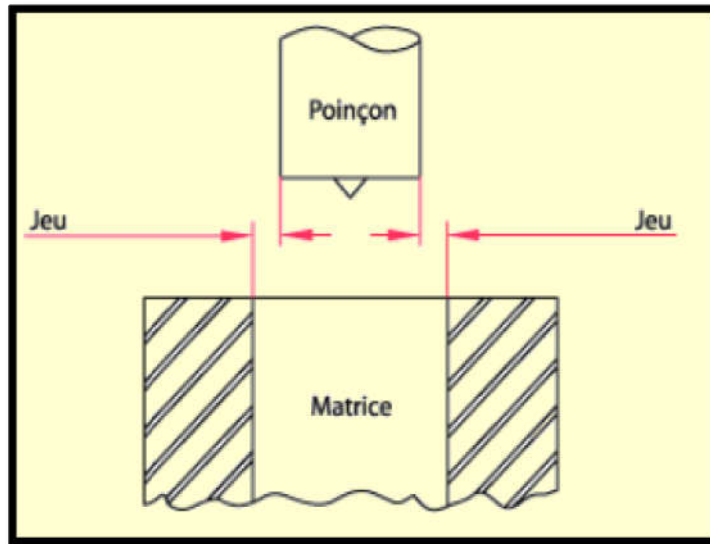


Figure I.20 : Jeu entre le poinçon et la matrice.

- Pour le découpage le jeu est à prendre sur le poinçon. (Figure I.21)
- Pour le poinçonnage le jeu est à prendre sur la matrice. (Figure I.22)

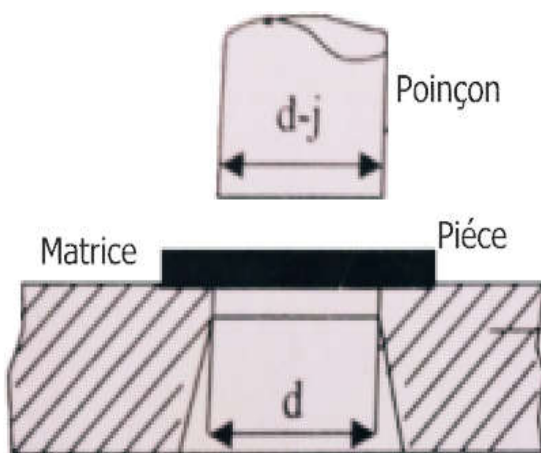


Figure I.21 : Jeu de découpage.

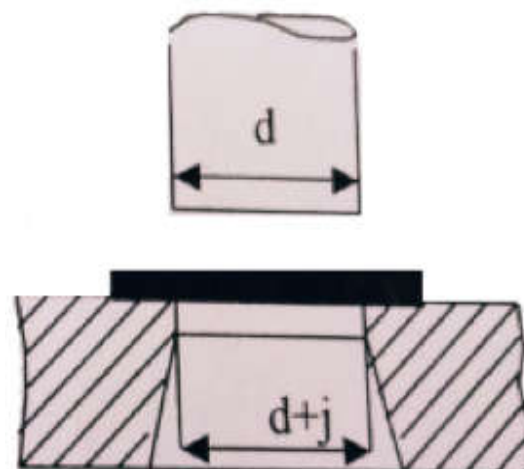


Figure I.22 : Jeu de poinçonnage.

Rôle :

- Il influe sur le bord de la pièce obtenue (bavure).
- Il diminue l'usure du poinçon et de la matrice.
- Il permet de poinçonner avec un effort minimum.
- Il permet également de garantir une coupe nette et franche.

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

- $J = 0,05 \cdot e$ pour l'acier doux, laiton et cuivre
- $J = 0,06 \cdot e$ pour l'acier mi-dur
- $J = 0,07 \cdot e$ pour l'acier dur
- $J = 0,1 \cdot e$ pour l'aluminium

I-3-4) Avantages et inconvénients du poinçonnage :**Avantages :**

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

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

Inconvénients :

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

I.3.5-Efforts de poinçonnage :**I.3.5.1-Effort principal de poinçonnage :**

C'est l'effort nécessaire au découpage d'une pièce donnée. Il dépend essentiellement de l'épaisseur de la tôle, du périmètre de la section du trou, la résistance du métal au cisaillement et des frottements qui sont généralement négligés.

L'effort du poinçonnage est calculé par la relation suivant :

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

Avec :

F : Effort de découpage (daN)

P : Périmètre du profil détaché (mm)

e : Epaisseur de la tôle (mm)

R_C : Résistance pratique au cisaillement (daN/mm²)

Le tableau suivant indique la valeur de la résistance au cisaillement **R_C** pour les matériaux les plus utilisés l'industrie :

Matériaux	R _C (daN/mm ²)
Acier dur	70
Acier inoxydable	55
Acier doux	40
Aluminium	10

Tableau I. 1 : Résistance au cisaillement (R_C) de quelques matériaux.

I.3.5.2-Effort de dévêtissage : [6]

C'est l'effort nécessaire pour découler la bonde de métal du poinçon. Cet effort varie suivant l'importance du déchet autour de celui-ci.

- Pour un découpage en pleine tôle, donc avec d'important déchet, l'effort dévêtissage est égal à 7% de l'effort de découpage :

$$F_{\text{devêtissage}} = 7\% F_{\text{découpage}}$$

- Pour une faible perte de métal (déchet faible), l'effort dévêtissage est égal à 2% de l'effort de découpage. .

$$F_{\text{dévêtissage}} = 2\% F_{\text{découpage}}$$

I-3-5-3) Effort total de poinçonnage :

L'effort de poinçonnage est égal à la somme des différents efforts. Son résultat permet de déterminer la presse adéquate. (L'effort correspondant à la presse d'exprime le plus généralement en tonne-force).

$$F = F_{\text{principal}} + F_{\text{dévêtissage}}$$

I.3.5.4-Réduction des efforts de découpe : [6]

La réduction des efforts, soit dans le cas des tôles épaisses ou dans le cas de poinçonnage des trous à grands diamètres.

a) Poinçon étager:

Ils sont de longueurs différentes. Les plus courts poinçonnent la pièce. Les plus longs découpent la pièce. La différence de longueur est égale à l'épaisseur du métal découpé.

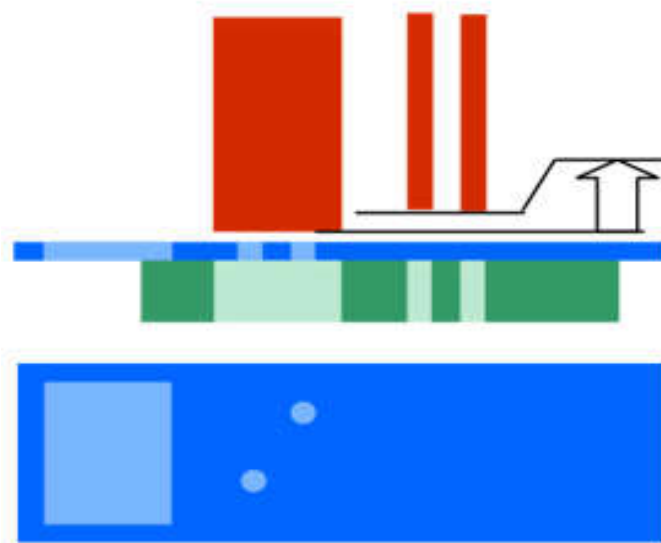


Figure I.23 : Poinçon étager.

b) Vague de coupe :

La profondeur de la vague est voisine de l'épaisseur du métal à couper. Les vagues placées sur la matrice déforment la bande, placées sur le poinçon déforment la débouchure.

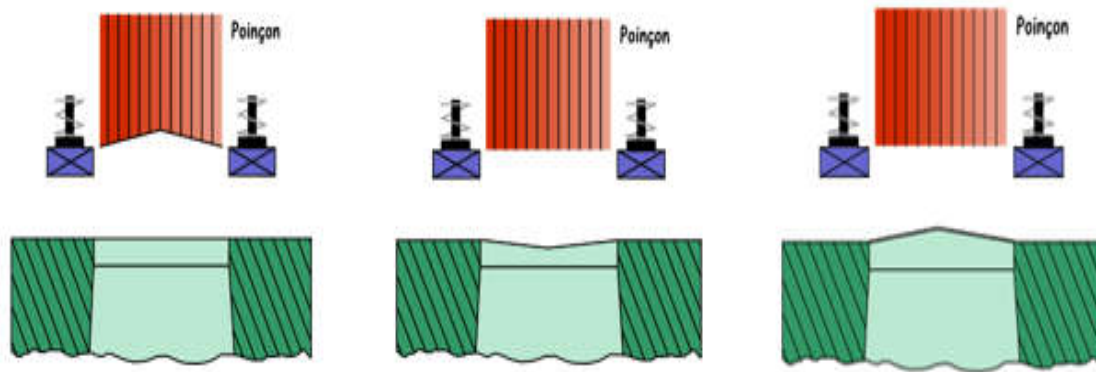


Figure I.24 : Vague de coupe.

I.3.6-Résistance d'un poinçon :

Pour réaliser un trou de poinçonnage, il faut que la résistance du poinçon (compression, flambement) soit supérieure à la résistance du matériau au cisaillement. Chaque poinçon a donc une capacité de coupe limitée, qui est établie en fonction de la dureté et de l'épaisseur du matériau à poinçonner. Donc, il serait inutile et dangereux de tenter de poinçonner une plaque d'acier doux de 10 mm d'épaisseur à l'aide d'un poinçon de 2 mm de diamètre.

D'une façon générale, on peut dire qu'un poinçon de bonne qualité permet de poinçonner l'acier doux jusqu'à une épaisseur qui correspond à son diamètre.

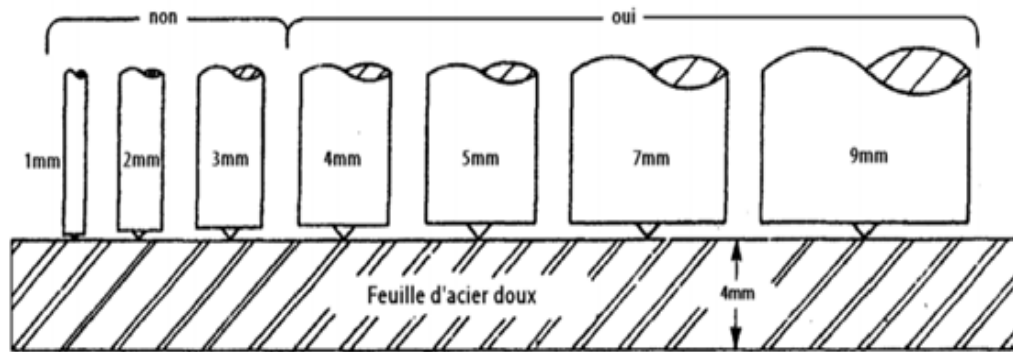


Figure I.25 : Poinçons en position de travail.

I.3.6.1-Résistance à la compression : [7]

La contrainte de compression des outils est calculée comme indiqué sur la *Figure I.26*.

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

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

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

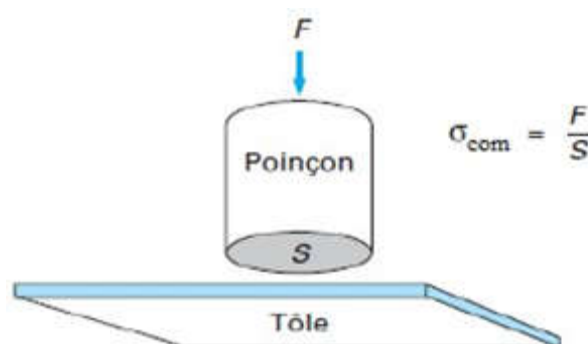


Figure I.26 : Contrainte de compression sur le poinçon.

Avec :

- σ_{com} : Contrainte de compression (MPa)
- R_e : La limite élastique du poinçon (MPa)
- F : Effort de découpage (N)
- S : Section du poinçon (mm²)

I.3.6.2-Résistance ou flambement : [7]

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 I.27** est alors important de prévoir le risque de flambement d'un tel poinçon. Pour cela, on détermine la charge critique (P_{cr}) en utilisant la formule d'Euler avec les conditions d'encastrement d'un côté et de mouvement libre de l'autre :

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

Avec :

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

I : Moment d'inertie du poinçon.

l : Longueur libre de flambement.

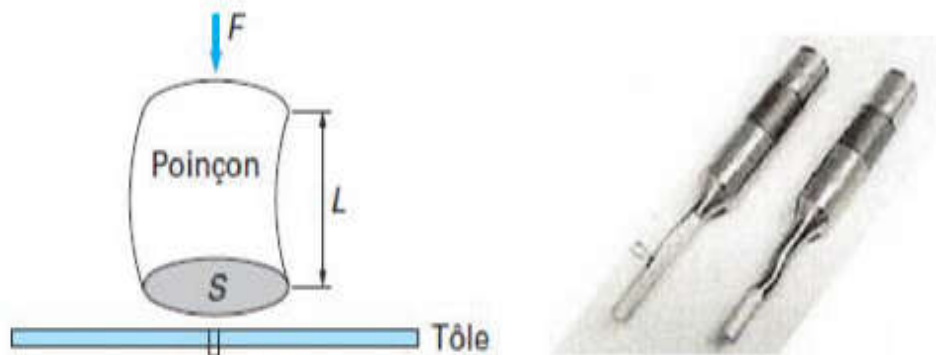


Figure I.27 : Exemple de flambement d'un poinçon de découpage.

I.4-L'emboutissage :

L'emboutissage est un procédé de formage par déformation plastique à chaud ou à froid des métaux afin d'obtenir des pièces de forme complexe non développables. Cette technique de fabrication transforme une feuille de tôle mince appelée flan en une pièce de forme bien déterminée à l'aide d'un outillage simple ou double (un poinçon, une matrice et un serre-flan) et avec une application d'une pression métrisée.

Cette opération permet d'obtenir rapidement des tôles embouties à moindre coût.

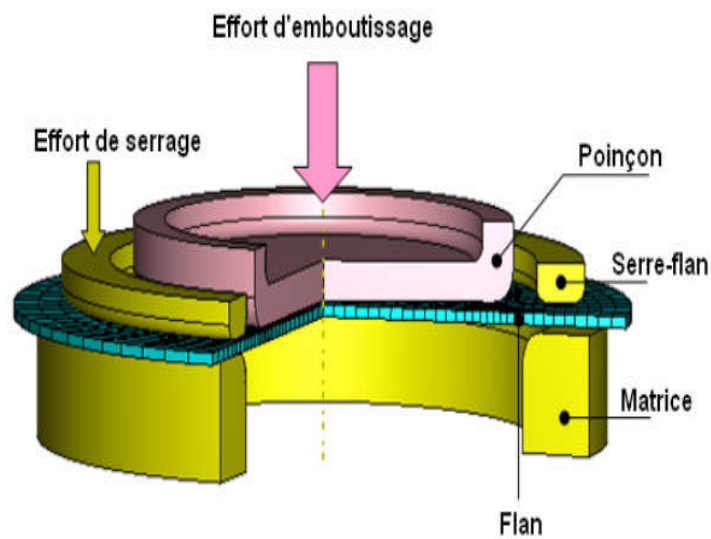


Figure I.28 : Procédé d'emboutissage.

I.4.1-Les opérations de l'emboutissage des métaux :

1. La préparation de l'opération d'emboutissage :

Dans la première étape, le poinçon et le serre-flan sont relevés. La tôle (ou le flan), préalablement graissée est posée sur la matrice.

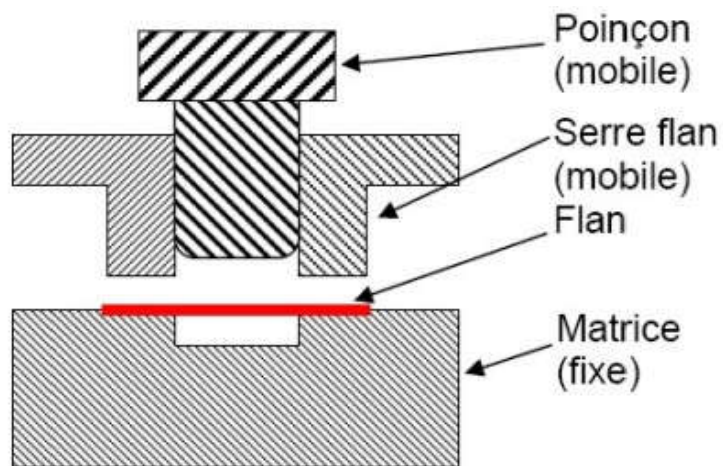


Figure I.29 : La préparation de l'emboutissage.

2. Le serrage du flan :

Le serre-flan descend et vient appliquer une pression de serrage afin de maintenir le flan tout en lui permettant de se déformer plastiquement.

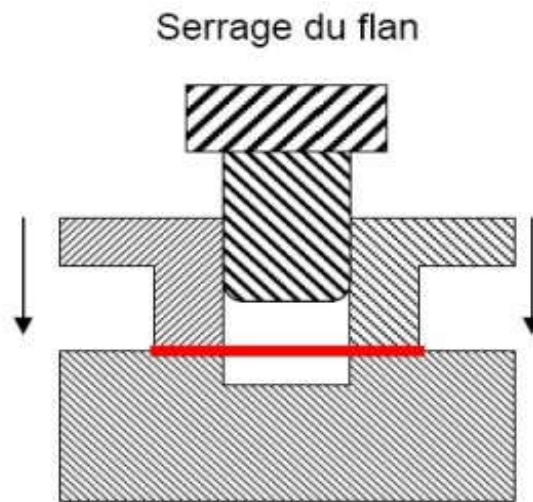


Figure I.30 : Le serrage du flan.

3. L'emboutissage :

Le poinçon descend et déforme plastiquement la tôle en l'appliquant contre le fond de la matrice.

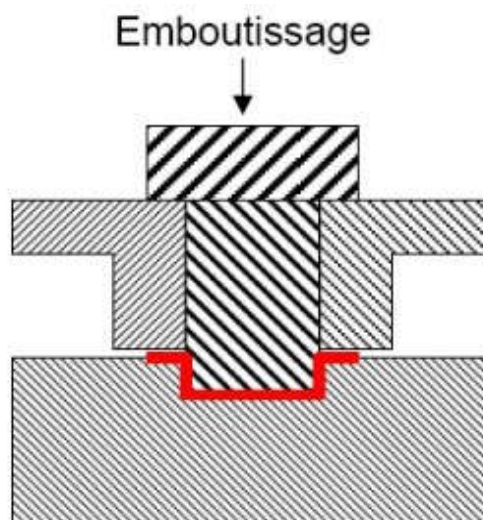


Figure I.31 : L'emboutissage proprement dit.

4. L'enlèvement des outils :

Le poinçon puis le serre-flan se relèvent : la pièce conserve la forme acquise (limite d'élasticité dépassée).

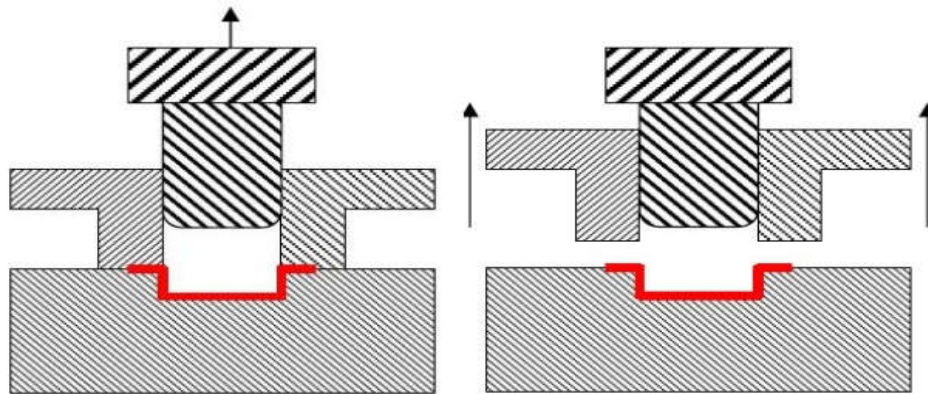


Figure I.32 : L'enlèvement du poinçon puis du serre-flan.

5. Le détournage :

La dernière étape est l'élimination par détournage des parties devenues inutiles (essentiellement les parties saisies par le serre-flan).



Figure I.33 : Le détournage de la pièce emboutie.

Conclusion :

Les différentes techniques de mise en forme des métaux en feuille. Par déformation plastique, citées dans le chapitre, ont pour objectif de donner une forme déterminée au matériau. Afin d'obtenir un produit ayant les propriétés souhaitées.

Les techniques de mises en formes en feuille, sont effectuées sur presse, pour minimiser le coût de production, aussi avoir un produit de forme géométrique souhaitée.

Chapitre II :

Généralités sur les presses

II.1-introduction :

Dans l'industrie, la transformation des métaux en feuille nécessite des machines spéciales pour effectuer les procédés d'obtention des pièces mécaniques finies. Les machines utilisées sont généralement des presses.

La presse est un ensemble d'organes mécaniques, composés essentiellement de deux plateaux susceptibles de se rapprocher par commande mécanique ou hydraulique, Elles sont utilisées pour la réalisation des travaux de déformation plastique par l'effet de la comprissions appliquer par les deux plateaux. Ces presses sont composées d'une partie mobile (coulisseau) qui porte le poinçon et une partie fixe (bâti) qui porte la matrice.

II.2-différentes presses :

Les presses mécaniques sont classées suivant plusieurs paramètres :

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

II.2.1-selon le mode de transmission d'énergie :

On distingue deux types de presses :

- mécaniques
- hydrauliques

II.2.1.1-Les presses mécaniques : [8]

Dans ce type de presse, les mouvements nécessaires pour effectuer les procédés de formages, sont commandés mécaniquement par l'énergie emmagasinée dans le volant d'inertie sous forme d'énergie cinétique. Cette énergie est ensuite transmise au coulisseau en mouvement de translation du PMB (la distance minimale entre la table et le coulisseau) au PMH (la distance maximale).

Les presses mécaniques sont d'une plus grande rapidité de fonctionnement, elles sont plus répandues car elles permettent d'atteindre des cadences élevées.



Figure II.1 : Presse mécanique.

➤ Mécanismes de commandes :

Ils permettent de transformer le mouvement circulaire uniforme du moteur en un mouvement rectiligne alternatif du coulisseau, en utilisant les systèmes suivants :

a)-Système bielle-manivelle :

Le **système bielle-manivelle** est un modèle de mécanisme qui doit son nom aux deux pièces qui le caractérisent.

La manivelle et la bielle, constituent les deux pièces d'entrée et de sortie du mécanisme. La transformation du mouvement se fait par la rotation continue de manivelle autour de son axe ce qui donne un mouvement rectiligne alterné pour le coulisseau, à l'aide de bielle.

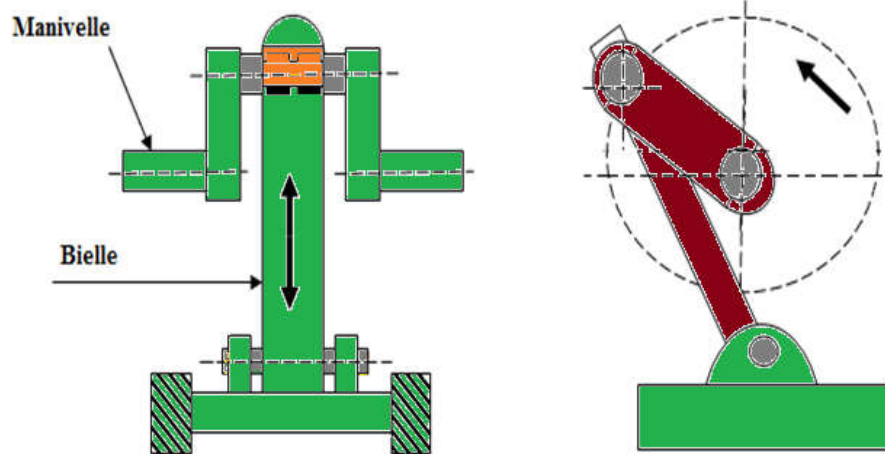


Figure II.2 : Système bielle-manivelle.

b)-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.

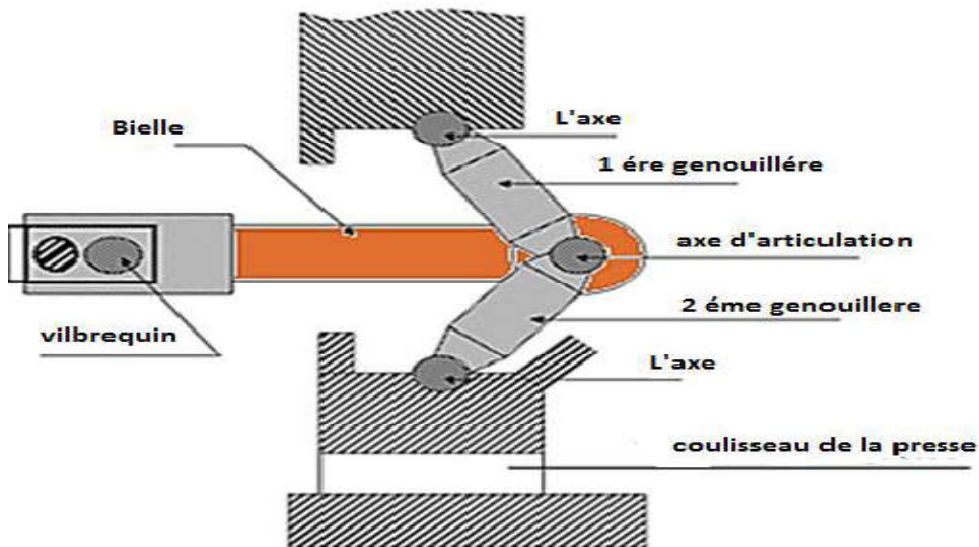


Figure II.3 : Système à genouillère.

c)-Système à came :

Le système à came constitué de deux objets, l'un menant, nommée « came » qui est constitué d'un solide généralement en rotation et placé sur un arbre, ce dernier mené, animé d'un mouvement alternatif de translation et contraint par le solide menant.

La came, est couramment de forme vaguement ovoïde(en forme de section d'œuf dur). 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.

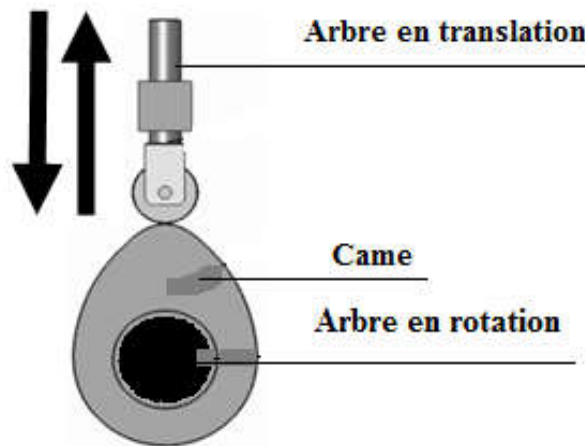


Figure II.4 : Système à came.

d)-Système excentrique :

C'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 translation.

Lors de desserrage de l'écrou, la bague d'immobilisation est repoussée par les ressorts. Lorsque la douille excentrique sont entièrement dégagés, on obtient la variation de ϵ_t par rotation de la douille excentrique.

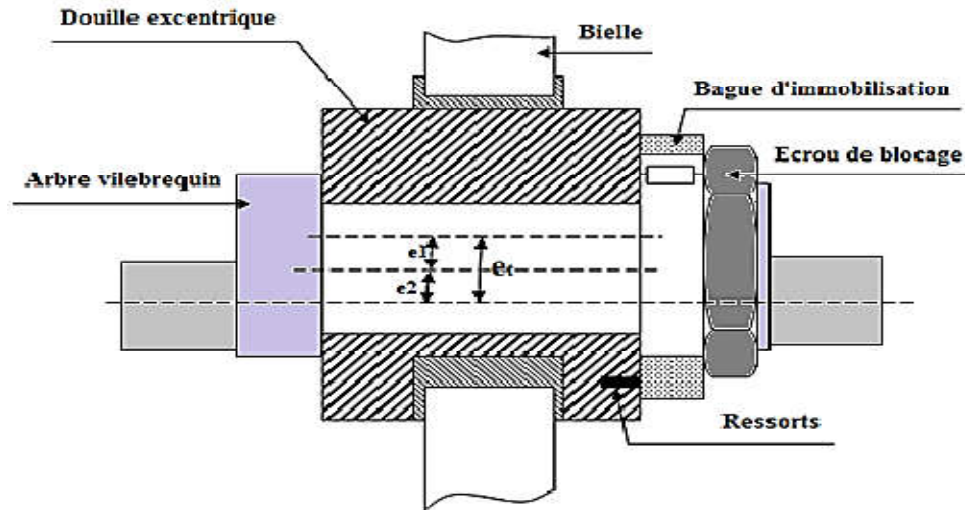


Figure II.5 : Système excentrique.

➤ **Avantages et inconvénients des presses mécaniques.**

Avantage :

- Destinés pour les travaux de grandes séries.
- Plus rustiques.
- La maintenance de la presse mécanique est plus facile et Moins couteux que celle de la presse hydraulique.

Inconvénient :

- Difficulté d'arrêt du coulisseau en cas de danger.
- Réglage d'approche du coulisseau difficile.
- Difficulté d'arrêt de coulisseau en cas de danger.

II.2.1.2-Les presses hydrauliques : [9]

Les presses hydrauliques ce sont des machines avec un circuit hydraulique (huile) qui fournit une grande force de compression. Ces presses sont alimentées par une pompe hydraulique à un vérin qui entraine le coulisseau.



Figure II.6 : presse hydraulique.

➤ **Avantages et inconvénients des presses hydrauliques.**

Avantage :

- Les presses hydrauliques sont très robustes et fiables. Elles peuvent créer une grande quantité de tonnage pression.
- facilité d'inversion du sens en marche même à grande vitesse.
- Modification de la course du coulisseau.
- Emboutissage à une vitesse constante et faible.
- Contrôler constamment la vitesse et la pression exercée sur le coulisseau.

Inconvénient :

- La maintenance de la presse hydraulique est plus difficile que celle de la presse mécanique car les pannes de cette dernière sont facilement détectables.
- Les presses hydrauliques demandent beaucoup de maintenance. L'huile doit toujours être présente à l'intérieur de la presse.
- Risque de pannes (joints, pompes...etc..).
- Moins rapides dans les cadences élevées.

II.2.2-Selon le nombre de coulisseaux :**II.2.2.1-Presses simple effet :**

Ce type de presse comporte un seul coulisseau actionné par une ou plusieurs bielles. Elles sont spécifiquement destinées aux opérations de reprise, et pour cette raison sont équipées d'un coussin inférieur, destiné à assurer l'effet du serre-flan.



Figure II.7 : Presses à simple effet.

II.2.2.2-Presses à double effet :

Ce type de presse comporte deux coulisseaux, coulisseau extérieur appelé coulisseau serre-flan, et le coulisseau inférieure appelé coulisseau plongeur, l'un coulissant dans l'autre.

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

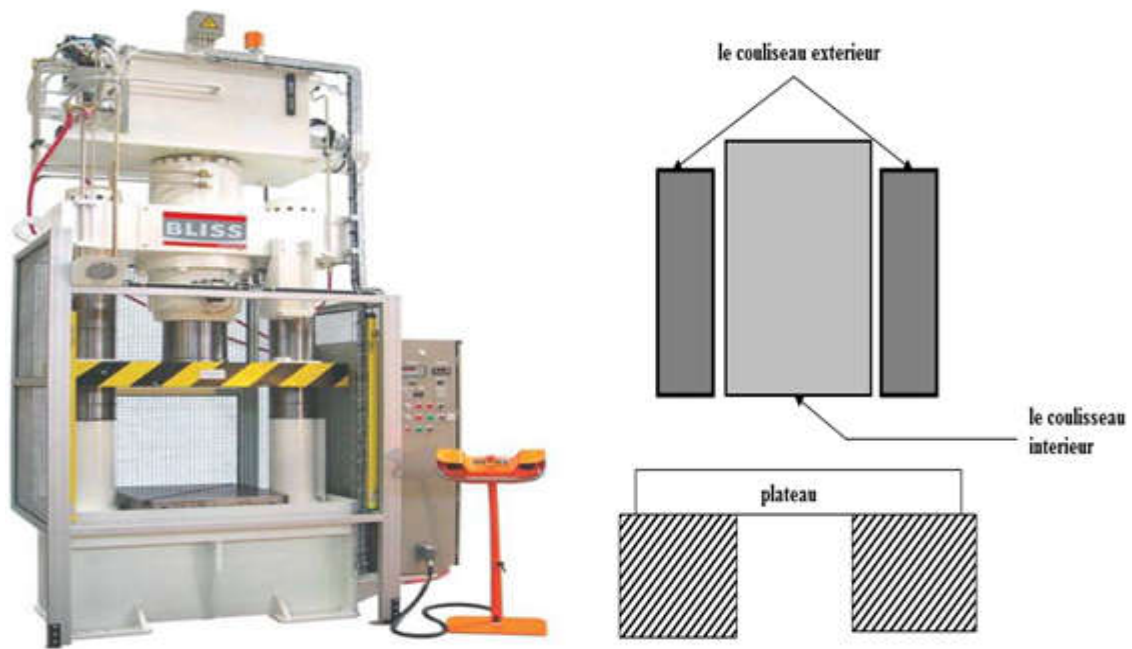


Figure II.8 : Presses à double effet.

II.2.2.3-Presses à triple effet :

De conception similaire aux presses double effet (deux coulisseaux sont au dessus de la table), possédant en plus un troisième coulisseau inférieur qui est au dessous de la table. Ce type de presse est souvent utilisé pour emboutir des pièces nécessite des contres-emboutis profonds.

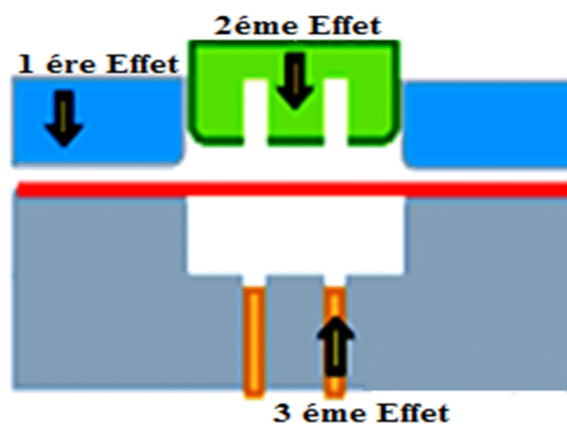


Figure II.9 : Principe de fonctionnement de presse à triple effets.

II.2.3-Selon la forme du bâti : [9]**II.2.3.1-Presses à col de cygne :**

Les presses à col cygne sont moins encombrantes à simple ou double effet, employées pour tous les travaux de découpage, pliage, et souvent pour des petites pièces à grande série, la forme en col cygne rend la table et le coulisseau très accessible. Son inclinaison est de 20° en arrière qui lui permet l'évacuation aisée des pièces par gravité.



Figure II.10 : presse à Col de cygne.

II.2.3.2-Presses à arcade :

Les presses à arcade, sont des machines présentent une rigidité maximale, assemblées sur un bâti monobloc coulé ou parfois soudé ce qui lui permet de supporter des efforts beaucoup plus importants, tout en assurant une plus grande précision dans le guidage des outils. Elles peuvent être simple ou à double effets.



Figure II. 11 : presse à arcade.

II.2.3.3- Presse à montant droit :

Dans ce type de presse, le bâti est composé de trois parties : la table, les montants et le chapiteau qui sont liées entre elles par des tirants en aciers à chaud. Ces machines, très robustes, peuvent atteindre de très grandes dimensions, présente une grande puissance qui peut aller jusqu'à 1000 tonnes-force.

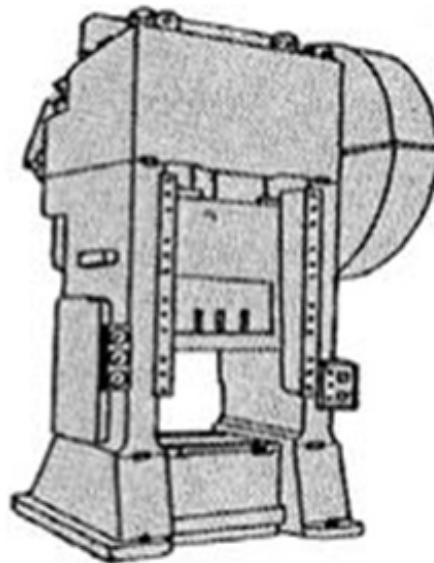


Figure II.12 : presse à montant droit.

II.2.3.4-Presses à colonne :

Les presses à colonne, sont équipées de quatre colonnes cylindriques liant la partie supérieure et la partie inférieure de la presse, et assurant l'entraînement de coulisseau. Ce type de presses sont employée beaucoup plus pour le poinçonnage à cadence élevée.



Figure II.13 : Presse à colonne.

II.2.3.5-Presses à table mobile et bigorne :

Ce sont des presses équipées d'une table mobile et réglable en hauteur, ce qui permet de montage de d'outils très hauts. La table est éclipable par simple rotation, ce qui permet l'utilisation de la bigorne. La bigorne permet le poinçonnage latéral de gros embouties.

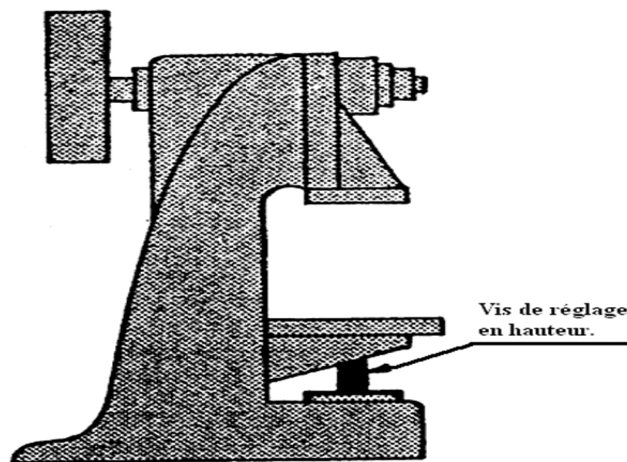


Figure II.14 : Presse à table mobile et bigorne.

II.3-Critères de choix d'une presse :

Pour la réalisation des opérations sur les métaux en feuille, le choix de la presse se fait sur les critères suivants :

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

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons fait un aperçu global sur les différents types de presses utilisées dans l'industrie, leur classification et leur principe de fonctionnement.

Les presses sont très importantes dans l'industrie et sont largement utilisés pour concevoir beaucoup de produit qu'on utilise. Pour engendrer un mouvement on utilise soit la méthode mécanique ou hydraulique et chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients et le choix d'une méthode se fait suivant la tâche à réalisé.

Chapitre III :

Les outils de presses

III.1-introduction :

L'outil de presse est une construction mécanique de précision, supposée indéformable et en générale composée d'une partie mobile supérieure bridée sur le coulisseau et d'une partie inférieure fixe bridée sur la table de la presse, cet ensemble parfaitement guidé, permet d'effectuer sur la tôle des opérations de découpages, poinçonnages, emboutissage...

III.2-Les éléments principaux des outils :

Généralement les outils de presse sont constitués de deux blocs.

- bloc mobile, porte le poinçon.
- bloc fixe, porte la matrice.

III.2.1-Poinçon :

Le poinçon est un outil de presse qui permet de donner une forme à un flan, par déformation plastique.

Il est nécessaire de vérifier la résistance des poinçons à la compression et au flambement. Pour le poinçonnage des trous de petits diamètres, le corps de poinçon doit être renforcé avec une chemise pour éviter le flambage, ou bien d'utiliser un poinçon épaulé.

Il est composé de plusieurs parties :

- 1. Dispositif de retenue : servant à le maintenir en sa position.
- 2. Le corps : possède une longueur variable pour monter et serrer le poinçon.
- 3. Tête : elle contient un arrondissement.
- 4. Partie active : section constante due à une hauteur précise afin d'éviter son flambement.

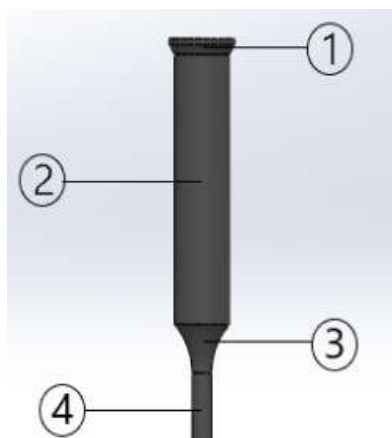


Figure III.1 : Poinçon épaulé.

III.2.2-Matrice :

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

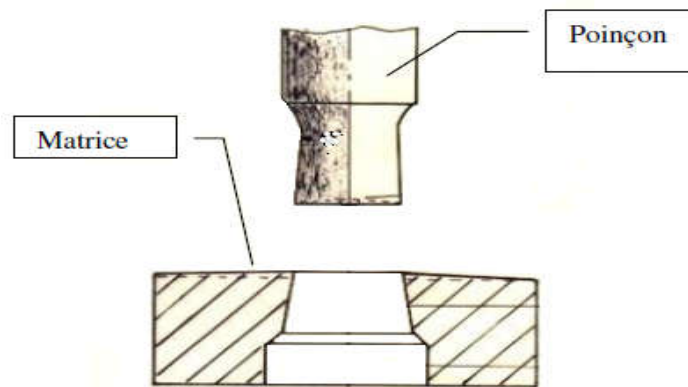


Figure III.2 : l'ensemble poinçon-matrice.

III.2.4-La dépouille :

Au-dessous de la partie active de la matrice, la dépouille est nécessaire pour éviter l'entassement des chutes laissées lors du poinçonnage ou découpage.

La partie active à une section constante, dite cylindrique, sur 4 à 5mm permet l'affutage.

La dépouille fait un angle de (2 à 3°).

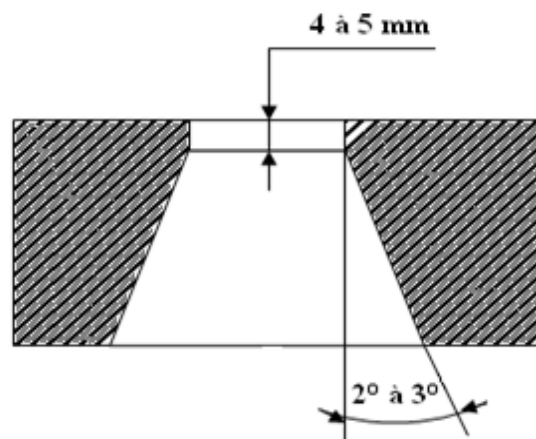


Figure III.3 : angle de dépouille de la matrice.

III.3-Usure des poinçons : [9]

L'usure des poinçons est due au mouvement relatif entre l'outil et la pièce à travailler, cette usure se manifeste sur toute la surface du poinçon. Pendant la phase de pénétration, la diminution brutale de l'effort de coupe engendre des vibrations dans la pièce à travailler, et cause un resserrement de la matrice sur les flans du poinçon ce qui favorise l'usure suivant :

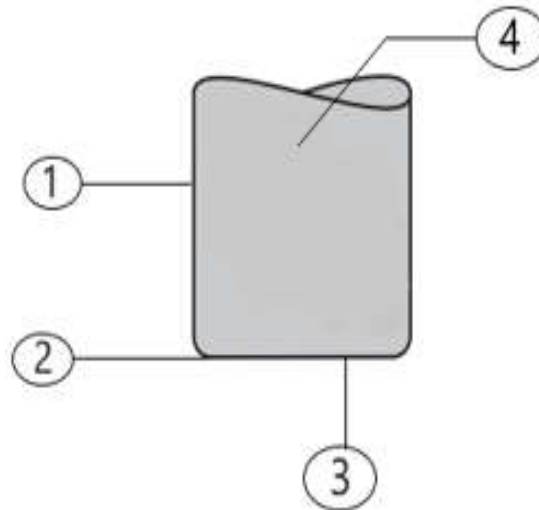


Figure III.4 : usure de poinçon.

1-usure libre.

2-usure des arrêtes de coupe.

3-usure de la surface de pression.

4-poinçon.

III.4-Affûtage :

Le découpage de nombreuses pièces (de 50 à 20000 pièces pour les outils en acier), provoque l'usure des arrêtes coupantes de la matrice et de l'outil, et l'affûtage de ces éléments s'effectue par la rectification plane.

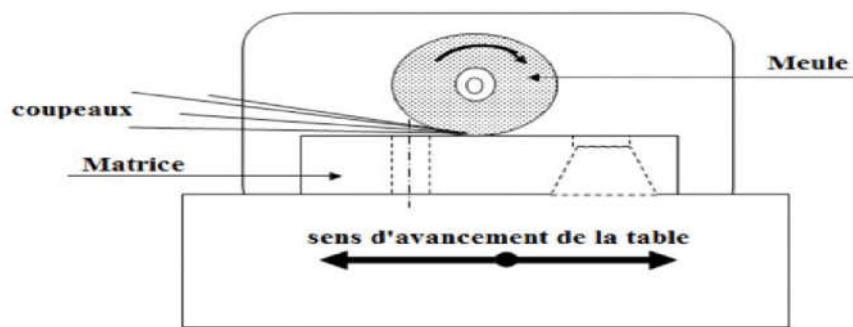


Figure III.5 : Affutage de la matrice.

III.5-La lubrification des poinçons et des matrices :

Il est important de garder les poinçons et les matrices dans de bonnes conditions, pour conserver la précision, la qualité de poinçonnage ainsi que leur longévité. Il faut huiler chaque poinçon et matrice lors du montage en tourelle et chaque jour avant de mettre en route la production. La figure ci-dessous illustre les parties à huiler.

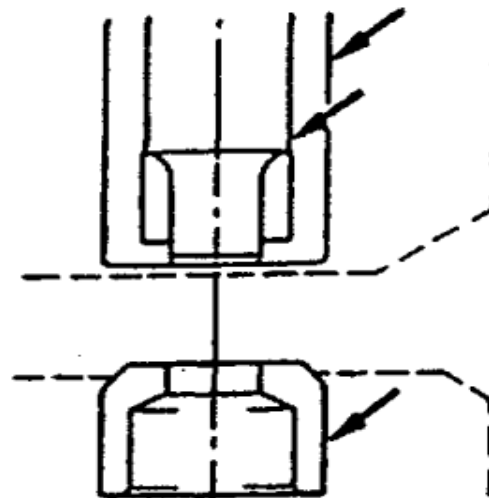


Figure III.6 : Lubrification des poinçons et matrices.

III.6-Différents types d'outil de presse :

Il existe plusieurs types d'outil de presse.

On définit les types d'outil en fonction de leur productivité et de leur technique.

III.6.1-Outils de découpage : [8]

III.6.1.1-Outil découvert :

a. Outil simple découvert :

Ce type d'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 effet, cette bande n'est pas guidée sur la matrice et doit être déplacée à vue après chaque coup de presse.

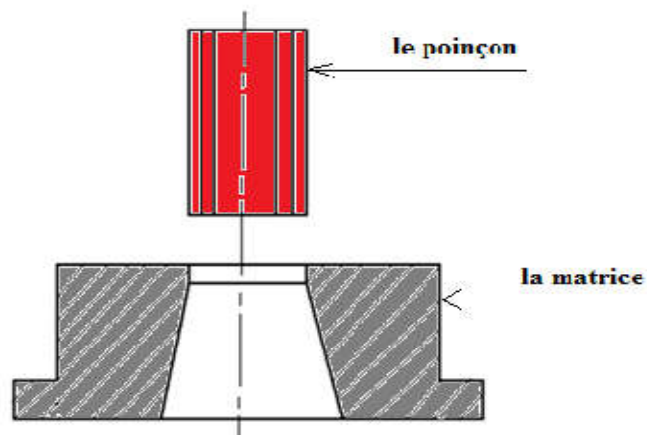


Figure III.7 : outil simple découvert.

b. Outil découvert à butées :

Utilisé pour les procédés de découpage des flans circulaires, il comporte deux butées (1) pour assurer le guidage de la bande, et l'autre (butées 2) assure le contrôle de l'avance.

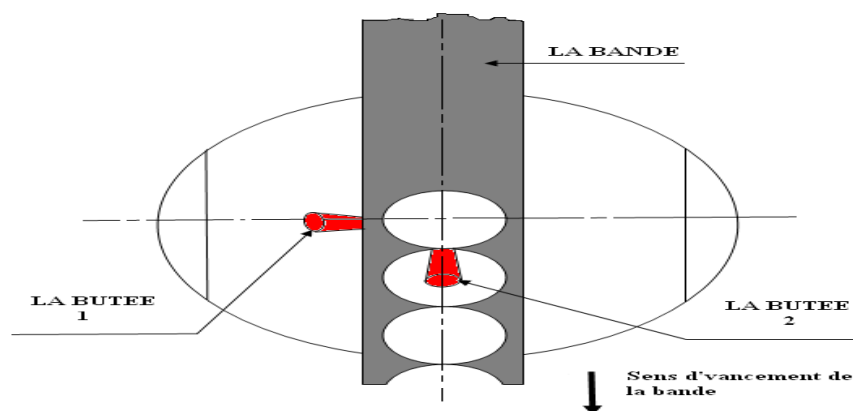


Figure III. 8 : Outil découvert à butées.

III.6.1.2-Outil à presse-bande :

Il est appelé aussi outil à colonne, deux à quatre colonnes assurent le guidage de la partie mobile (supérieure) de l'outil.

Dans cet outil, le maintien des tôles pendant les opérations de (découpage, emboutissage...) assurer par la presse-bande ou serre-flan (dévêtitseur), et d'éviter ainsi toute déformation de la pièce.

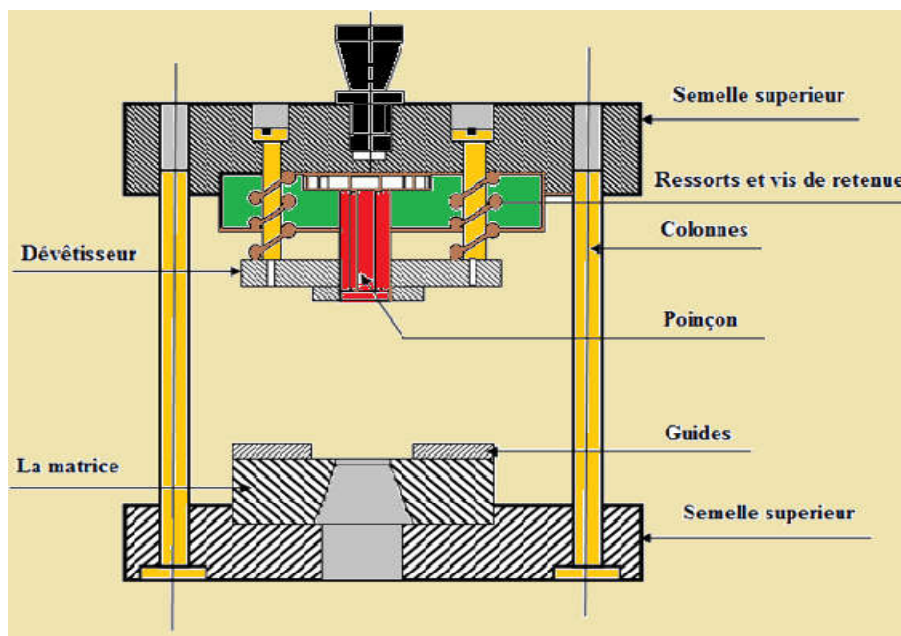


Figure III.9 : Outil à presse-bande.

III.6.1.3-Outil suisse (outil bloc) :

Dans ce type d'outil, la tôle, découpée et poinçonnée simultanément, et la précision des pièces obtenues dépend de la précision de l'outil.

L'outil suisse est un outil à presse-bande mais inversé, le poinçon est sur la partie inférieure, et la matrice sur la partie supérieure. La pièce obtenue reste dans la matrice et elle est extraite en haut de course par un éjecteur.

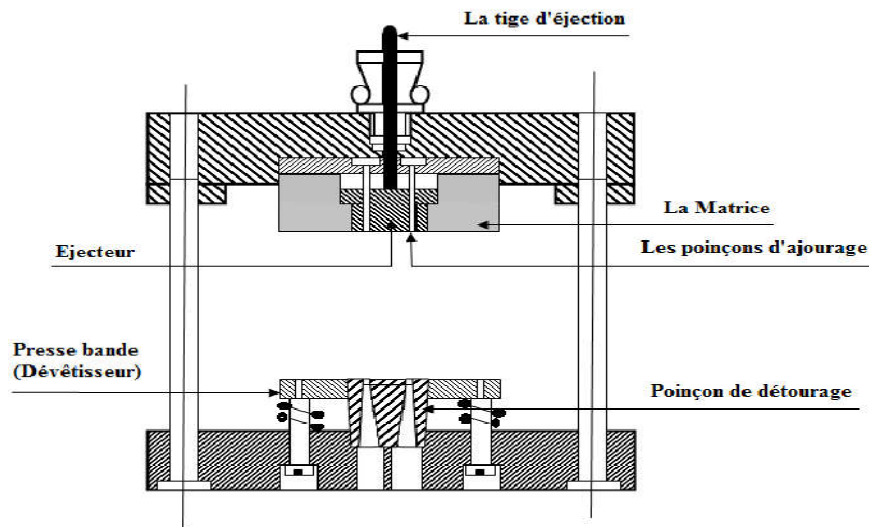


Figure III.10 : Outil suisse.

III.6.1.4-Outil à contre-plaque :

Utilisé pour les tôles d'épaisseur inférieure à 2mm. Il existe deux types d'outils :

a. À engrenage :

L'avance de flan sur la matrice est assurée par un engrenage. Ce dernier tourne et entraîne avec lui le flan, et pour la bon précision de l'avance, on a limitée La longueur de déplacement de la pièce (pas) par une butée de départ qui met la tôle en position lors du premier coup de presse.

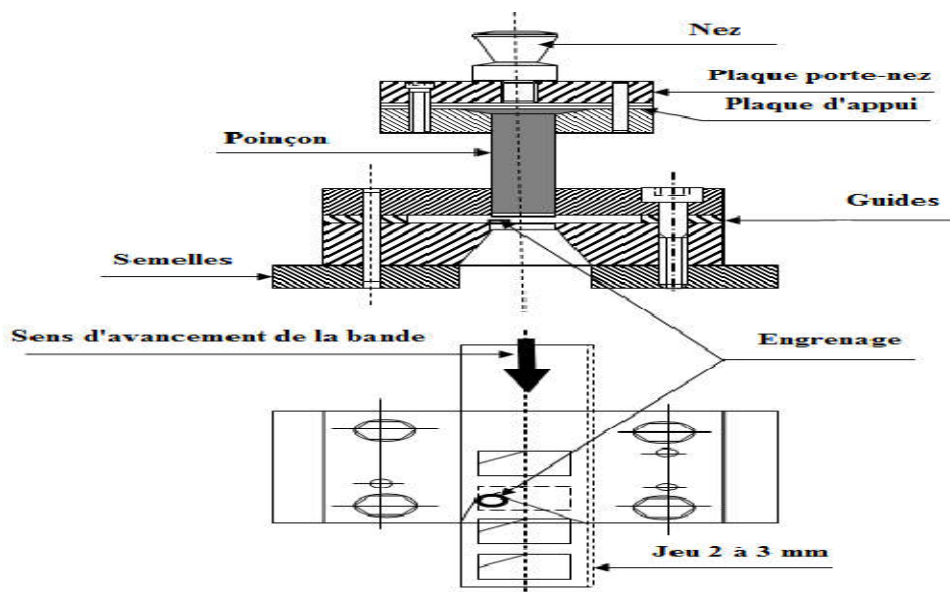


Figure III.11 : Outil à engrenage.

b. À couteau :

La même conception que l'outil à engrenage, il est équipé d'un couteau à la place de l'engrenage pour le contrôle d'avance de la tôle.

Le couteau, est un poinçon latéral qui coupe sur une largeur de 3 mm, et sa longueur est égale au pas.

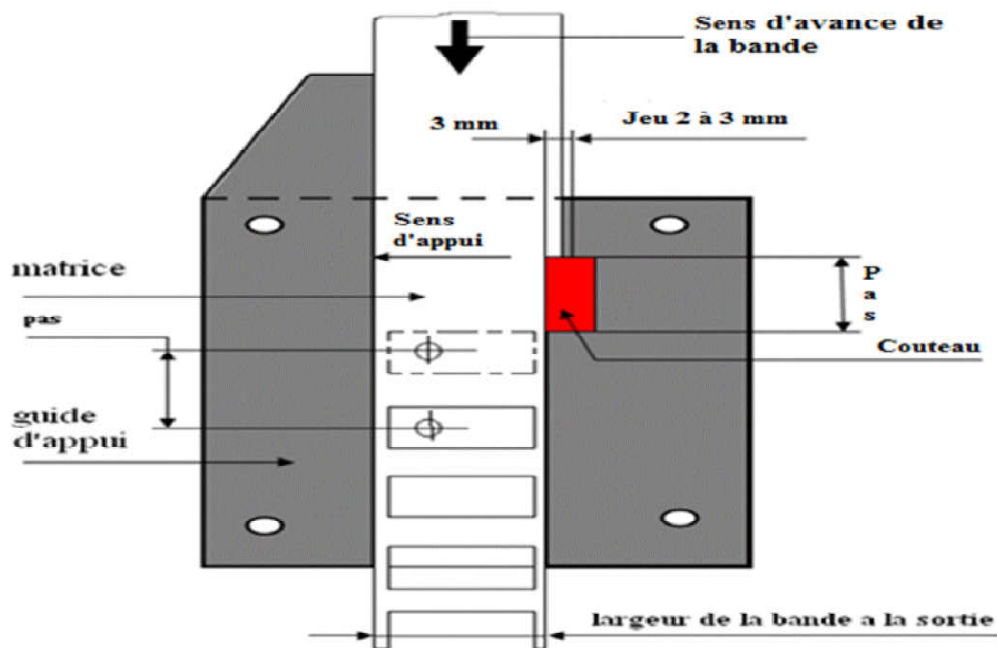


Figure III.12 : Outil à couteau.

III.6.1.5-Outil de détourage :

Utilisé généralement pour la finition des pièces embouties ou plies, par le découpage de l'excédent bord des pièces obtenues. Il est indispensable de détourer pour obtenir des bords francs.

On distingue trois types d'outils de détourage :

a. Outil de détourage normal :

Dans ces outils, le poinçon est à la partie inférieure et porte un dispositif de centrage de la pièce à détourer, la partie supérieure porte une matrice et un éjecteur.

L'éjecteur actionné soit par ressort, soit par la presse. Il doit sortir la pièce de la matrice, en exerçant l'effort d'éjection dans la zone où la pièce résiste afin d'éviter les déformations de la pièce.

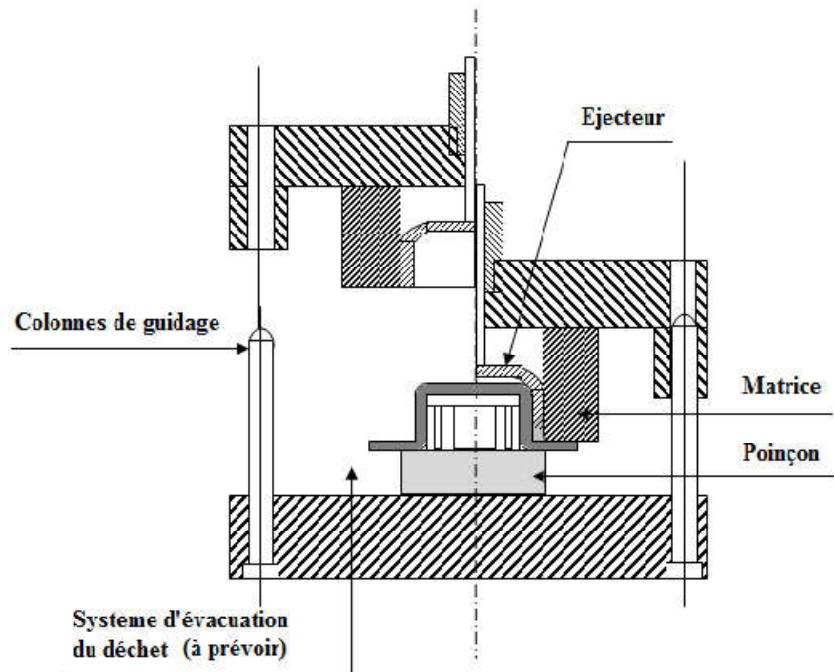


Figure III.13 : Outil de détournage normal.

b. Outil de détournage à Ras :

Il est nécessaire d'effectuer une passe de calibrage avant le détournage, afin d'obtenir un rayon minimal à l'endroit du coup.

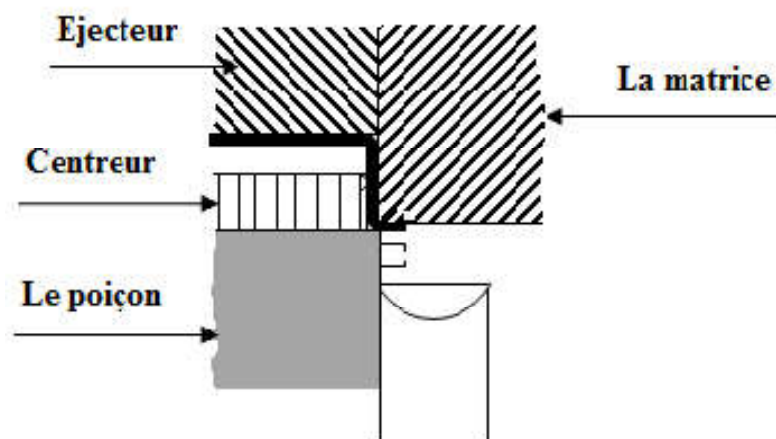


Figure III.14 : Outil de détournage à ras.

c. Outil de détournage-poinçonnage :

Le palonnier est nécessaire lorsqu'un poinçon est dans l'axe de la tige d'éjection.

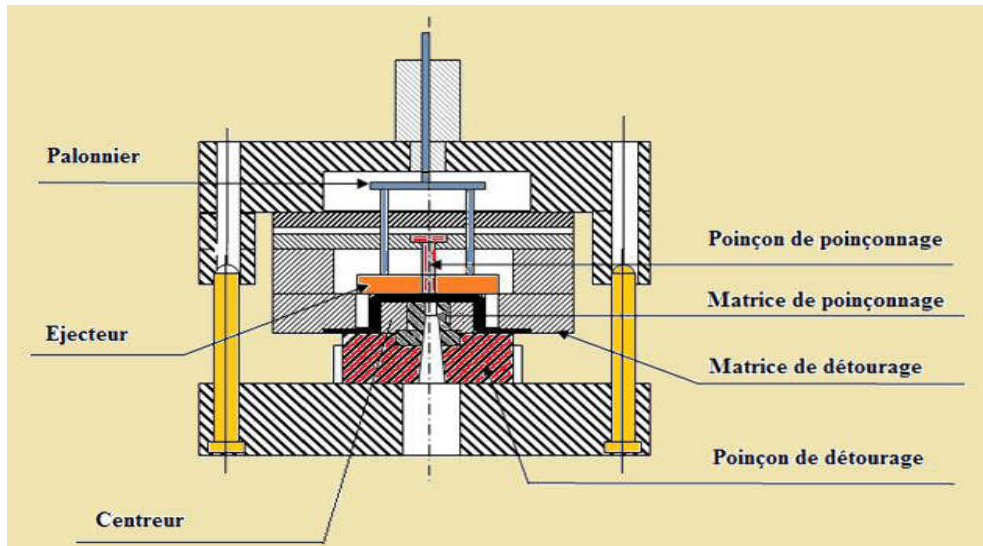


Figure III.15 : Outil de détournage-poinçonnage.

III.6.1.6-Outil de reprise :

On distingue deux types d'outils :

a. Outil de poinçonnage à contre-plaque :

Cet outil est utilisé pour poinçonner des flans supérieurs à 1 mm qui est déjà découpés. Le flan est mis en position dans un drageoir qui est constitué de différentes façons :

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

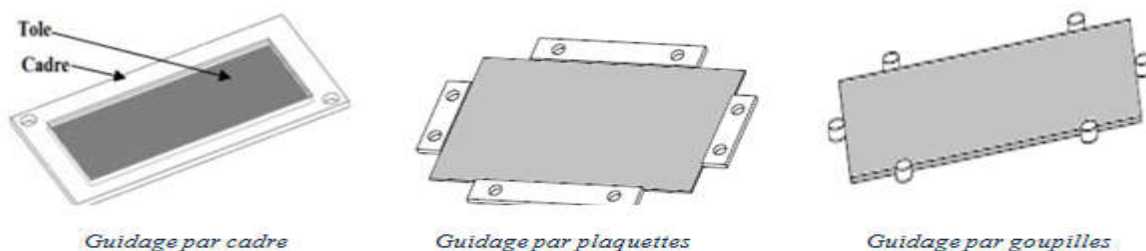


Figure III.16 : différentes façons de Guidage de flan dans l'outil de reprise.

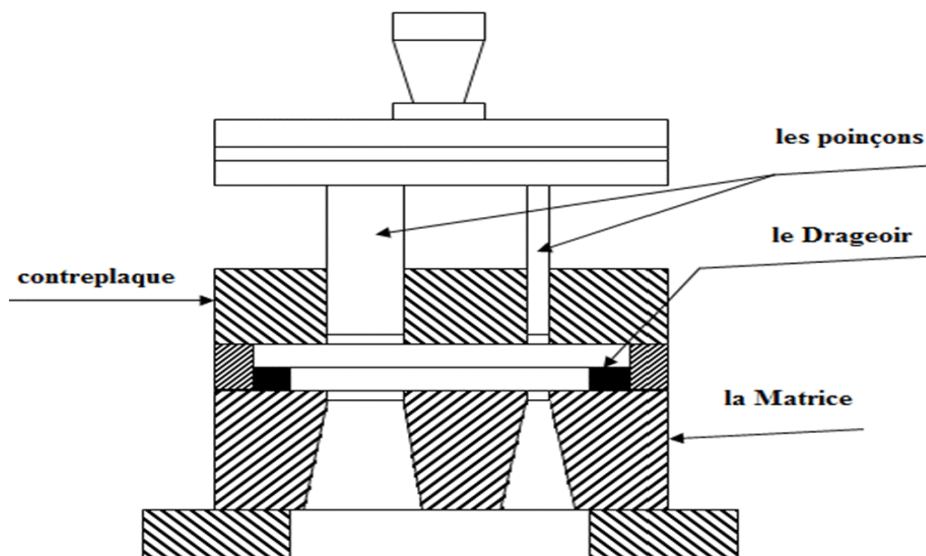


Figure III.17 : Outil de poinçonnage à contre- plaque.

b. Outil de poinçonnage à serre-flan :

Même utilisation que l'outil précédent, mais pour poinçonner des flans à faible épaisseur (inférieure à 1 mm). Les colonnes de guidage sont indispensables pour assurer le centrage des poinçons par rapport à la matrice.

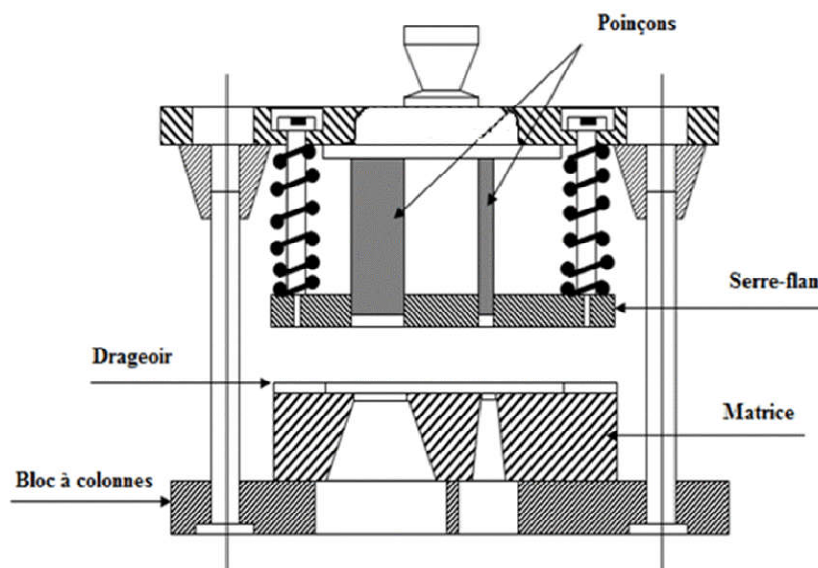


Figure III.18 : Outil de poinçonnage à serre-flan.

III.6.1.7-Outil combiné :

Le poinçonnage et le détournage de pourtour de la pièce est simultanées.
Cet outil, utilisé pour effectuer des opérations sur les tôles d'épaisseurs inférieures à 1 mm.

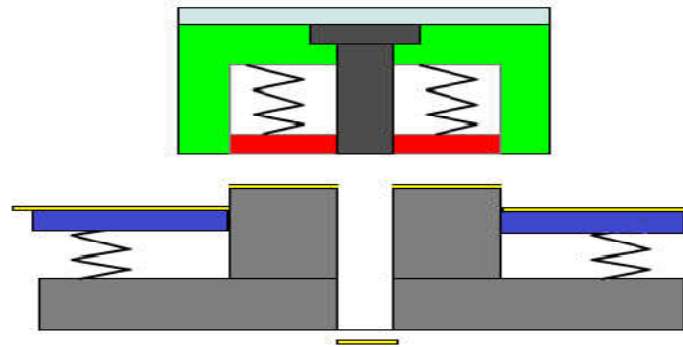


Figure III.19 : Outil combiné.

III.6.2-Outil d'emboutissage : [10]

L'outil d'emboutissage, est généralement composé d'une matrice, un poinçon et d'un serre-flan. Ce dernier assure le maintien des tôles pendant l'emboutissage.

Dans le cas de montage de l'outil sur une presse à simple effet le serre-flan actionné par des ressorts de rappels, et à la presse à double effets, le serre-flan porté par des coulisseaux extérieurs.

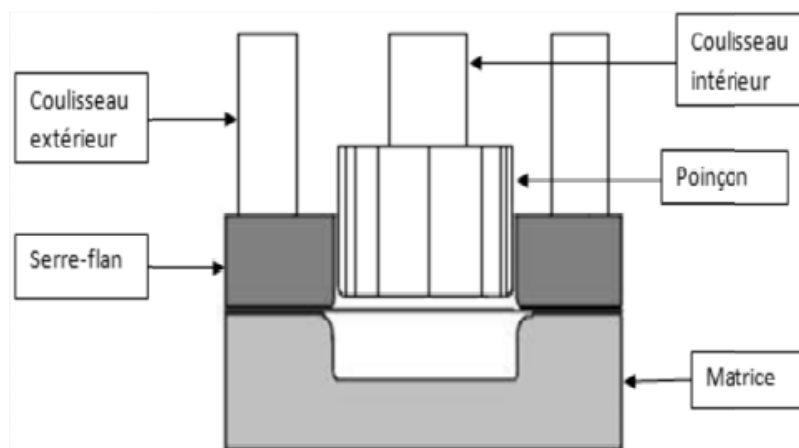


Figure III.20 : Outil à serre-flan actionné par coulisseaux.

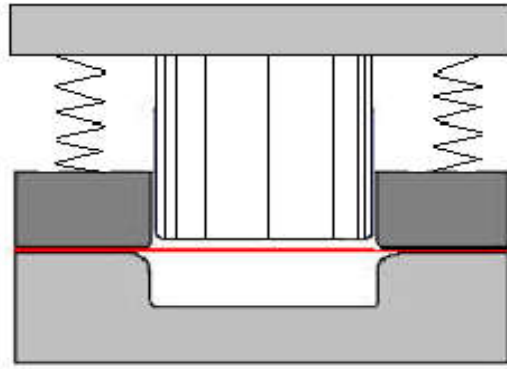


Figure III.21 : Outil à serre-flan actionné par ressorts.

III.6.3-Outils de cambrage : [11]

L'outil à cambrage, est composé d'un poinçon, d'une matrice et d'un drageoir, qui est fixé sur la matrice pour assurer la mise en position du flan.

On distingue trois types d'outils, selon la forme de la matrice.

a. Outil de cambrage en V :

Utilisé pour obtenir des pièces en forme de cornière. L'angle de la pièce à réaliser, est obtenu par la forme «V» de la matrice et de poinçon.

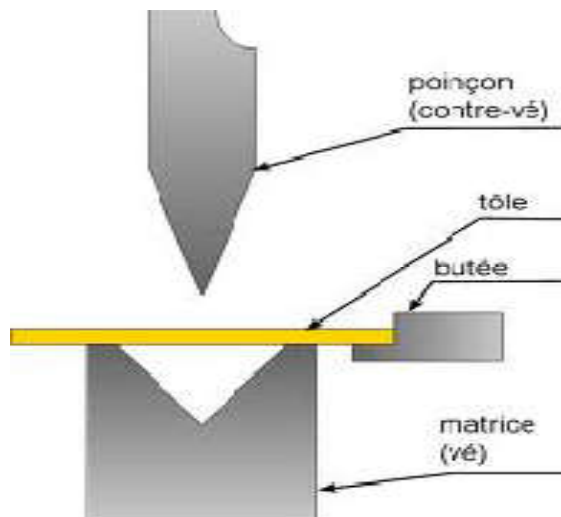


Figure III.22 : Outil de cambrage en V.

b. Outil de cambrage en U :

Outil de cambrage en U, comporte un poinçon et une matrice se forme de «U», et un éjecteur pour assurer l'éjection de la pièce coincé dans la matrice. Lors de la pénétration de poinçon dans l'empreint de la matrice les deux ailes de U relèvent simultanément, l'outil travaille symétriquement.

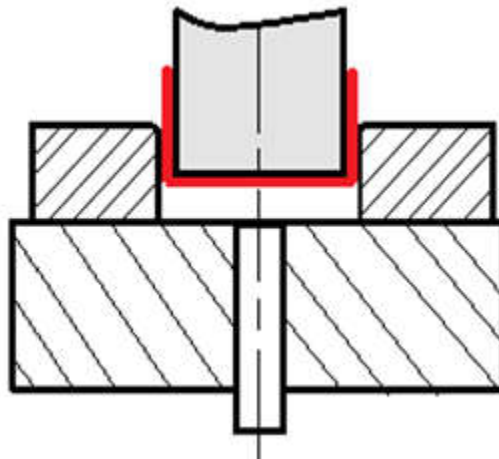


Figure III.23 : Outil de cambrage en U.

c. 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.

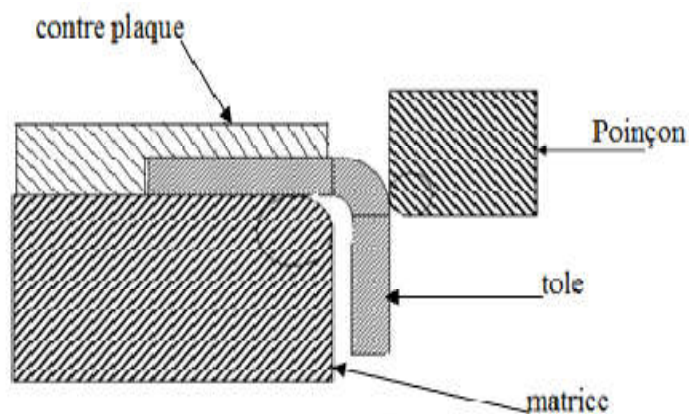


Figure III.24 : Outil de cambrage en équerre.

III.6.4-Outil à cames : [10]

Dans ce type d'outil, la came est utilisée pour transformer le mouvement vertical du coulisseau en mouvement horizontal, oblique ou verticale en sens contraire.

Elles sont utilisées dans les outils de découpage, pour réaliser des poinçonnages latéraux, et aussi lorsque plusieurs opérations simultanées sont réalisées sur le flan.

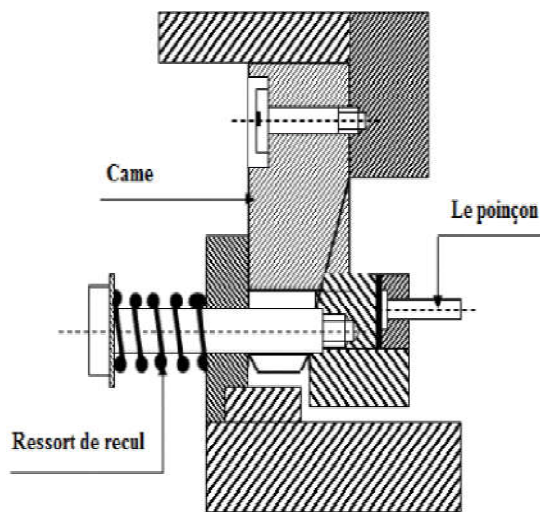


Figure III.25 : Outil à came.

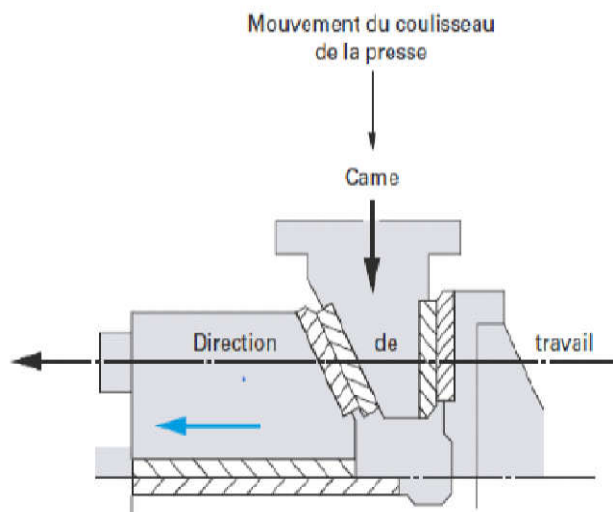


Figure III.26 : principe de fonctionnement d'une came dans un outil.

III.7-Montage des outils sur les presses :

III.7.1-Petites presses :

➤ Partie inférieure de l'outil : [11]

Le plateau des presses comporte 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.

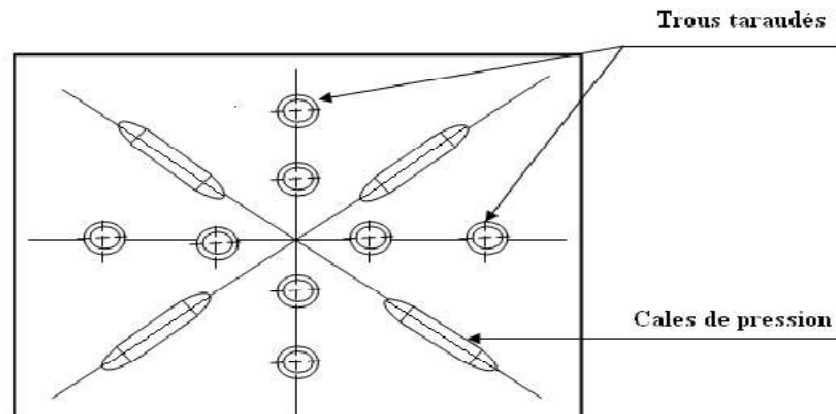


Figure III.27 : Plateau de presse.

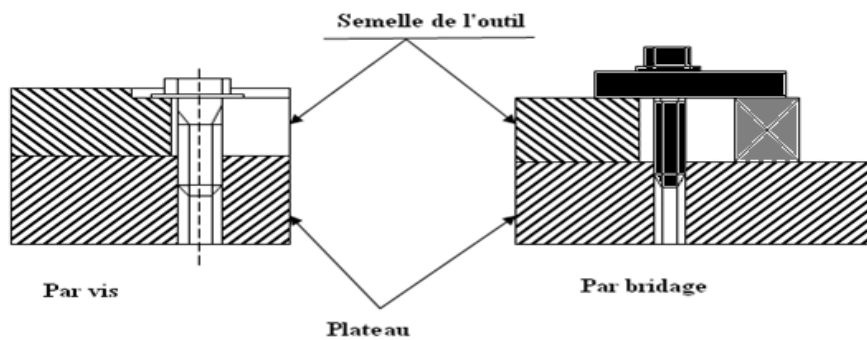


Figure III.28 : Système de fixation de la partie inférieure de l'outil.

➤ **Partie supérieur de l'outil :**

La partie supérieure de 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).

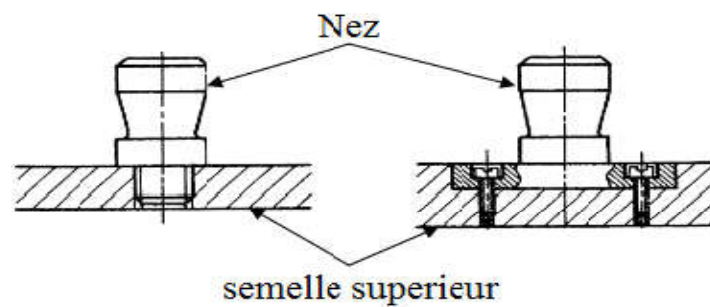


Figure III.29 : Système de fixation de la partie supérieure de l'outil.

III.7.1-grosse presse :

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

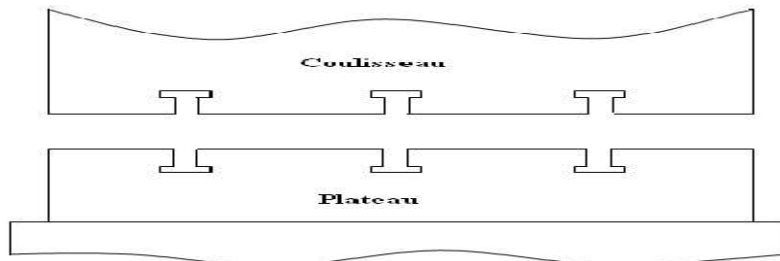


Figure III.30 : Les rainures en T sur le coulisseau et le plateau.

III.8) Graissage des outils :

Le graissage a pour rôle de réduire l'effort de frottement lors de déplacement relatif de deux éléments de l'outil («embase», dans la partie supérieure de l'outil avec «colonne de guidage», dans la partie inférieure). Ainsi, améliorer la résistance des éléments de l'outil à l'usure, faciliter leur fonctionnement et une durée de vie longue.

Conclusion :

Ce chapitre nous a permis d'avoir un aperçu global sur les différents types d'outils de presse et leurs éléments principaux, ce qui nous donnera une idée sur le choix de l'outil à utiliser pour effectuer des opérations spécifiques sur les métaux en feuille. 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.

Chapitre IV :

Etude et conception de l'outil

IV.1-introduction :

Dans le monde de l'industrie, le choix de la presse dépend de plusieurs paramètres qui nous permettent d'avoir un produit fini de bonne qualité, dans des délais courts et à moindre coût.

Parmi ces paramètres on trouve : la nature de l'opération à réaliser et l'effort fourni, qui sera traité dans ce chapitre. Dans notre travail l'effort total que doit fournir la presse est égale à l'effort de poinçonnage de sept poinçons, plus l'effort de dévêtissage.

IV.2-Cahier des charges:

Dans les travaux des métaux en feuilles, il existe une grande variété de presses, et des outils, leur choix dépend des opérations à effectuer sur la tôle. Dans ce travail les opérations à effectuer sont sur la pièce « **le corps de chauffe de radiateur à gaz naturel** » en acier doux et d'épaisseur 1mm.

Dont les caractéristiques dimensionnelles et géométriques sont présentées sur les figures : (IV-1, IV-2 et IV-3).

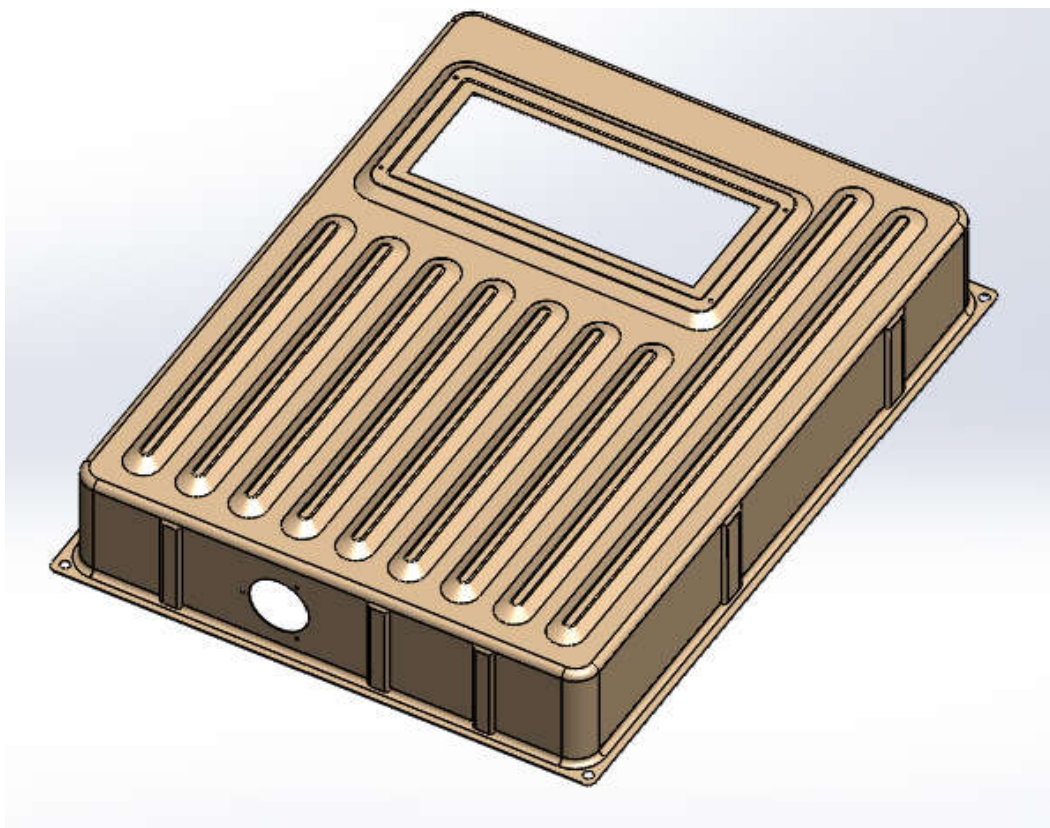


Figure IV.1 : le corps de chauffe.

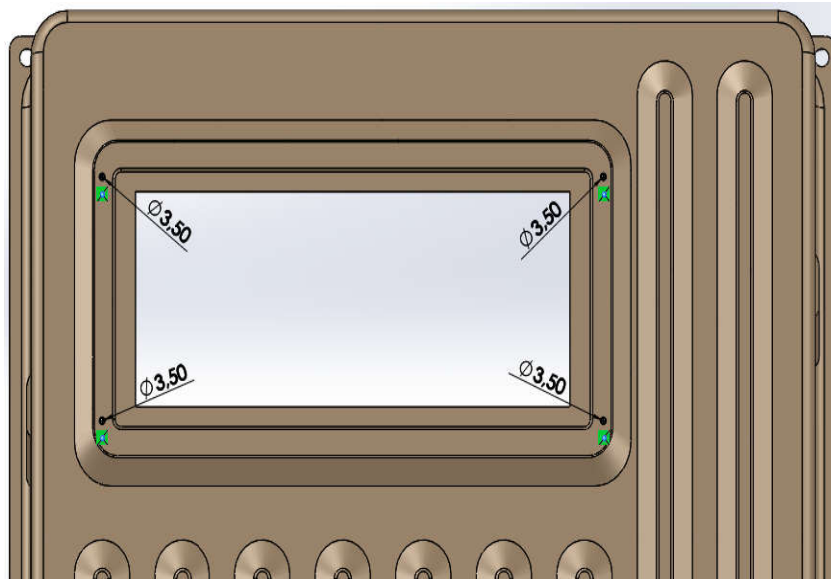


Figure IV.2 : Dimension des trous à poinçonner verticalement.

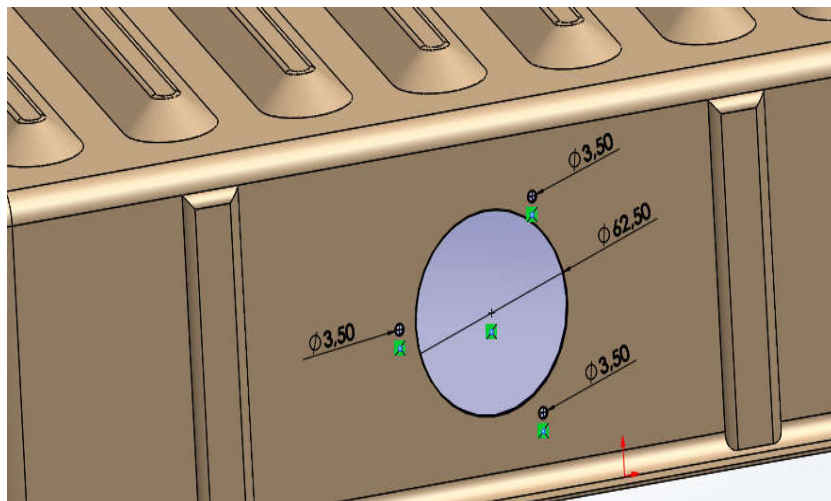


Figure IV.3 : Dimension des trous à poinçonner latéralement.

IV.2.1-travail demandé :

Le travail consiste à l'étude et conception d'un outil à came qui réalise le poinçonnage vertical (**Figure IV-2**) et latéral (**Figure IV-3**) simultanément, avec un seul coup de la presse.

IV.2.2-Processus de réalisation :

➤ **1^{ère} partie : (le poinçonnage vertical)**

Elle consiste à poinçonner quatre trous de diamètre 3.5mm. Il faut appliquer un effort vertical pour effectuer cette opération.

➤ **2^{ème} partie : (le poinçonnage latéral)**

Elle consiste à poinçonner latéralement trois trous de diamètre 3.5mm et un trou de diamètre 62.5mm.

Pour réaliser le poinçonnage latéral, on utilise une came et un bras pour transformer le mouvement vertical fourni par la presse au mouvement horizontal.

IV.3-Calcul des efforts :

IV.3.1-Calcul de l'effort de poinçonnage :

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

$$F_p = P \cdot e \cdot R_c$$

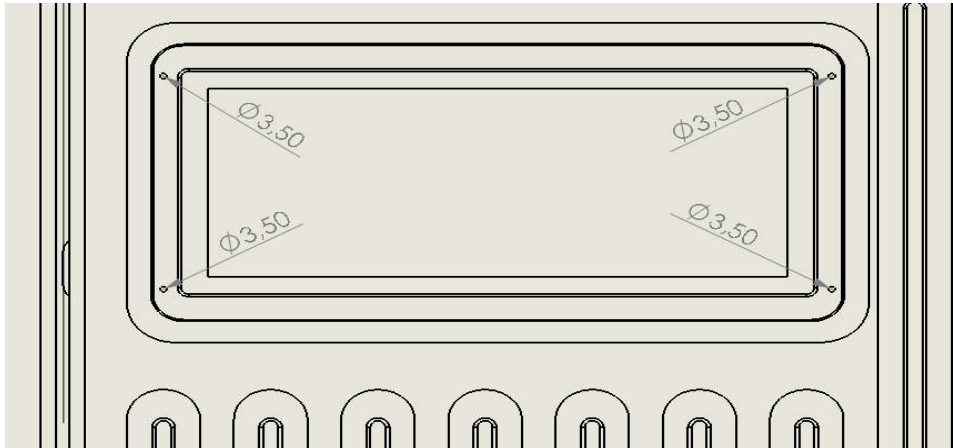
Avec :

F_p : Effort de poinçonnage (daN)

P : Le périmètre à découper (mm)

e = 1mm : L'épaisseur de la tôle

R_c = 40 daN/mm² : La Résistance au cisaillement de tôle en acier doux.

A) effort de poinçonnage vertical ($F_{p.v}$) :*Figure IV.4 : poinçonnage vertical.*

$$F_{p.v} = P_1 \cdot e \cdot R_c$$

P_1 : Le périmètre de trous de Ø 3.5mm.

$$P_1 = \pi \cdot \varnothing \cdot n$$

Avec :

$\varnothing$: Diamètres des trous

n : Nombre des trous

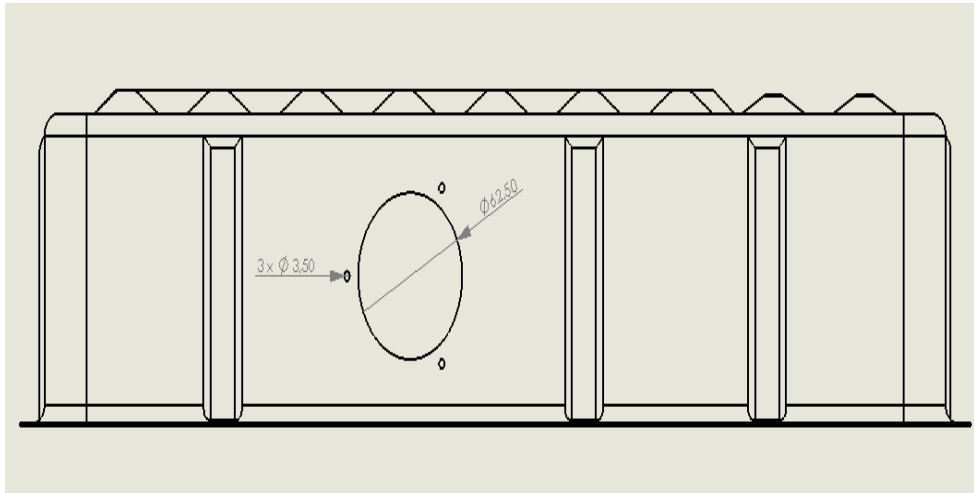
A.N :

$$P_1 = 3,14 \cdot 3,5 \cdot 4$$

$$P_1 = 34,96 \text{ mm}$$

$$F_{p.v} = 34,96 \cdot 1 \cdot 40$$

$$F_{p.v} = 1758,4 \text{ daN}$$

B) effort de poinçonnage latéral ($F_{P.L}$) :*Figure IV.5 : poinçonnage latéral.***1. Effort de poinçonnage des trous de diamètre 3.5 mm (F_{P1})**

$$F_{P1} = P_2 \cdot e \cdot R_C$$

P_2 : Le périmètre des trous Ø 3.5mm.

$$P_2 = \pi \cdot \varnothing \cdot 3$$

A.N:

$$P_2 = 3,14 \cdot 3,5 \cdot 3$$

$$P_2 = 32,97 \text{ mm}$$

$$F_{P1} = 32,97 \cdot 1 \cdot 40$$

$$F_{P1} = 1318,8 \text{ daN}$$

2. Effort de poinçonnage de trou de diamètre 62.5 mm (F_{P2})

$$F_{P2} = P_3 \cdot e \cdot R_C$$

P_3 : Le périmètre des trous Ø 62.5mm.

$$P_3 = \pi \cdot \varnothing$$

A.N:

$$P_3 = 3,14 \cdot 62,5$$

$$P_3 = 196,25 \text{ mm}$$

$$F_{P2} = 196,25 \cdot 1 \cdot 40$$

$$F_{P2} = 7850 \text{ daN}$$

3. Effort total de poinçonnage latéral :

$$F_{P.L} = F_1 + F_2$$

A.N:

$$F_{P.L} = 1318,8 + 7850$$

$$F_{P.L} = 9168,8 \text{ daN}$$

IV.3.2-Effort de dévêtissage (F_d) :

C'est l'effort nécessaire pour dégager les pionçons de la bond après poinçonnage.

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

Dans notre travail l'effort dévêtissage est égale à 7% de F_p .

Le calcul d'efforts se fait selon la loi suivante :

$$F_d = 7\% \cdot F_p$$

A. Poinçonnage vertical :

$$F_{d1} = 7\% \cdot F_{P,V}$$

Avec :

F_{d1} : Effort dévêtissage de poinçonnage vertical. (daN)

F_{P,V} : Effort de poinçonnage vertical. (daN)

A.N:

$$F_{d1} = 7\% \cdot 1758,4$$

$$F_{d1} = 123,088 \text{ daN}$$

B. Poinçonnage latéral :

$$F_{d2} = 7\% \cdot F_{P,L}$$

F_{d2} : Effort dévêtissage de poinçonnage latéral. (daN)

F_{P,L} : Effort de poinçonnage latéral. (daN)

A.N:

$$F_{d2} = 7\% \cdot 9168,8$$

$$F_{d2} = 641,816 \text{ daN}$$

IV.3.3-Choix des ressorts élastomères : [1]

Les ressorts élastomères doit assurer le dévêtissage qui consiste à plaquer la bande contre la matrice pour éviter la remontée de la bande lors du retour des poinçons, pour des raisons d'équilibre on utilise 4 ressorts pour chaque partie.

Les ressorts élastomères son classer par couleur, qui signifie le type de charge.

On distingue deux types de ressorts élastomères :

- ressorts élastomères (chloroprène noir).
- ressorts élastomères (chloroprène rouge).

L'effort assuré par un seul ressort élastomères est donné par la relation suivante:

$$F_{R.e} = F_d / n$$

Avec :

$F_{R.e}$: La force d'un seul ressort. (N)

F_d : Effort dévêtissage. (N)

n : Le nombre de ressort.

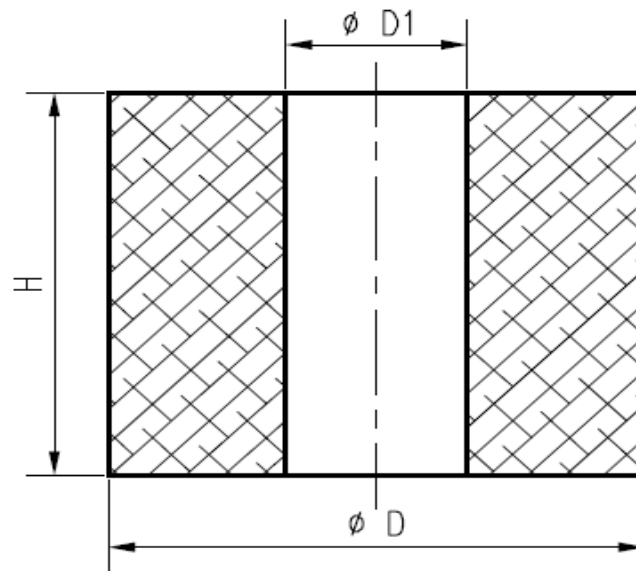


Figure IV.6 : Schéma de dimensionnement d'un Ressort élastomère.

GAMME DISPONIBLE												
D1	H D	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
6,5	16											
8,5	20											
10,5	25											
13,5	32											
13,5	40											
17	50											
17	63											
21	80											
21	100											
27	125											

Tableau IV. 1 : catalogue RABOURDIN dimension des ressorts élastomères.

A. La partie de poinçonnage vertical :

$$F_{R.e1} = F_{d1} / n$$

A.N:

$$F_{R.e1} = 1230,88 / 4$$

$$F_{R.e1} = 307,72 \text{ N}$$

D'après l'effort de ressort, on a choisi un ressort élastomère (chloroprène noir).

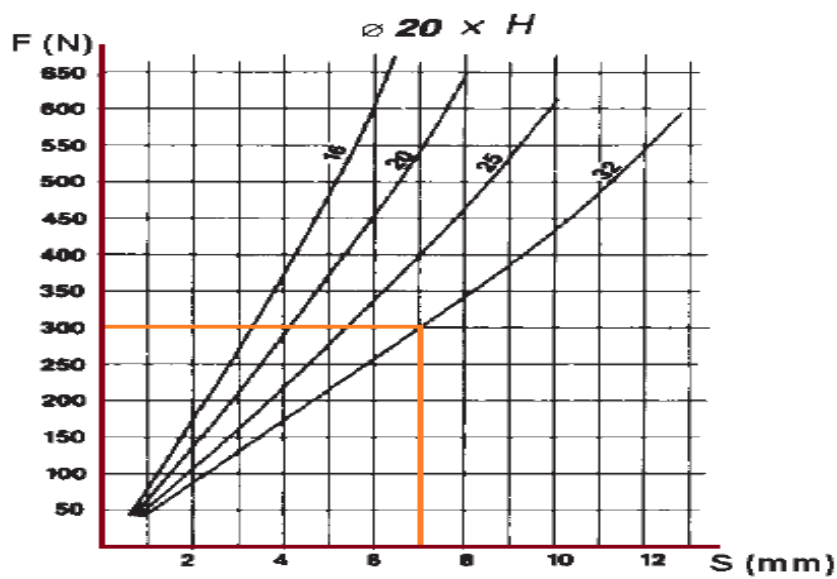


Figure IV.7 : différents charges (F) des ressorts élastomère (chloroprène noir) en fonction de la course (s).

Caractéristiques de ressort :

$D = 20 \text{ mm}$

$D1 = 8,5 \text{ mm}$

$H_1 = 32 \text{ mm}$

$X_1 = 7 \text{ mm}$ (course de ressort élastomère comprimée)

$F_{R.e} = 300 \text{ N}$

$$F_{R.e1} = 307,72 \text{ N} \rightarrow X1 = 7.3 \text{ mm}$$

B. la partie de poinçonnage latéral :

La course de compression du ressort est 5.5 mm

$$F_{R.e2} = F_{d2} / n$$

A.N:

$$F_{R.e2} = 4618,16 / 4$$

$$F_{R.e2} = 1604,54 \text{ N}$$

D'après l'effort de ressort, on a choisi un ressort élastomère (chloroprène rouge).

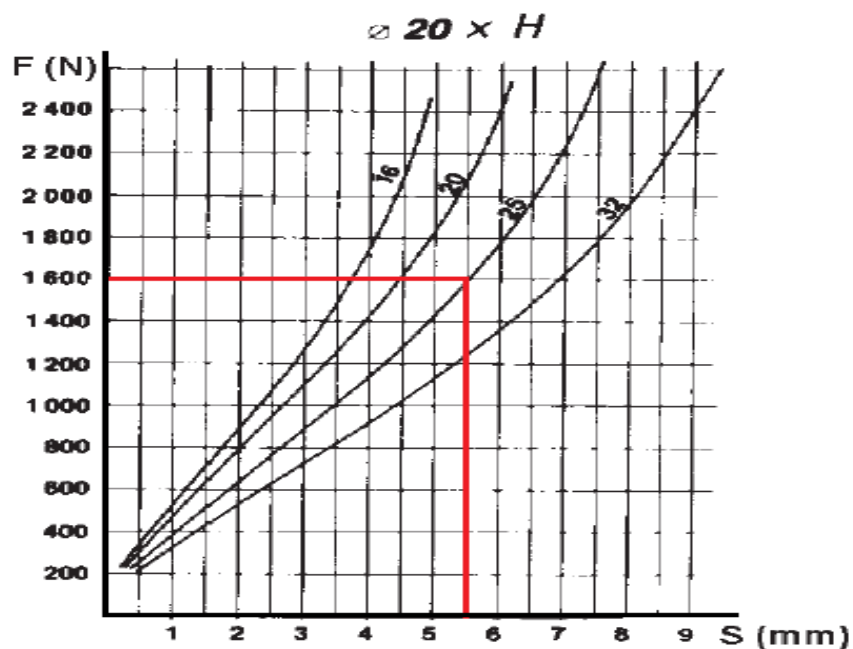


Figure IV.8 : différents charges (F) des ressorts élastomère (chloroprène rouge) en fonction de la course (s).

Caractéristiques de ressort :

$$D = 20 \text{ mm}$$

$$D1 = 8,5 \text{ mm}$$

$$H_2 = 25 \text{ mm}$$

$$X_2 = 5,5 \text{ mm (course de ressort élastomère comprimée)}$$

$$F_{R.e2} = 1600 \text{ N}$$

IV.3.4-choix des ressorts de rappel :

Ce sont les éléments qui doivent assurer le retour de la partie inférieure mobile à la première position.

La course de compression du ressort est **25.5 mm.**

Les ressorts sont classés par couleur, qui signifie le type de charge.

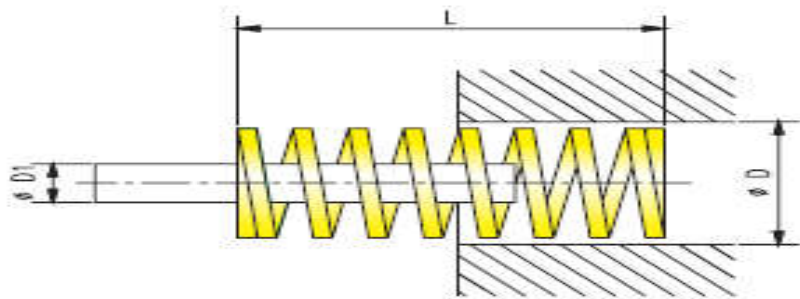


Figure IV.9 : dimensionnement d'un Ressort.

	Charges extra légères couleur " Violet" Réf.324
	Charges légères couleur " Vert" Réf.355
	Charges moyennes couleur " Bleu" Réf.356
	Charges fortes couleur " Rouge" Réf.357
	Charges extra fortes couleur " jaune" Réf.358
	Charges hyper fortes couleur " bronze" Réf.359

Figure IV.10 : différents types de ressorts.

GAMME DISPONIBLE										
D	D1	L	K	A 17 %		B 25 %		C Approximatif		REF. 358
mm	mm	mm	N/mm	N	mm	N	mm	N	mm	
25	12,5	32	374	2037	5,4	2995	8	4118	11	
		38	346	2235	6,5	3287	9,5	4498	13	
		44	244	1825	7,5	2684	11	3904	16	
		51	208	1799	8,7	2646	12,8	3735	18	
		64	161	1752	10,9	2576	16	3703	23	
		76	131	1690	12,9	2485	19	3401	26	
		89	111	1672	15,1	2459	22,3	3426	31	
		102	96,3	1670	17,3	2456	25,5	3467	36	
		115	85,7	1675	19,6	2464	28,8	3514	41	
		127	76,3	1647	21,6	2423	31,8	3586	47	
		152	63,5	1641	25,8	2413	38	3429	54	
		178	53,9	1631	30,3	2399	44,5	3396	63	

Tableau IV. 2 : catalogue RABOURDIN ressort charge extra forte.

Dan notre cas, on a choisir deux ressort charge extra fort pour assurer le dégagement de la partie inferieur mobile.

Caractéristiques de ressort :

D= 25 mm

D1=12,5 mm

L= 102 mm

K= 96,3 N/mm

A= 25,5 mm (course de ressort comprimée)

$F_{\text{ressort}} = 245,6 \text{ daN}$

$F_r = 245,6 \cdot 2$ (Effort de deux ressorts de rappel)

$F_r = 491,2 \text{ daN}$

IV.3.5-Effort vertical fourni pour effectuer le poinçonnage latéral (F_v):

➤ Effort total de poinçonnage latéral :

$$F_{\text{Total.P.L}} = F_{\text{P.L}} + F_{\text{d2}} + F_r$$

Avec :

$F_{\text{Total.P.L}}$: Effort total de poinçonnage latéral.

$F_{\text{P.L}}$: Effort de poinçonnage latéral.

F_{d2} : Effort dévêtissage de poinçonnage latéral.

F_r : Effort de deux ressorts de rappel.

AN:

$$F_{\text{Total.P.L}} = 9168,8 + 641,816 + 491,2$$

$$F_{\text{Total.P.L}} = 10301,816 \text{ daN}$$

➤ L'inclinaison de la came :

C'est la partie qui nous a permis d'effectuer la transformation de mouvement vertical au mouvement horizontal.

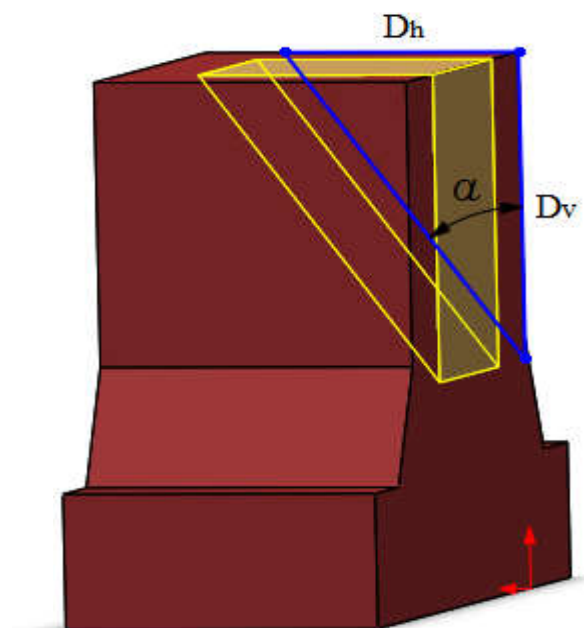


Figure IV.11 : L'inclinaison de la came.

- **L'angle d'inclinaison (α) :**

$$\tan (a) = D_h/D_v$$

Avec :

D_h : Le déplacement horizontal.

D_v : Le déplacement vertical.

- **Calcul de d'angle (a):**

- La course de poinçon D10 qui a un déplacement vertical est égale à 7.3 mm
- La course de poinçon D8 qui a un déplacement horizontal est égale à 5.5 mm

AN :

$$\tan(a) = (5, 5/7, 3)$$

$$a = \tan^{-1}(5, 5/7, 3) = 36.995^\circ, \text{ On prendre : } \mathbf{a = 37^\circ}$$

- **Calcul de l'effort F_V :**

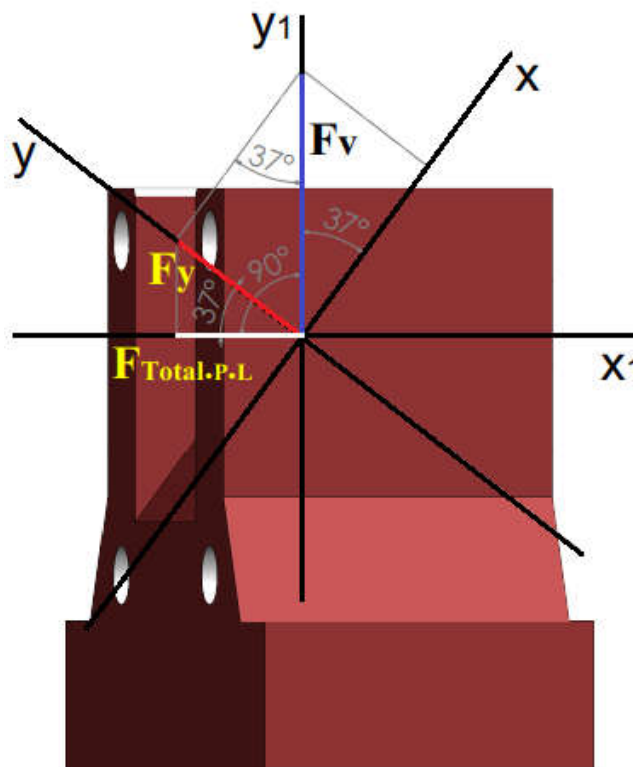


Figure IV.12 : décomposition de l'effort vertical (F_V).

La décomposition de l'effort vertical F_V dans la **figure IV.11**. Représente l'effort appliqué par le bras sur l'inclinaison de la came qui égale à 37°

Par projection de F_V sur l'axe **oy** : $\sin 37 = F_y / F_V$

$$F_y = \sin 37 \cdot F_V \dots \dots \dots (1)$$

Par projection de F_y sur l'axe **ox1** : $\cos 37 = F_{\text{Total.P.L}} / F_y$

$$F_{\text{Total.P.L}} = \cos 37 \cdot F_y \dots \dots \dots (2)$$

(1) Dans (2):

$$F_{\text{Total.P.L}} = F_V \cdot \sin 37 \cdot \cos 37$$

$$F_V = F_{\text{Total.P.L}} / \sin 37 \cdot \cos 37$$

A.N:

$$F_V = 10301,816 / \sin 37 \cdot \cos 37$$

$$F_V = 21433,94 \text{ daN}$$

IV.3.6-Effort total que doit fournir par la presse :

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

$$F_{Pr} > F_{P.V} + F_{d1} + F_V$$

Avec :

F_{Pr} : Effort de la presse.

$F_{P.V}$: Effort de poinçonnage vertical.

F_{d1} : Effort dévêtissage pour le poinçonnage vertical.

F_V : Effort vertical fournir pour effectuer le poinçonnage latéral.

A.N:

$$F_{Pr} > 1758.4 + 123.088 + 21433.94$$

$$F_{Pr} > 23315,428 \text{ daN}$$

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

$$F_{Pr} > 23,31 \text{ tonnes} - \text{force}$$

IV.4-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 suffisamment 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.

A partir de ces paramètres, la presse choisie est de type **DCP 100-18 Arcade 100 tonnes**, construction allemande qui a les caractéristiques suivantes:

- Capacité de la presse (100 tonnes)
- Distance entre la table et le coulisseau en (PMH)..... (600 mm)
- Distance entre la table et le coulisseau en (PMB)..... (350 mm)
- Dimensions de la table (longueur et largeur)..... (1800mm × 1200 mm)
- Course de coulisseau..... (250 mm)

IV.5-Résistance des poinçons au flambage :

Une poutre longue et droite, soumise à deux forces axiales opposées, subit une déformation par flambement.

Ce dernier se produit pour une certaine valeur de charge appelée charge critique.

Si :

- $F < F_{cr}$: La poutre ne subit qu'un faible raccourcissement qui est dû à la compression.
- $F > F_{cr}$: La poutre se déforme et la rupture peut intervenir rapidement.

F : Effort de poinçonnage.

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

$$F_{cr} = \pi^2 \cdot E \cdot I / l^2$$

Avec :

E : module de Young (210000 N/mm²).

I : moment d'inertie.

L : longueur réelle de poinçon.

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

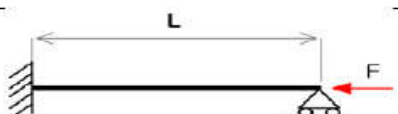
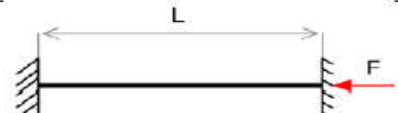
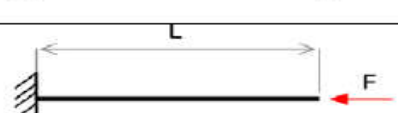
Longueur libre de flambement		
Type de liaisons	Figure	Valeur de l
Encastré - Pivot		$l = 0.7L$
Encastré des deux cotés		$l = 0.5L$
Encastré - Libre		$l = 2L$
Pivot des deux cotés		$l = L$

Tableau IV.3 : Valeurs de la longueur de flambage l en fonction de la longueur L .

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

➤ **Poinçon de Ø 3.5 mm (poinçonnage vertical) :**

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

$L = 71 \text{ mm}$.

Le poinçon est de diamètre 3.5 mm qui a un corps de 10 mm de diamètre.

$$I = \pi d^4 / 64$$

A.N:

$$I = 3,14 \cdot 10^4 / 64$$

$$I = 490,625 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr} = \pi^2 \cdot 210000 \cdot 490,625 / 4 \cdot 71^2$$

$$F_{cr} = 50379,23 \text{ N}$$

On a : $F_{p.v} = 17584 \text{ N}$ (effort de poinçonnage vertical).

Alors la condition est vérifiée.

$$F_{cr} > F_{p.v}$$

➤ **Poinçon de Ø 3.5 mm (poinçonnage latéral) :**

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

$L = 82 \text{ mm}$.

Le poinçon est de diamètre 3.5 mm qui a un corps de 8 mm de diamètre.

A.N:

$$I = 3,14 \cdot 8^4 / 64$$

$$I = 200,96 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr} = \pi^2 \cdot 210000 \cdot 200,96 / 4 \cdot 82^2$$

$$F_{p1} = 15470,36 \text{ N}$$

On a : $F_{p1} = 13188 \text{ N}$ (effort de poinçonnage des trois trous de $\varnothing 3.5 \text{ mm}$).

Alors la condition est vérifiée.

$$F_{cr} > F_{p1}$$

➤ Poinçon de $\varnothing 62.5 \text{ mm}$ (poinçonnage latéral) :

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

$L=92 \text{ mm}$.

Le poinçon est de diamètre 62.5 mm .

A.N:

$$I = 3,14 \cdot 62,5^4 / 64$$

$$I = 748634,33 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr} = \pi^2 \cdot 210000 \cdot 748634,33 / 4 \cdot 92^2$$

$$F_{cr} = 4578389,37 \text{ N}$$

On a : $F_{p2} = 78500 \text{ N}$ (effort de poinçonnage de trou de $\varnothing 62.5 \text{ mm}$).

Alors la condition est vérifiée.

$$F_{cr} > F_{p2}$$

IV.6-Détermination du jeu de découpage :

Le jeu de découpage correspond à la distance entre le poinçon et la matrice. Pour un découpage, le jeu est à prendre sur le poinçon et pour un poinçonnage il est à prendre sur la matrice.

Le jeu varie selon la nature et l'épaisseur « e » des matériaux découpés :

$$J = 1/20 \cdot e : \text{Pour le laiton et l'acier doux.}$$

$$J = 1/15 \cdot e : \text{Pour l'acier dur.}$$

$$J = 1/10 \cdot e : \text{Pour l'aluminium.}$$

- Calcul du jeu de découpage :

Dans notre cas, la tôle à poinçonner est en acier **doux** et d'une épaisseur $e = 1\text{ mm}$ d'où le jeu à prévoir est égal à $1/20 \cdot e$

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

$$J = 0,05 \text{ mm}$$

IV.7-Calcul du barycentre de l'outil :

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.

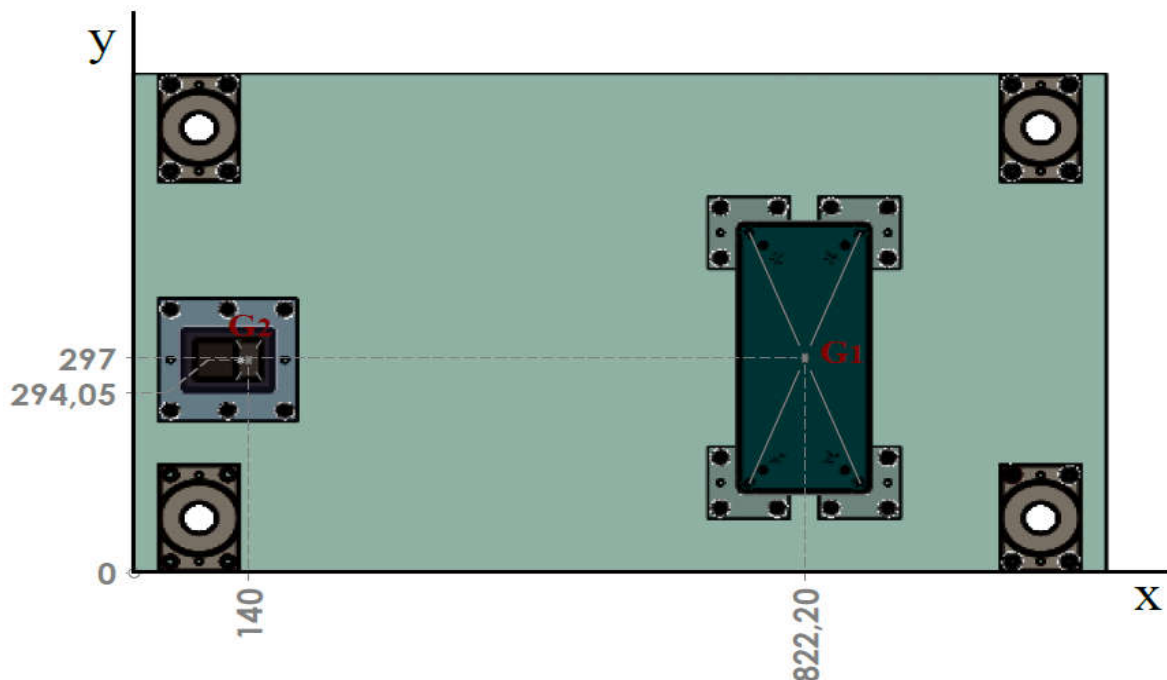


Figure IV.13 : Positions des centres de gravité.

Soient $(X1, Y1)$ et $(X2, Y2)$, respectivement les coordonnées des centres d'inerties des poinçonnages : $G1, G2$.

$G1$: Centre d'inertie du poinçonnage verticale.

$G2$: Centre d'inertie de la surface incliné de bras.

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

$$X_G = \sum_{i=1}^2 F_i \cdot X_i / \sum_{i=1}^2 F_i$$

$$Y_G = \sum_{i=1}^2 F_i \cdot Y_i / \sum_{i=1}^2 F_i$$

Remarque : Souvent on calcule le barycentre par l'utilisation des coordonnées du centre d'inertie des poinçons.

Dans notre cas on considère *le bras* à la place du poinçon.

Le bras, est l'un des deux éléments responsables de la transformation du mouvement vertical ou mouvement horizontal pour réaliser le poinçonnage latéral.

G _i	X _i (mm)	Y _i (mm)	F _i (daN)	X _i .F _i	Y _i .F _i
G1	822,2	297	1881,488	1546959,434	558801,936
G2	140	294,05	21433,94	3000751,6	6302650,057
			Σ F _i = 23315,428	Σ X _i .F _i = 1547711,034	Σ Y _i .F _i = 6861451,993

Tableau IV. 4 : centre d'inertie des efforts de poinçonnage.

$$X_G = \sum X_i \cdot F_i / \sum F_i = 1547711,034 / 23315,428$$

$$X_G = 195,05 \text{ mm}$$

$$Y_G = \sum Y_i \cdot F_i / \sum F_i = 6861451,993 / 23315,428$$

$$Y_G = 294,28 \text{ mm}$$

L'axe du coulisseau de la machine passe sur les coordonnées : $X_G = 195,05 \text{ mm}$ et $Y_G = 294,28 \text{ mm}$ par rapport à (o, x, y).

IV.8-Conception de l'outil:**A. Les différents éléments d'outil :**

L'outil proposer dans cette étude est constitué des éléments suivant.

1) Semelle inferieure :

C'est une plaque sur laquelle on a ajusté des différents éléments (plaque support, embase, ...), son épaisseur doit être suffisante pour résister à l'effort de poinçonnage.

2) plaque support :

C'est une plaque sur laquelle les matrices sont ajustées.

3) Poinçons :

Ce sont les éléments principaux de l'outil qui exécutent le travail de poinçonnage, ils sont fixés directement aux portes poinçons.

4) Porte poinçon :

C'est une plaque dans laquelle les poinçons sont montés, son épaisseur doit être suffisante pour assurer une bonne fixation des poinçons.

5) Serre flan :

Il sert à appuyer le flan contre la matrice lors du poinçonnage, décoller la bande du poinçon et aussi guider les poinçons ainsi que les vis d'écartement qui jouent le rôle de relais entre les portes poinçons et le serre flan.

6) butées :

Les butées sont pour but de positionnement de flan.

7) La matrice :

Elle doit résister à l'effort de poinçonnage, et doit être suffisamment épaisse pour supporter l'effort du serre flan et éviter les déformations.

8) Les glissières :

Ce sont des baguettes fixes sur la semelle inférieure pour assurer le guidage et l'acheminement de la partie inférieure mobile.

9) Semelle supérieure :

C'est une plaque qui porte les portes poinçons ainsi que les embases et assure la liaison entre la partie supérieure de l'outil et le coulisseau de la presse.

10) Embases :

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

11) Plaque d'usure:

Elle sert à protéger les éléments d'outil des déformations au cours du travail.

12) la came et le bras :

Assurant la transformation de mouvement vertical de coulisseau au mouvement horizontal pour réaliser le poinçonnage latéral.

13) tasseaux :

Porte la partie inférieure de l'outil et assure sa fixation sur la table de presse avec bridage.

14) Indication d'assemblage :

- Les différents éléments de l'outil seront fixés entre eux par des vis CHC.
- Le centrage et positionnement seront assurés par des goupilles.

B. Les matériaux utilisés : [2]

Pour un choix judicieux des matériaux à utiliser pour chaque pièce de l'outil, il faut tenir compte de toutes les sollicitations mécanique et physique pour avoir une durée de vie optimale et l'utilisation de l'outil dans des meilleures conditions.

Les caractéristiques principales :

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

Pièce de l'outil	Matière	Caractéristiques mécanique
Semelle inférieur, Semelle supérieur, Plaque support, butées Supports, Portes poinçons. Porte bras	E 24	Une bonne ténacité ($R_{min} = 34 \text{ daN/mm}^2$).
Poinçons, Canons Colonnes de guidage, Embases, Bras.	Z200C12	Une bonne résistance à l'usure, aptitude à la trempe, et faible déformation en travail. Une bonne résistance aux chocs ($R_{min} = 218 \text{ daN/mm}^2$) T.thermique: 58-60 HRC.
Serre-flan, came porte canon, glissières, plaque Porte ressort,	XC48	Une bonne résistance aux chocs ($R_{min} = 75 \text{ daN/mm}^2$)
Plaque d'usure1, Plaque d'usure 2	bronze	Une bonne résistance à l'usure, une bonne maniabilité, et un faible coefficient de frottement.

Tableau IV. 5 : Les différents matériaux utilisés.

R min : résistance minimale à la rupture par extension.

C. Les Mises en plan :

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

➤ Partie inferieure :

Palnche1 : Butée cylindrique

Planche2 : Butée

Planche3: Canon D3.5

Planche4 : Canon D62.5

Planche5 : Colonne de guidage

Planche6 : Embase inferieure

Planche7 : Glissière

Planche8 : Plaque d'usure 1

Planche9 : plaque support

Planche10 : plaque

Planche11 : porte canon D3.5

Planche12 : porte canon D62.5

Planche13 : porte ressort

Planche14 : Semelle inferieure

Planche15 : support

Planche16 : tasseaux

➤ Partie inferieure mobile :

Planche17 : came

Planche18 : Porte glissières

Palnche19 : poinçon D62.5

Planche20: poinçon épaulé D8

Planche21: porte poinçon inferieur

Planche22 : serre-flan inferieur

➤ **Partie supérieure :**

Planche23 : Bras

Planche24 : Embase supérieure

Planche25 : poinçon épaulé D10

Planche26: porte bras

Planche27: porte poinçon supérieur

Planche28 : Semelle supérieure

Planche29 : Serre-flan supérieur

Planche30: Partie inférieure

Planche31: Partie inférieure mobile

Planche 32: Partie supérieure

Planche33 : outil de poinçonnage à came

Conclusion générale

La réalisation de notre projet de fin d'études au niveau de L'Entreprise Nationale des Industries de l'Electroménager ENIEM, nous a permis d'élargir nos connaissances dans le domaine de la mise en forme des tôles.

Dans l'étude théorique nous avons décrit les différents procédés de mise en forme des métaux en feuilles, les efforts utilisés (effort de poinçonnage, effort dévétissage,...) et les phénomènes qui se produisent pendant la réalisation des opérations sur les tôles.

Ainsi, La conception de l'outil nous a permis de faire un travail de recherche sur les presses utilisés dans l'industrie et leurs outils et de leur mise en œuvre.

La conception réalisée en utilisant le logiciel de conception assistée par ordinateur, SolidWorks, nous a permis d'avoir les caractéristiques dimensionnelles et géométriques des différents composants de l'outil. Nous avons aussi enrichi notre travail avec les dessins de définitions et du dessin d'ensemble des différents organes de l'outil, pour permettre une meilleure illustration de son fonctionnement.

Enfin, ce travail était, pour nous, une occasion de faire nos premiers pas dans le vaste terrain de conception dans le domaine industriel, et nous espérons bien que ce travail apportera une aide à l'entreprise ENIEM, et servira comme guide aux étudiants (es) de département génie mécanique.

Bibliographie

- [1] Composant de construction mécanique, Rabordin industrie.
- [2] Documentation ENIEM.
- [3] Thèse Hamid Makich, Etude théorique et expérimentale de l'usure des outils de découpe: influence sur la qualité des pièces découpées. Mécanique [physics.med-ph]. Université de Franche-Comté, 2011
- [4] Maillard. A, Etude expérimentale et théorique du découpage. Thèse de doctorat, Université de Technologie de Compiègne, 1991.
- [5] Christophe .Z, Cours de technologie : Le principe du poinçonnage, Janvier 2001
- [6] jerome. Cours prof. <https://www.fichier-pdf.fr/2017/11/28/cours-prof/>
- [7] A. Maillard. TECHNIQUE DE L'INGENIEUR .bm7500. Découpage des tôles à la presse .10/07/2009.
- [8] T.SAADI, Mémoire fin d'étude, Étude et conception d'un outil à suivre à bande, UMMTO promotion 2014
- [9] A. Brahim et K.Massinissa, Mémoire fin d'étude, Étude et conception d'un outil de Poinçonnage pour une grille d'aération d'un frigob, promotion 2005
- [10] A. Mohammed et H.Mahdi ; Mémoire fin d'étude, Étude et conception de deux outils de découpage-poinçonnage et de pliage pour clapet air bruleur, promotion 2013/2014
- [11] : A. Lyes et D.Ahmed ; Mémoire fin d'étude, Étude et conception d'un outil de pliage pour la réalisation d'une pièce de réfrigérateur ENIEM.