

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI de TIZI-OUZOU



Faculté du Génie de la construction
Département Génie Mécanique

Mémoire fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique en Génie
mécanique

Spécialité : Fabrication Mécanique et Productique

Thème :

Etude et Conception d'un outil poinçonnage et
détourage d'un autonettoyant d'une cuisinière
ENIEM

Proposé par:

Mr : BOUCENNA Hamid (ENIEM)

Encadré par :

Mr : ASMA Farid

Réalisé par :

BOUSSA Anissa
BOUYACOUB Rezak

2018/2019

Remerciement

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

Nous remercions notre promoteur Mr. ASMA.F 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 dédie ce travail à :

Ma chère maman, affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

A mon père avec toute ma reconnaissance, Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

Mon très cher frères « Karim », ta été le père et la mère, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour toi.

*Mes chères soeurs « Katia, Razika, Manal et Mélissa »,
Mes oncles et tantes.*

Tous mes amis (es). Spécialement : Mathi, Kenza, Sarah, Sabrina, Tina, Ghiles, Magou, Youcef, Anis

La promotion de fin cycle Master II, Fabrication Mécanique et Productique.

Mon collègue Chicoucou Bouyacoub.

Boussa Anissa

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Ma chère maman, affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

A mon père avec toute ma reconnaissance, Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

Mon très cher frère « Said », et sa femme « Rachida », vous étiez le père et la mère, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.

*Mes chères soeurs et leurs époux et leurs enfants « Hassina, Razika, Salihia. ».
Mes oncles et tantes.*

*Tous mes amis (es). Spécialement : Karim, Aghiles, Said, Celia, Tina, Lydia,
Kenza, Leila.*

La promotion de fin cycle Master II FMP.

Ma collègue Boussa Liza.

Bouyacoub Rezak

Liste des figures

Chapitre I : Historique et présentation de l'entreprise

Figure 1.1 : Organigramme de l'entreprise	2
---	---

Chapitre II : Procédés de mises forme

Figure II . 1 : Pliage en V	11
Figure II . 2 : Pliage en U	11
Figure II . 3 : pliage en L	12
Figure II . 4 : Le retour élastique.....	13
Figure II . 5 : Principe de l'emboutissage.....	14
Figure II . 6 : Différentes phases d'une opération d'emboutissage.....	15
Figure II . 7 : Principe de découpage aspect d'une coupe	19
Figure II . 8 : Aspect des pièces cisailées	20
Figure II . 9 : Effet de coupe et l'angle tranchant	21
Figure II . 10 : Le grignotage	22
Figure II . 11 : Le crevage.....	22
Figure II . 12 : L'ajourage	23
Figure II . 13 : Le détournage.....	23
Figure II . 14 : Le soyage	24
Figure II . 15 : Le jeu de découpage	25
Figure II . 16 : Le poinçonnage	26
Figure II . 17 : Le poinçon	27
Figure II . 18 : La matrice	28
Figure II . 19 : Le jeu entre poinçon et matrice.....	28

Chapitre III : Types de presse utilisées

Figure III . 1 : La presse mécanique	32
Figure III . 2 : Système bielle-manivelle.....	33
Figure III . 3 : Système a genouillère.....	34
Figure III . 4 : système à excentrique	34
Figure III . 5 : Système à came.....	35
Figure III . 6 : Presse hydraulique.....	36
Figure III . 7 : Presse hydraulique à simple effet	37
Figure III . 8 : Presse hydraulique à double effet.....	38
Figure III . 9 : Presse à triple effet.....	38
Figure III . 10 : Presse à montant droit.....	39
Figure III . 11 : Presse à colonne.....	40
Figure III . 12 : Presse à col de cygne	41
Figure III . 13 : Presse à arcade	42
Figure III . 14 : Presse à table mobile et bigorne.....	43
Figure III . 15 : Système excentrique.....	44

Liste des tableaux

Tableau II . 1 : Exemple de quelque procédé de mise en forme	10
Tableau II . 2 : Le coefficient K en fonction de d/D	16
Tableau II . 3 : Les matériaux du flan et leurs pressions spécifiques.....	17
Tableau II . 4 : Vitesse d'emboutissage	18
Tableau II . 5 : Résistance au cisaillement Rc de quelque matériaux	25

Liste des symboles

R_m: résistance a la traction.

e: épaisseur de la tôle.

J: jeu de pliage.

L: longueur.

K : raideur.

I: Moment quadratique de la section.

E: Module d'élasticité.

D:diamètre.

K: coefficient en fonction de d/D.

F_s: effort sur le serre flan cylindrique.

P : pression spécifique sur le serre-flan.

F_{sr}: effort sur serre flan rectangulaire.

R_n : rayon en angle.

D_m : diamètre de la matrice.

H : hauteur d'embouti.

F : effort pliage.

P : périmètre de la surface à découpé.

F : effort de découpage.

R_c: résistance au cisaillement de la tôle.

e : épaisseur de la surface a découpé.

F_{er} : effort d'emboutissage rectangulaire.

a et **b** :distance entre les centres des rayons des angles d'emboutissage rectangulaire

r : rayon de la matrice.

F : la flèche.

Re : résistances à la traction.

S : surfaces des boulons.

n : nombres des boulons.

F_t : force totale.

A : aire de la plaque verticale.

L_f : longueur de flambement.

λ : l'élanement de la pièce.

Sommaire :

- i. Listes des figures
- ii. Listes des tableaux
- iii. Listes des symboles

Introduction générale	1
1.Présentation de L'entreprise	2
2.Présentation de la pièce	8
2.1 Emplacement de la pièce	9
2.2 Le processus de fabrication d'autonettoyant en tôle noir	10
Chapitre I : Les Procédés De Mise en Forme des Tôles : Emboutissage, pliage, Découpage.	
Introduction	11
I.1 Emboutissage	11
I.1.1 Définition.....	11
I.1.2 Principe	11
I.1.3- Les opérations de l'emboutissage des métaux	12
1.3.1 : La préparation de l'opération d'emboutissage	12
1.3.2. Le serrage du flan	12
1.3.3. L'emboutissage.....	13
1.3.4. L'enlèvement des outils.....	13
1.3.5. Le détournage.....	13
I.2 Le pliage	
I.2.1 Définition et principe.....	14
I.2.2 Modes de pliage sur presse	14
I.2.2.1 Le pliage en V.....	14
I.2.2.2 Le pliage en U.....	15
I.2.2.3 Le pliage en L	15
I.2.3 Etude des déformations dupli	16
I.2.4 Condition de l'opération de pliage	16
I.2.5 Effort mis en jeu durant et après le pliage	17
I.2.6 Le retour élastique	18
I.2.7 L'outillage.....	18
I.3 Découpage	19
I.3.1 Généralités	19
I.3.2 Principe et les différents paramètres du découpage.....	19
I.3.3 Désignation des opérations de découpage.....	20
I.3.4 Différentes phases d'une opération de découpe	22
I.3.5 Effort de découpage	23
I.3.6 Effort d'extraction.....	24
I.3.7 Vitesse de découpage.....	24
Conclusion	24

Chapitre II : Les Procédés Demise en forme Poinçonnage et Détourage

Introduction	25
II.1 Le poinçonnage	26
II.1.1 Définition	26
II.1.2 Principe de fonctionnement.....	26
II.1.3 Les composants essentiels d'une matrice et d'un poinçon.....	27
II.1.3.1 Le poinçon	27
II.1.3.2 La matrice	28
II.1.3.3 Jeu entre matrice et poinçon	28
II.1.4 Effort de poinçonnage et la section minimale du poinçon.....	29
II.1.5 Avantages et inconvénients du poinçonnage	29
II.2 Le Détourage	30
II.2.1 Définition	30
II.2.2 Types de détourage.....	30
II.3 Aspects de caractérisation du procédé.....	32
II.3.1 Effort de découpage.....	32
II.3.2 Qualité de la découpe.....	33
II.4 Paramètre du procédé.....	34
II.4.1 Paramètres géométriques.....	34
II.4.2 Paramètres physiques	35
II.5 Comportement tribologique lors d'une opération de découpage.....	35
II.5.1 Frottement poinçon/tôle	36
II.6 Usure des outils de découpage	36
II.6.1 Définition de l'usure.....	37
II.6.2 Mécanisme de l'usure.....	37
II.6.3 Quantification de l'usure des poinçons.....	38
Conclusion	38

CHAPITRE III : Les Presses et Machines Utilisés

Introduction	39
III.1 Définition	39
III.2 Types des presses.....	39
III.2.1 Presse mécanique à vis (manuelle)	39
III.2.2 Presse mécanique	40
III.2.3 Presse hydraulique	46
III.2.3.1 Principe de fonctionnement	46
III.2.3.2 Types des presses hydrauliques	47
III.2.3.3 Avantages et inconvénients des presses hydrauliques et mécaniques.....	47
III.2.4 Presse pneumatique	48
III.2.4.1 Principe	48
III.2.4.2 Avantages et inconvénients des presses pneumatiques	48
III.2.4.3 Presse pneumatique ou hydraulique	49
III.3 Conclusion	50

IV : Etude et conception de l'outil

Introduction	51
Partie 01 : étude et calculs.....	51
IV.1 Cahier des charges.....	51
IV.2 Le processus de fabrication	52
IV.3 Fiche technique de la tôle	52
IV.4 Calcul des efforts	53
IV.4.1 Calcul de l'effort de poinçonnage	55
IV.4.2 Calcul de l'effort de détournage	57
IV.4.3 L'effort total de découpage	58
IV.4.4 Calcul de l'effort dévêtissage $F_{\text{dév}}$	59
IV.4.5 Calcul de l'effort d'éjection	59
IV.4.6 Calcul de l'effort fournir par la presse	59
IV.4.7 Jeu de découpage	60
IV.5 Calcul de vérification des poinçons à la résistance.....	61
IV.6 position adéquate de l'outil sur la machine (centre d'inertie)	63
IV.7 Le choix de la machine	64
Conclusion	65
Partie02: Conception de l'outil.....	66
IV.8 détails de l'outil	67
IV.9 Outil complet assemblé	68
Conclusion générale	69
Références bibliographiques.....	70

Introduction générale

Introduction :

La fabrication mécanique est un secteur très dynamique qui ne cesse d'évoluer de jour en jour. Elle a pour objectif l'étude, la conception, la fabrication de divers pièces, d'outils, mais aussi, la réparation et réglages multiples. La transformation des tôles, est l'une des illustrations de nombreux services de ce vaste domaine, très prisé par d'autres secteurs tels que la construction automobile, électrique, électroménager, aéronautique pour ne citer que cela.

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

L'objectif de ce projet consiste à faire une étude et conception, d'un outil pour la fabrication d'un auto nettoyant pour une cuisinière en se basant sur le procédé simultané de découpage (poinçonnage et détourage). Ce projet nous a été proposé par l'entreprise ENIEM (Unité Cuisson), dans le but d'étudier et concevoir un outil pour la réalisation d'un auto nettoyant avec une géométrie bien déterminée regroupant l'opération simultané de poinçonnage et détourage.

Afin de détailler la démarche proposée, ce document de mémoire est donc organisé en quatre (04) chapitres.

Dans le premier chapitre intitulé « les procédés de mise en forme des tôles : Emboutissage, Découpage, Pliage » nous donnent une description de quelques procédés de mise en forme telle que l'emboutissage, le découpage et le pliage, leurs définitions et Principe de fonctionnement. Ces procédés de mise en forme on prit dans la production industrielle contemporaine une place dont l'importance était imprévisible voici à peine quelques décennies.

Le second chapitre intitulé « procédé de mise en forme poinçonnage et détourage » concerne les différentes base et techniques du poinçonnage et détourage, dont nous avons essayé de donner une présentation plus exacte et une vue plus proche sur ces procédés dans le but de réussir la réalisation de ces dernier dans la pratique.

Le troisième chapitre nommé « étude et conception de l'outil » est réservé à l'étude et conception de l'outil et les résultats des efforts de détourage et de poinçonnage pour calculer l'effort total que doit fournir la presse pour la réalisation de nos pièces

Le quatrième chapitre nommé « conception de l'outil » englobe deux parties inférieure et supérieure, chaque une consiste plusieurs composantes

1. 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 provoqué 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 cela 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 petits et grand modèle (RPM et RGM).

Le congélateur vertical.

Le combiné.

Cuisinières à 4 et à 5 feux.

Climatiseurs

1. Présentation de L'entreprise

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.

1. Présentation de L'entreprise

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 ».

1. Présentation de L'entreprise

ORGANIGRAMME GENERAL DE L'ENIEM

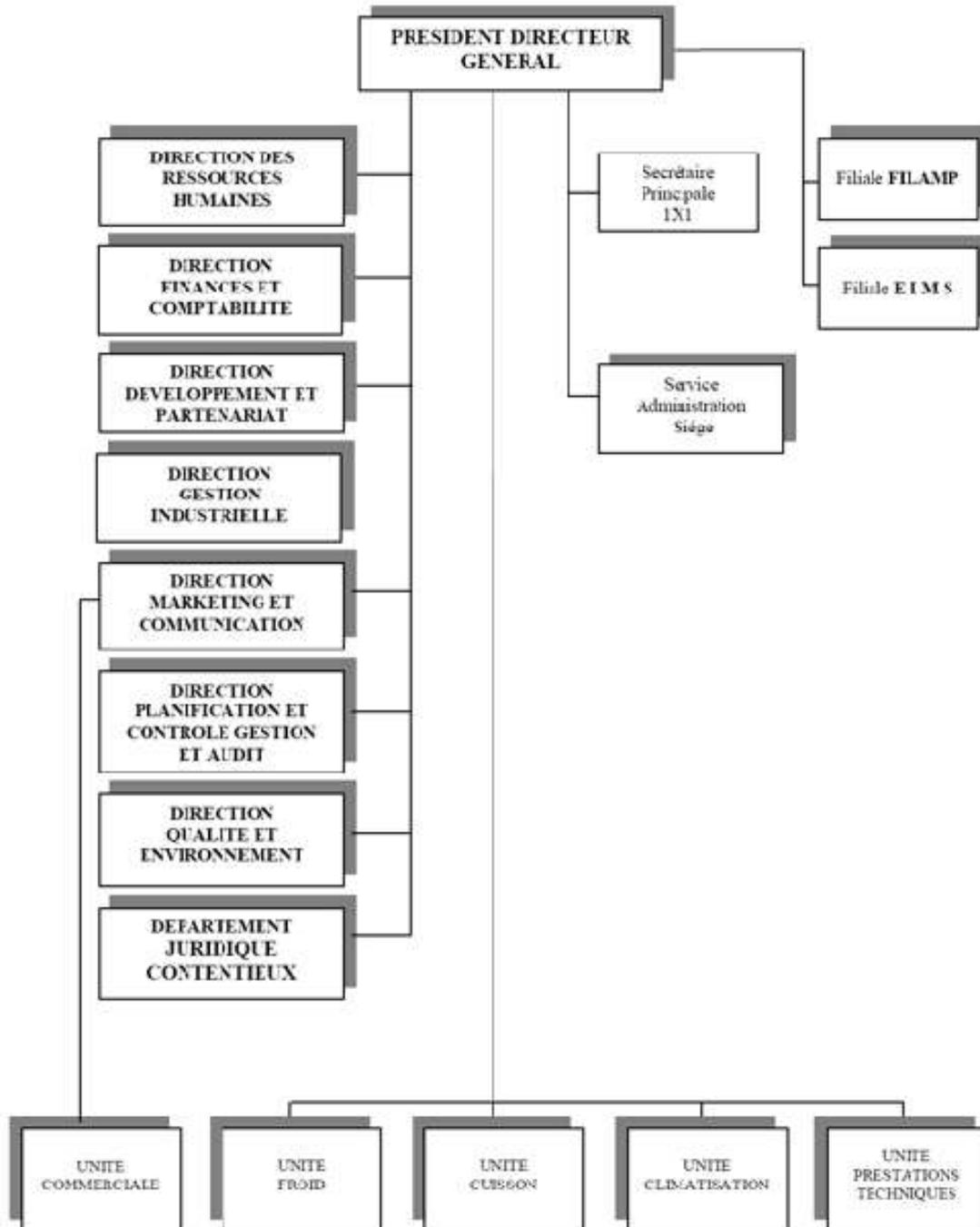


Figure 1 : Organigramme de l'entreprise ENIEM.

1. Présentation de L'entreprise

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.

1. Présentation de L'entreprise

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.

2. Présentation de La pièce

2.Présentation de la pièce :

La figure ci-dessous représente l'auto-nettoyant en tôle noir d'une cuisinière d'ENIEM, il est conçu pour porter les plateaux de la cuisinière



Figure 2.1 : La forme de la pièce à réaliser.

Cette pièce a une longueur de 430 mm et une largeur de 280 mm après développement, et une épaisseur de 0.8 mm

La figure ci-dessous nous montres la cuisinière ENIEM en perspective



Figure 2.2 : cuisinière ENIEM

2. Présentation de La pièce

2.1 Emplacement de la pièce :

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

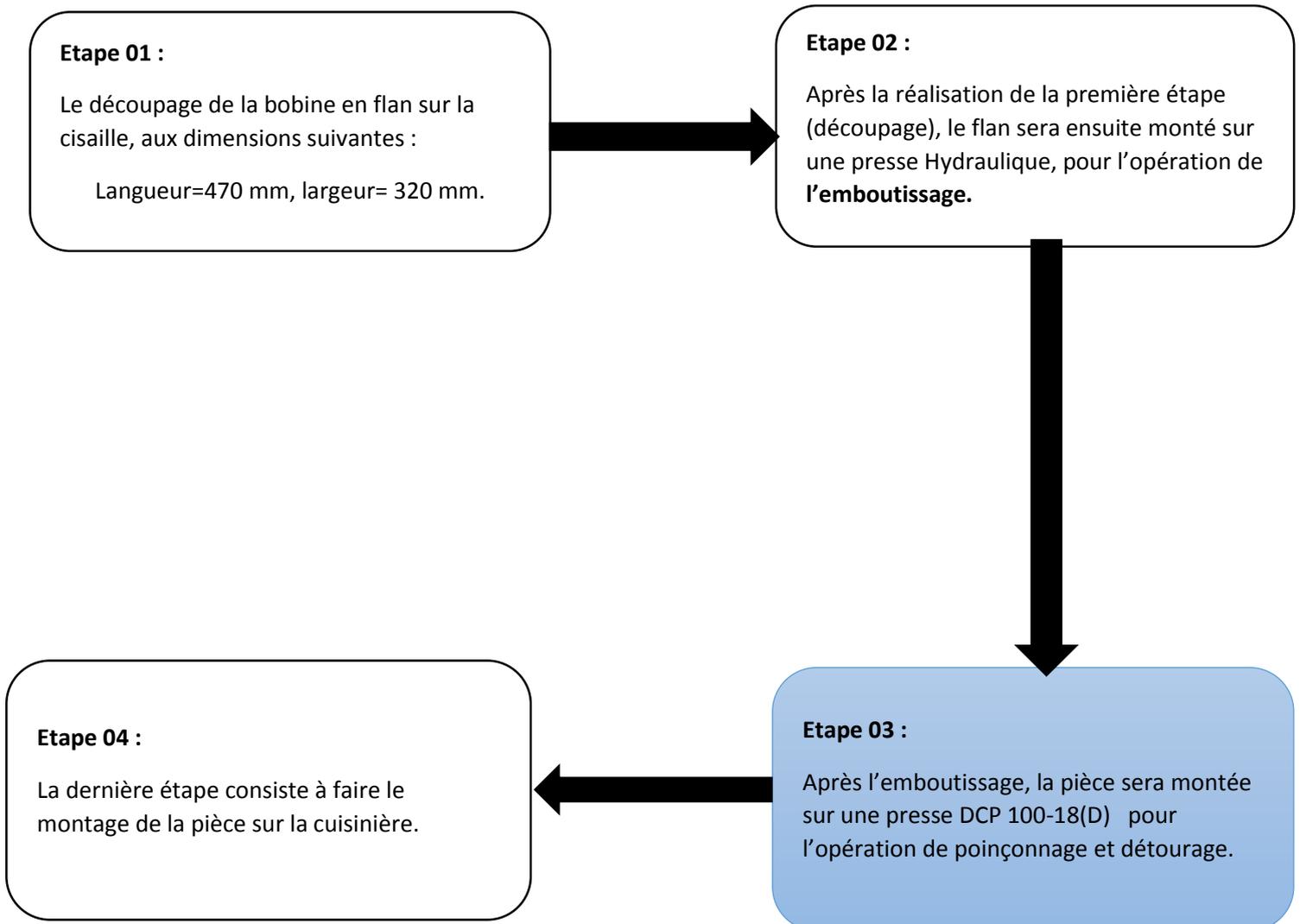


Figure 2.3 : Emplacement de la pièce.

2. Présentation de la pièce

2.2 Le processus de fabrication d'auto-nettoyant en tôle noire :

Le processus de fabrication d'un auto-nettoyant passe par 06 étapes et le schéma ci-dessous montre l'enchaînement de ces étapes :



Remarque :

Notre travail consiste à l'étude et conception d'un outil poinçonnage et détourage.

Introduction :

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

I.1 Emboutissage :

I.1.1 Définition :

L'emboutissage est un procédé qui permet d'obtenir des pièces de formes simples, non développables à partir d'un flan découpé dans une tôle. Cette opération est effectuée sur des presses. La forme est déterminée par le poinçon et la matrice.

I.1.2 Principe :

L'opération d'emboutissage de tôles nécessite une presse à emboutir de forte puissance munie d'outillages spéciaux qui servent à la déformation plastique des métaux. La déformation consiste en un allongement ou un rétreint local de la tôle pour obtenir une forme bien précise.

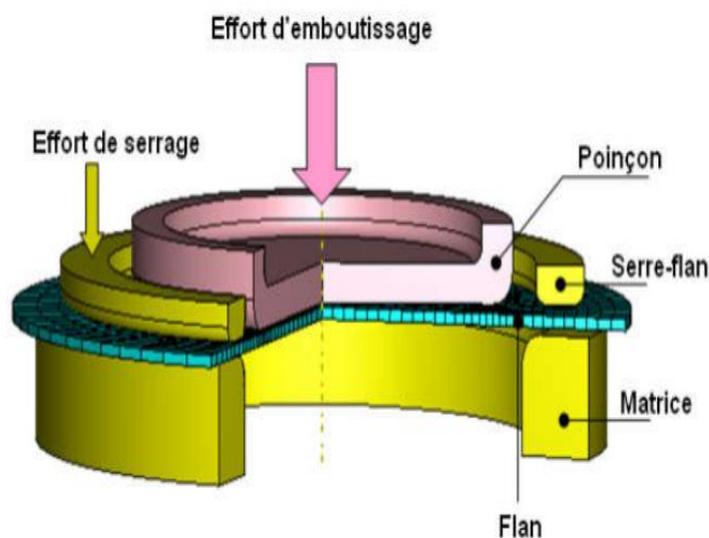


Figure I : Procédé d'emboutissage.

I.1.3-Les opérations de l'emboutissage des métaux :

1.3.1 : 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 graissé est posé sur la matrice.

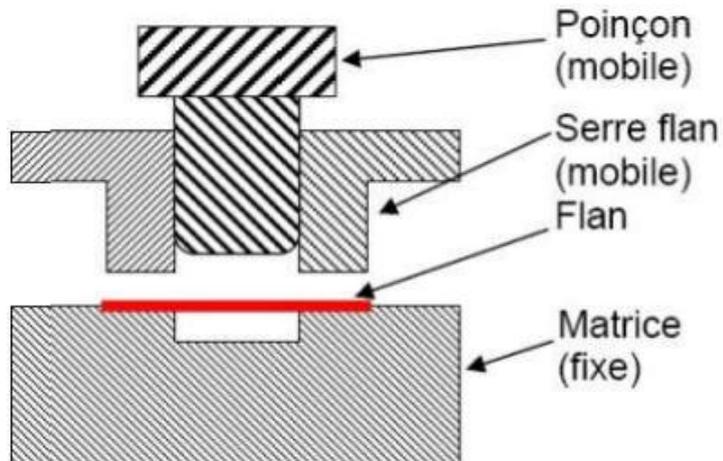


Figure I.1 : La préparation de l'emboutissage

1.3.2. 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.

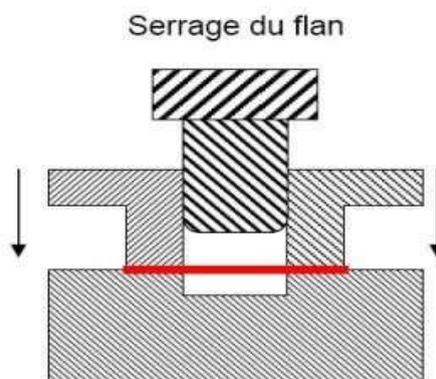


Figure I.2 : Le serrage du flan.

1.3.3. L'emboutissage :

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

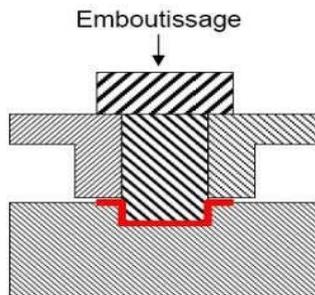


Figure I.3 : L'emboutissage proprement dit.

1.3.4. L'enlèvement des outils :

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

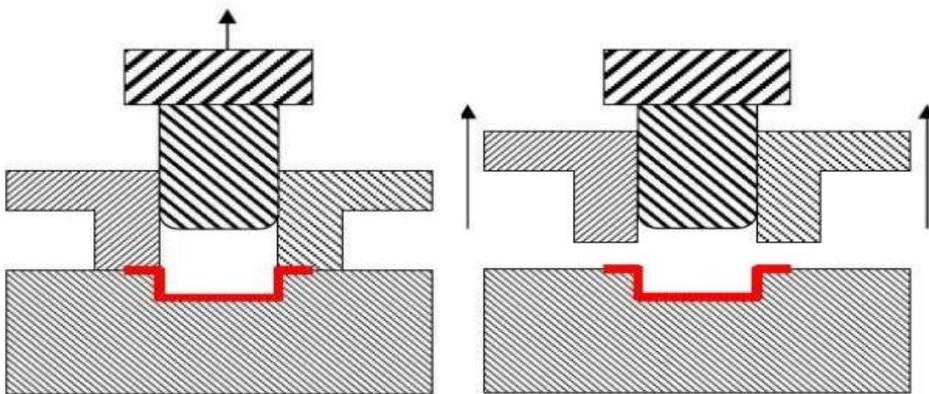


Figure I.4 : L'enlèvement du poinçon puis du serre-flan.

1.3.5. Le détourage :

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



Figure I.5 : Le détourage de la pièce emboutie.

I.2 Le pliage :

I.2.1 Définition et principe :

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

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

I.2.2 Modes de pliage sur presse :

Il existe trois types de pliage des tôles :

I.2.2.1 Le pliage en V :

➤ Pliage en l'air :

La matrice est composée de deux points d'appuis sur lesquels prend position la tôle, le poinçon ne déplace pas jusqu'en fond de matrice, il s'arrête en un point en air préalablement défini, Cette technique est utilisée dans le cas de pliage des tôles épaisses.

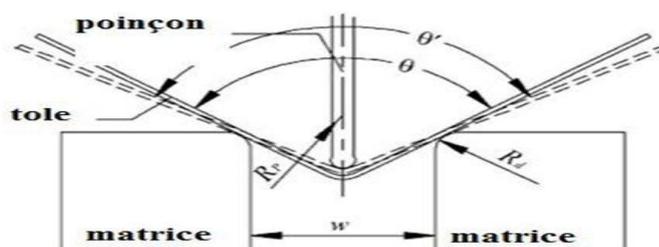


Figure I.6 : pliage en l'air.

➤ Pliage en frappe :

C'est une opération qui s'effectue en deux phases :

- **Phase (1)** : un pliage en air jusqu'à l'obtention de l'angle désiré.
- **Phase (2)** : la tôle subit une frappe rapide par le poinçon et marque la carre de la tôle jusqu'à réduire voire éliminer totalement le retour élastique.

Cette technique est utilisée dans le cas de pliage des tôles d'épaisseur inférieure à 1.

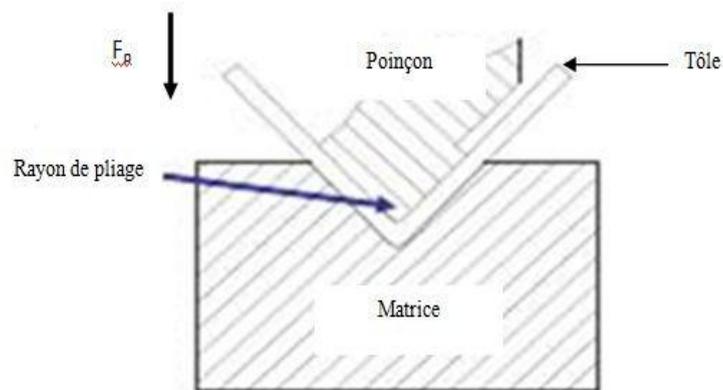


Figure I.7 : pliage en frappe.

I.2.2.2 Le pliage en U :

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

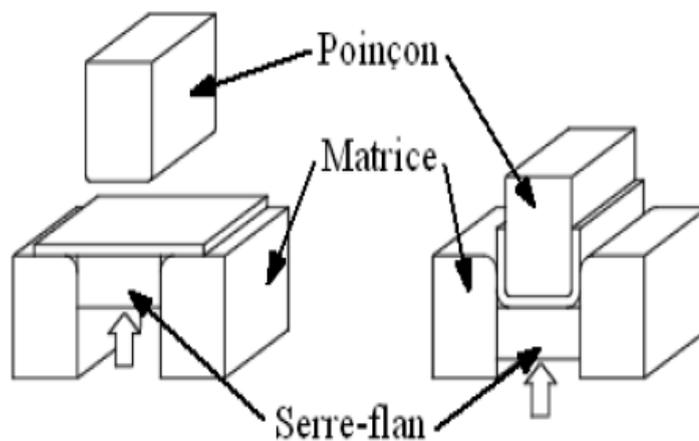


Figure I.8 : Pliage en U.

I.2.2.3 Le pliage en L :

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

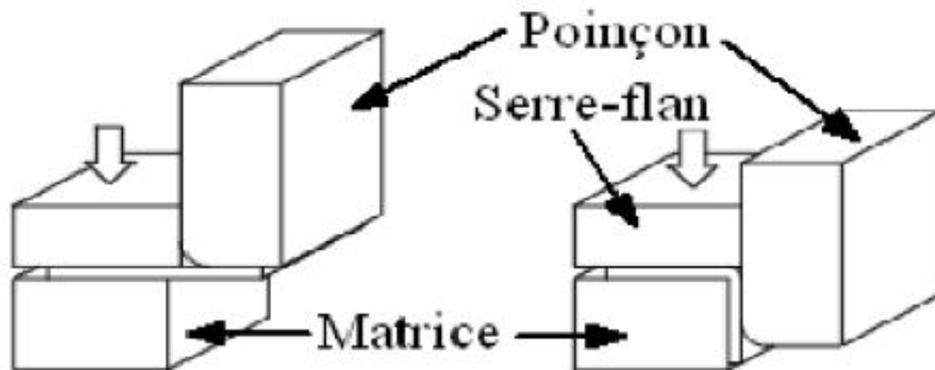


Figure I.9: Pliage en L

I.2.3 : Etude des déformations du pli :

Lors du pliage d'une tôle se produit une déformation plastique, cette déformation est de type allongement de la partie extérieure et compression de la partie intérieure. Cette déformation doit assurer la non rupture du matériau dans cette zone, autant le rayon de pliage est grand, autant la déformation est minime, la fibre neutre est une fibre qui ne subit pas de déformation.

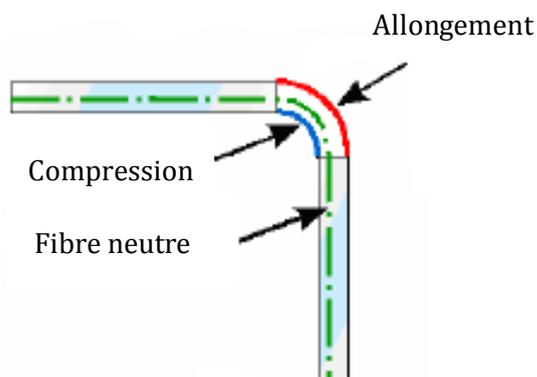


Figure I.10 : Opération de pliage d'une tôle.

I.2.4 Condition de l'opération de pliage :

L'opération de pliage est garantie par deux conditions suivantes :

➤ **Rayon de la matrice de pliage :**

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

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

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

e : épaisseur de la tôle en (mm).

A (%) : allongement

Z (%) : coefficient de striction.

L'expression du rayon de pliage R désigne toujours le rayon intérieur.

➤ **Jeu de pliage :**

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

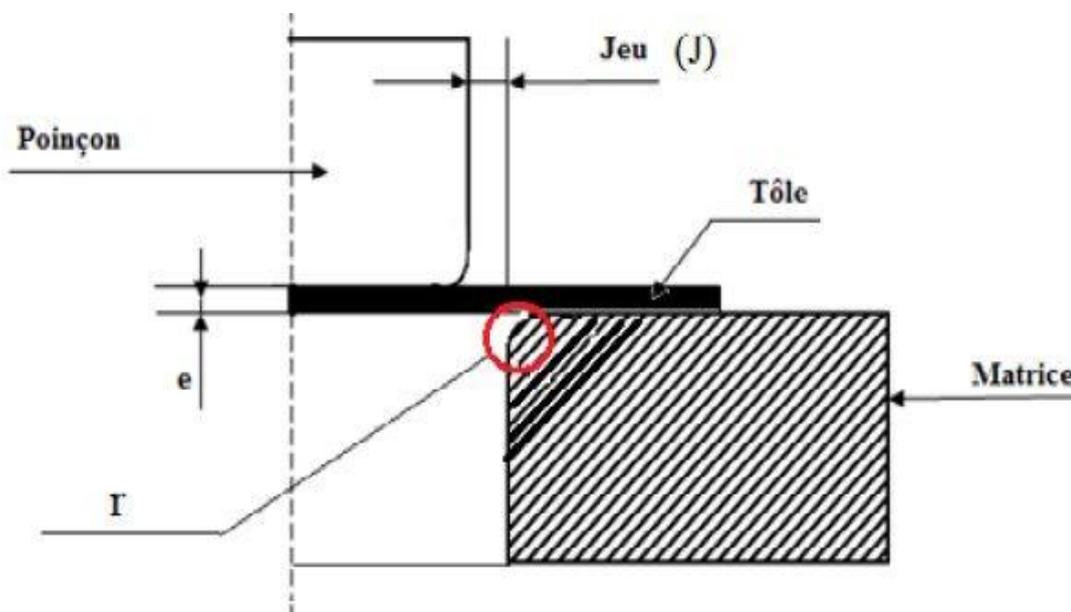


Figure I.11 : jeu de pliage et rayon de la matrice.

I.2.5 Effort mis en jeu durant et après le pliage :

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

$$F_p = (L \times e \times R_c) / 10 \dots\dots\dots (I.6)$$

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

e : épaisseur de la tôle en (mm)

F_p : l'effort de pliage.

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

I.2.6 Le retour élastique :

Lors de pliage d'une tôle à un angle imposé par l'outillage, il y a un retour élastique lors du retrait du poinçon. L'angle final (α_f) obtenu diffère de celui imposé par l'outillage (α_i) de la valeur correspondant à ce retour élastique. Plus la limite élastique de l'alliage est grande Plus le retour élastique sera grand. On peut estimer le retour élastique qui dépend notamment de rayon de pliage et de l'épaisseur, mais il est préférable et plus fiable de faire une série d'essais et corriger l'angle de pliage en fonction des résultats obtenus à partir de quelques échant.

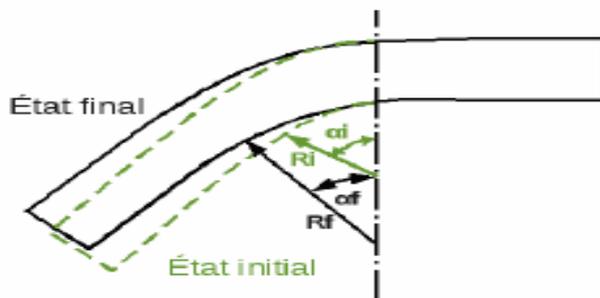


Figure I.12 : Le retour élastique

I.2.7 L'outillage :

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

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

I.3 Découpage :

I.3.1 Généralités :

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 est effectué sur presse et, intervient notamment pour une large part dans la fabrication des composants dédiés à l'industrie électronique. Parmi tous les procédés industriels de mise en forme, le découpage de tôles est une opération particulière, car contrairement à l'emboutissage et au pliage par exemple qui ont pour but de déformer plastiquement la matière des tôles, le découpage sollicite celle-ci jusqu'à la rupture finale.

I.3.2 Principe et les différents paramètres du découpage :

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

-Une matrice : qui porte l'empreinte correspondante à la forme de la découpe souhaitée.

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

Deux autres éléments principaux entrent en jeu, lors du découpage.

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

Généralement, la matrice est la partie de l'outil qui est fixée sur la table de la presse et, les poinçons sont animés d'un mouvement alternatif, transmis par le coulisseau, l'orage mobile de la presse. A chaque course de l'ensemble, un ou plusieurs découpages sont effectués.

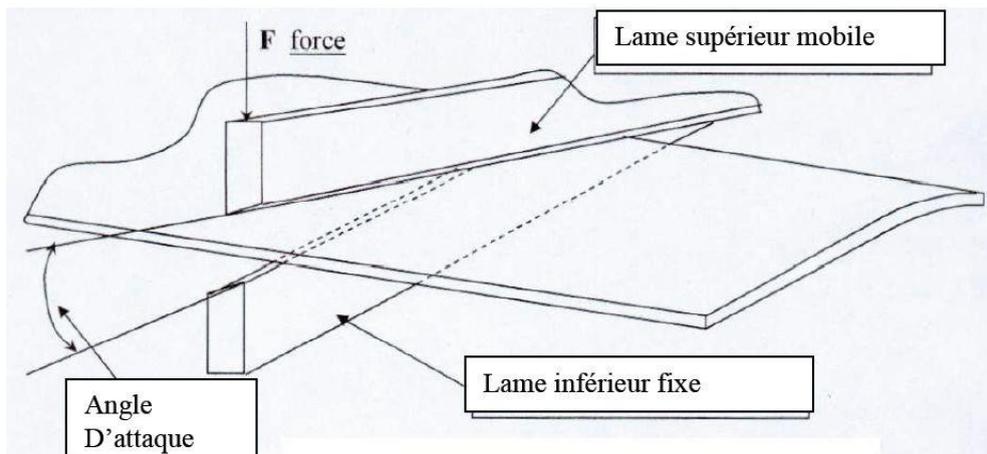


Figure I.13 : principe et paramètre de découpage.

I.3.3 Désignation des opérations de découpage :

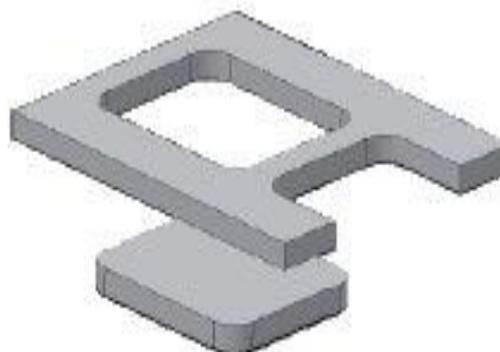
➤ **Poinçonnage :**

Trous de petit diamètre, le déchet est appelé débouchure.



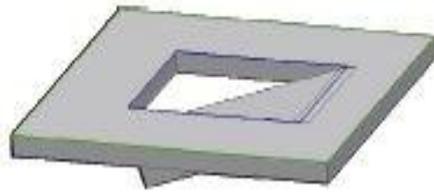
➤ **Découpage :**

Le produit obtenu est un flanc (récupéré pour emboutissage ou pliage).



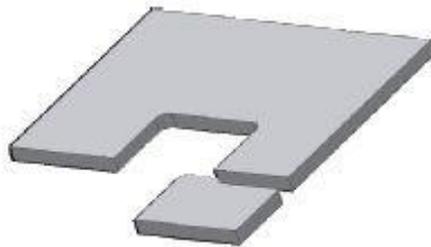
➤ **Crevage :**

Découpage partiel.



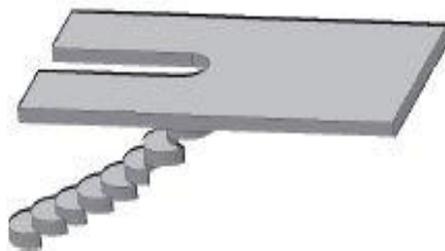
➤ **Encochage :**

Découpage débouchant sur un contour.



➤ **Grignotage :**

Poinçonnage partiel par déplacement progressif de la pièce ou du poinçon.



➤ **Arasage :**

Découpage en reprise (précision de côtes et de surface).



➤ **Détourage :**

Finition d'un contour déjà ébauché, modifié au cours d'une déformation.



➤ **Soyage :**

Le soyage consiste à former un collet, soit par perçage de tôle, ou par un poinçon de forme pointue ou encor sur un profil déjà formé.

I.3.4 Différentes phases d'une opération de découpe :

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

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

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

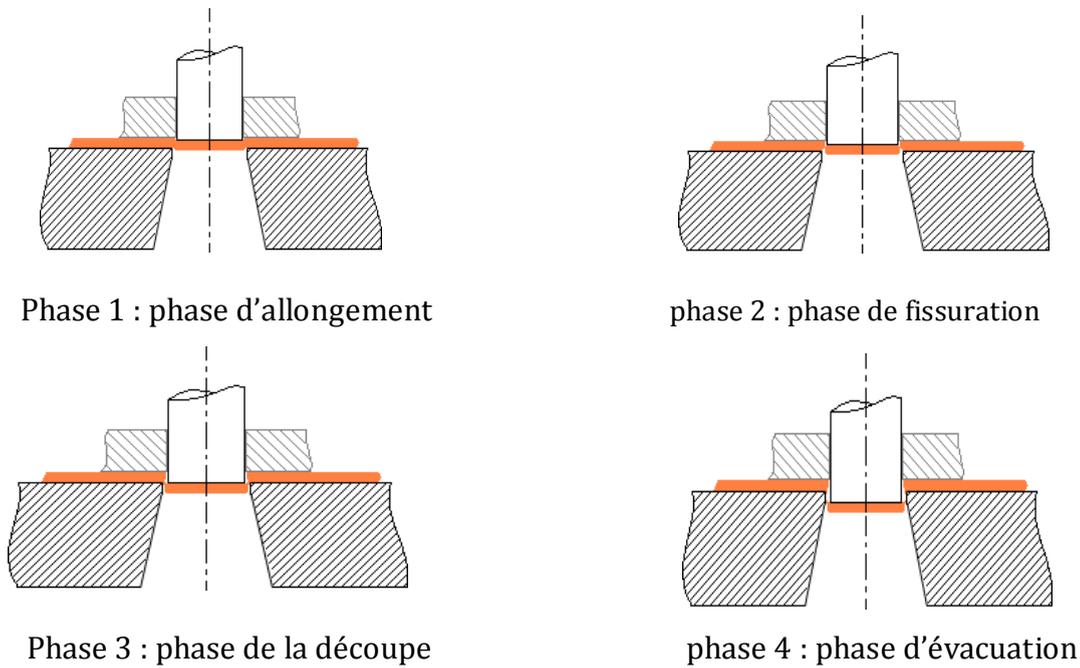


Figure I.14 : les différentes phases de la découpe.

I.3.5 Effort de découpage :

Les efforts de découpage dépendent de l'épaisseur, du périmètre de la section à cisailer et aussi, de la résistance du métal. La lubrification est souvent conseillée pour éviter l'usure rapide de l'outil. La force à appliquer est donnée par la relation suivante :

$$F = P \times e \times R_c \dots\dots\dots (I.5).$$

Avec :

P : est le périmètre de la découpe.

e : c'est l'épaisseur de la tôle.

Rc : la résistance au cisaillement de la tôle.

Matériaux	Rc (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.3.6 Effort d'extraction :

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

7% effort de découpage en pleine tôle.

2% si la chute de découpage est faible.

I.3.7 Vitesse de découpage :

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

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

Introduction :

Le découpage consiste à enlever de la matière par un cisaillement normal, les sollicitations dues à cette opération sont à la fois très importantes en termes de pression de contact aux interfaces tôle/outil et ou complexes. Ces chargements peuvent réduire considérablement la durée de vie des outillages. Contrairement aux autres procédés de mise en forme, le découpage conduit à des déformations permanentes très localisées et à la séparation totale de la pièce initiale en deux parties. Selon Chabenet, on peut distinguer deux classes de découpe : la découpe sur un contour fermé (poinçonnage) et la découpe sur un contour ouvert telle que la grugeage. Ici nous intéresserons au cas du poinçonnage. Dans l'industrie, l'opération de poinçonnage est réalisée à l'aide de presses hydrauliques ou mécaniques. La tôle est mise et maintenue en position entre la matrice et le porte matrice qui représente la partie inférieure de l'outil. Or que la partie supérieure qui contient les poinçons, porte poinçon et le serre-flan est animée d'un mouvement de translation. Le poinçon vient en contact avec la tôle sur laquelle il exerce un effort en appui sur la matrice.

Conventionnellement, la matrice constitue la partie fixe de l'outillage. Le poinçonnage s'exécute soit à la main, pour des travaux unitaires et peu précis, à l'aide de petit poinçon manuel, soit à la machine (qui est le but de notre travail) pour les travaux de grandes séries et de bonne précision dimensionnelle.

Après emboutissage, les pièces obtenues présentent des bords (collerette) irréguliers donc il est nécessaire de détourer pour obtenir un bord franc. Donc dans ce chapitre, Nous allons aussi parler du détourage qui a pour objectif de délimiter les bords libres des structures métalliques. Cette opération est réalisée dans le but d'assurer des précisions géométriques et des qualités de surfaces bien définies.

Dans ce chapitre, nous essayerons d'abord de présenter brièvement le procédé de poinçonnage et le détourage, notre attention sera focalisée sur les différents phénomènes qui rentre en jeu dans une opération de la découpe (poinçonnage & détourage) tels que, les efforts de coupe, les jeux de coupe et les différents paramètres (physique et chimique) qui intervient dans une opération de découpage, ainsi une analyse géométrique d'un profil d'une pièce découpée.

II.1 Le poinçonnage :

II.1.1 Définition :

Le Poinçonnage c'est une opération semblable au découpage, mais l'on conserve la partie extérieure, le déchet étant le déboucheur. Il s'agit d'un cisailage sur un contour fermé effectué par un poinçon sur une matrice, cela est valable pour des petites sections.

Généralement utilisé en tôlerie pour réaliser des trous et découper des flans de formes complexes parfois non rectangulaires, donc difficiles ou impossibles à réaliser par cisailage. Il est utilisé aussi en construction métallique pour « percer » les profilés.

II.1.2 Principe de fonctionnement :

Une partie de l'outil, bâti inférieur (matrice, porte matrice) est bridé sur la table fixe de la presse, tandis que l'autre partie, bâti supérieur (poinçons, serre-flan) est animée d'un mouvement alternatif du coulisseau. A chaque course, un ou plusieurs découpages sont effectués.

Le procédé peut être amélioré par l'usage d'un serre-flan afin de limiter les déformations de la plaque au moment de la découpe.

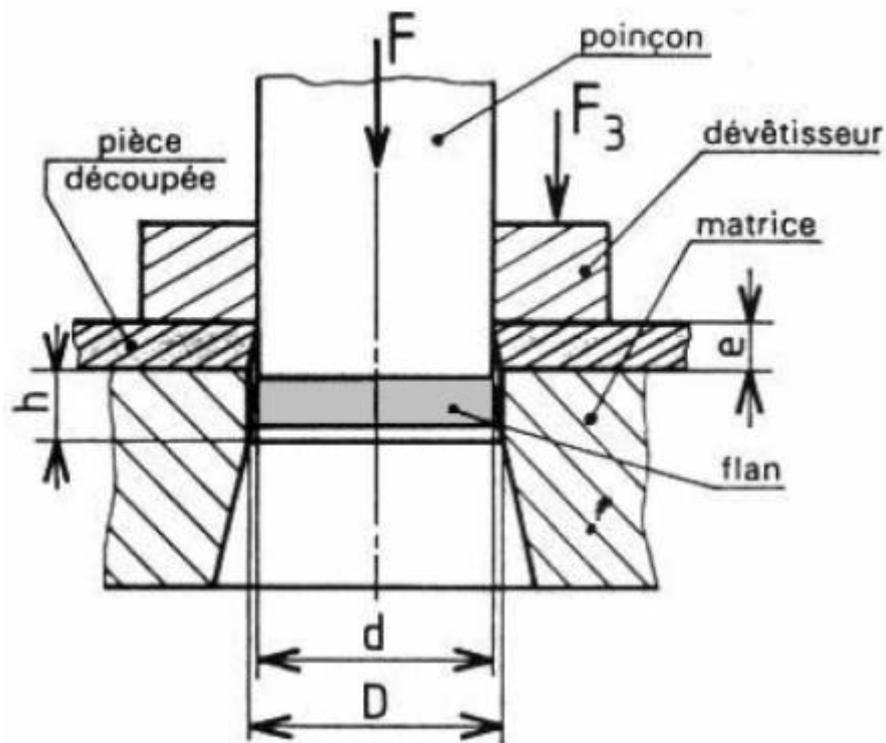


Figure II.1 : procédé du poinçonnage

II.1.3 Les composants essentiels d'une matrice et d'un poinçon :

II.1.3.1 Le poinçon :

Il est composé de plusieurs parties :

Le corps du poinçon qui possède une longueur variable pour monter et serrer l'outil.

La tête qui porte les arrêtes tranchantes.

La mouche (ou téton) utile pour positionner l'outil dans les coups de pointeaux préalablement réalisés à cet effet. Ils ont été effectués dans l'axe du trou à réaliser.

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

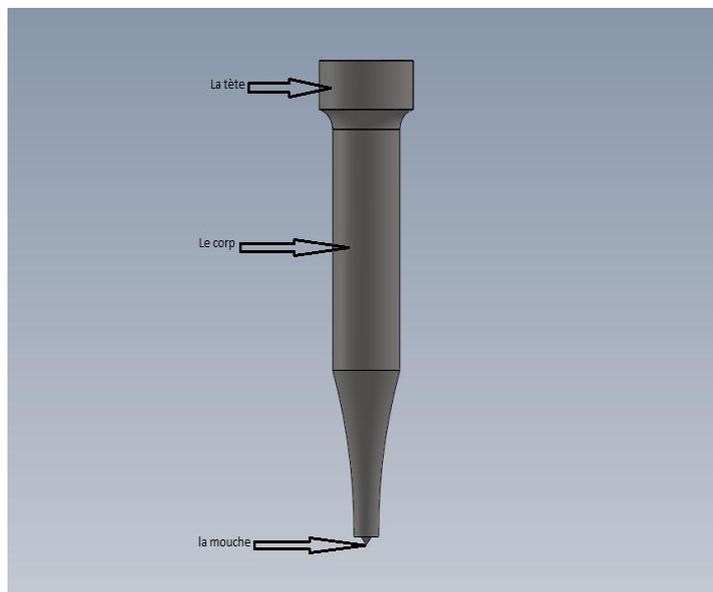


Figure II.2 : poinçon.

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

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

Avec : E : module d'élasticité en (N/mm²).

I : le moment quadratique de la section en (mm⁴)

F : effort de découpage en (N).

II.1.3.2 La matrice :

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



Figure II.3: matrice.

II.1.3.3 Jeu entre matrice et poinçon :

Ce jeu diminue l’effort de poinçonnage et l’écrouissage de la zone poinçonner. Il est proportionnel à l’épaisseur poinçonnée et dépendra de la résistance de la tôle.

Exemple :

$J = 0.05 e$ pour l’acier doux, laiton et cuivre.

$J = 0.06 e$ pour l’acier mi-dur.

$J = 0.07 e$ pour l’acier dur.

$J = 0.1 e$ pour l’aluminium.

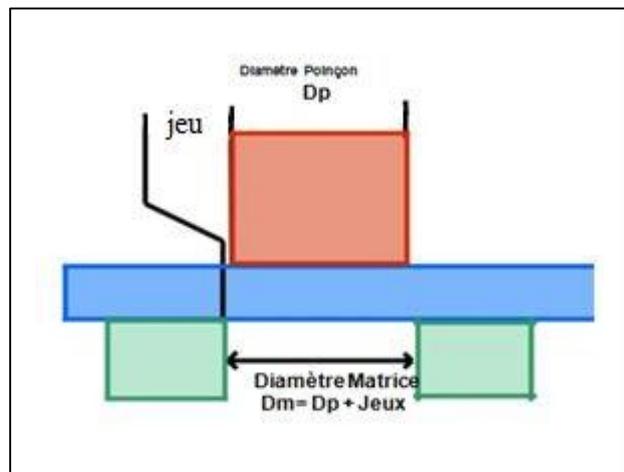


Figure II.4 : jeu entre poinçon et matrice.

II.1.4 Effort de poinçonnage et la section minimale du poinçon :

L'effort de poinçonnage dépend de l'épaisseur, de périmètre de la section du trou, de la résistance du métal et des frottements qui sont généralement négligés. Une lubrification est conseillée pour ne pas user prématurément les outils. La section minimale de poinçonnage dépend de l'effort de poinçonnage, de la forme et de la surface et de la section poinçonnée et aussi de la longueur de flambage de l'outil.

La force à appliquer est calculée par la relation suivante :

$$F = P \times e \times R_g \dots\dots\dots (II.1)$$

Avec : P : le périmètre découpé

e : l'épaisseur de la tôle

R_g : la résistance au cisaillement du matériau.

II.1.5 Avantages et inconvénients du poinçonnage :

➤ Avantages du poinçonnage :

Par rapport au perçage, le poinçonnage est extrêmement économique (gain de temps, usure moindre des outils, affutage peu fréquente).

Le poinçonnage donne la possibilité d'utiliser toutes sortes de formes pour les trous.

Par rapport au découpage à la presse, le poinçonnage sur commande numérique permet de changer de série en minimisant les couts d'outillages, de découper de grandes formes, et d'utiliser des outils simple et peu onéreux.

➤ Inconvénients du poinçonnage :

Limité dans les épaisseurs.

Section minimale du poinçon limite.

II.2 Le Détourage :

II.2.1 Définition :

Le détourage est une opération de finition d'un contour déjà ébauché, modifié au cours d'une déformation. Il consiste à enlever un excédent de métal autour d'une pièce préalablement formée. Le détourage est alors la dernière opération de formage. Suivant le type de pièce, on trouve plusieurs techniques :

Les collerettes, après emboutissage, ne sont jamais régulières, il est possible de leur donner une forme régulière par détourage.

Lorsqu'on ne désire pas de collerette, l'arête de l'outil découpe suivant un bord non perpendiculaire à la surface de tôle.

II.2.2 Types de détourage :

Après le découpage, les pièces obtenues présentent des bords irréguliers donc il est nécessaire de détourer pour obtenir un bord franc.

On distingue trois types d'outil :

➤ Détourage normal :

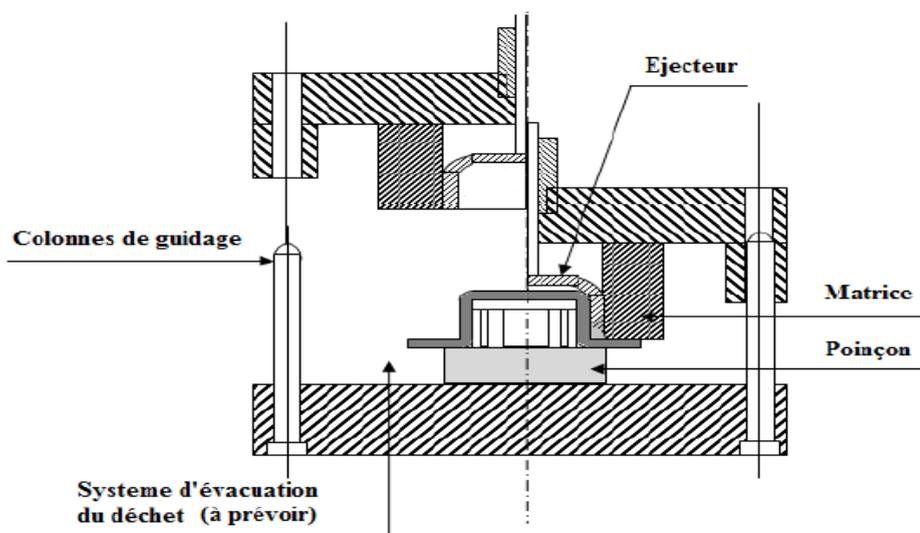


Figure II.5: Détourage normal

➤ Détourage a ras :

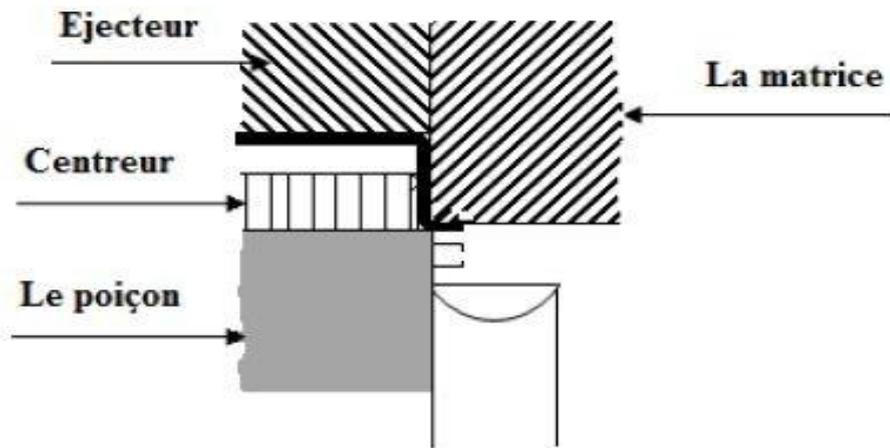


Figure II.6 : Détourage a ras.

➤ Détourage-poinçonnage :

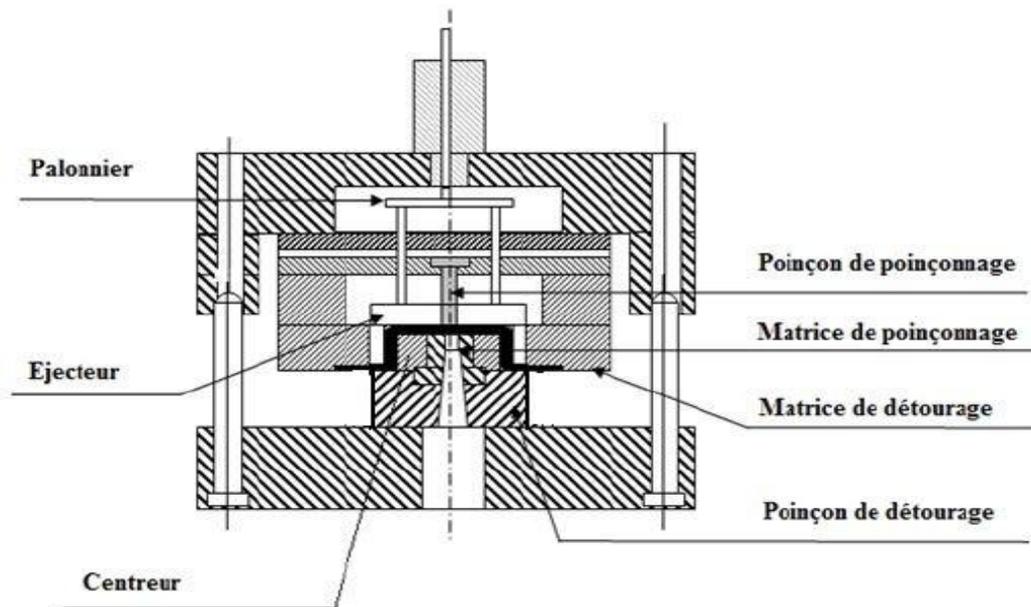


Figure II.7 : détourage-poinçonnage.

II.3 Aspects de caractérisation du procédé :

La littérature montre que la caractérisation du procédé de découpage s'effectue à partir de deux types d'études : l'évolution de l'effort de découpage et l'analyse du profil de bord découpé.

II.3.1 Effort de découpage :

Il est caractérisé par la courbe « effort/ pénétration » qui permet de dimensionner la presse, elle permet également d'identifier les différentes phases de la découpe.

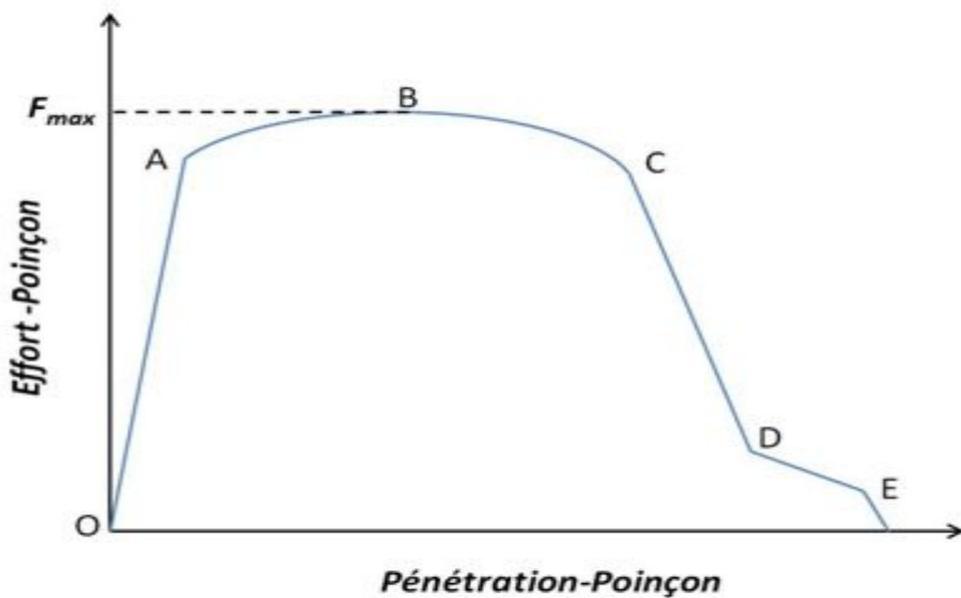


Figure II.8 : courbe « effort/pénétration ».

- **Phase 1 (OA) :** évolution linéaire de l'effort associé à une déformation élastique du matériau.
- **Phase 2 (AB) :** déformation plastique non linéaire de la tôle. L'effort maximal correspond à une instabilité plastique, une bande de cisaillement plastique se forme pendant cette phase.

Chapitre II : Les Procédés De mise en forme Poinçonnage et Détourage

- **Phase 3 (BC)** : développement progressif de l'endommagement suite à la déformation plastique. La diminution de l'effort observé est une conséquence de la réduction de l'épaisseur de la bande de cisaillement.
- **Phase 4 (CD)** : amorçage des fissures au niveau des deux arêtes coupantes (poinçon/matrice). Une chute importante de l'effort du poinçon due à la propagation rapide des fissures est constatée.
- **Phase 5 (DE)** : expulsion complète de la chute découpée, elle correspond à l'effort de frottement dû à la poussée de la chute dans la matrice lors de descente du poinçon.

L'air sous la courbe (OC) permet de calculer l'énergie nécessaire pour la découpe du matériau.

II.3.2 Qualité de la découpe :

Il est possible de relier les différentes zones caractéristiques du profil de découpe au diagramme « effort/déplacement », quatre zones principales apparaissent sur le profil de la pièce découpée.

- **La tombée** : elle apparaît dans la phase élasto-plastique du matériau. Elle est liée à la flexion sous l'effet du couple engendré entre le poinçon et la matrice. Cette zone correspond aux phases 1 et 2.
- **La zone cisailée** : elle a l'aspect lisse, consécutive aux déformations plastique subies par la tôle, on parle ici d'écoulement plastique. Elle se forme dans les zones 2 et 3.
- **La zone arrachée** : elle correspond à la rupture de la matière. Cette déformation importante localisée dans la phase 3, elle provoque l'apparition des microfissures qui se propagent rapidement sur les bords de la tôle.
- **La bavure** : elle résulte de la formation de la tombée de découpe en phase 1 et de l'amorçage de fissure macroscopique en phase 4, cette zone elle doit être la plus réduite possible.

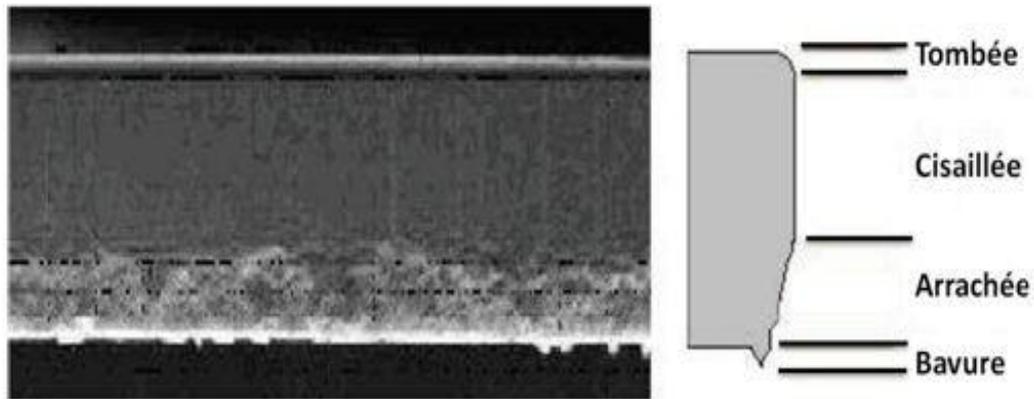


Figure II.9 : caractérisation du profil d'une pièce découpée.

II.4 Paramètre du procédé :

La compréhension des principaux mécanismes de déformation lors de découpage dépend non seulement de la caractérisation du comportement du matériau, mais aussi des effets du couple procédé- matériau en termes de :

- **Paramètres géométriques** : jeu poinçon-matrice, géométrie et usure des outils.
- **Paramètres physiques** : taille de grain, vitesse de déformation, dureté, frottement et température.

II.4.1 Paramètres géométriques :

- **Jeu poinçon-matrice** :

C'est le paramètre le plus significatif du procédé de découpage, il influence directement la qualité du profil de la pièce découpée. Une diminution du jeu provoque l'augmentation de la zone cisaillée et la diminution de la zone arrachée. Un jeu trop important perturbe le trajet de fissuration. Les valeurs de jeu trop faible pénalisent l'énergie mise en jeu pour la découpe.

- **Acuité d'arête des outils** :

Les valeurs des rayons d'outils impactent la qualité de la découpe, une augmentation des rayons d'outils induit l'augmentation de taille de bavure et la diminution de la rugosité de la zone cisaillée. L'initiation de la rupture, la pénétration du poinçon qui correspond à l'initiation de fissure dans la tôle augmente avec l'augmentation du rayon du poinçon.

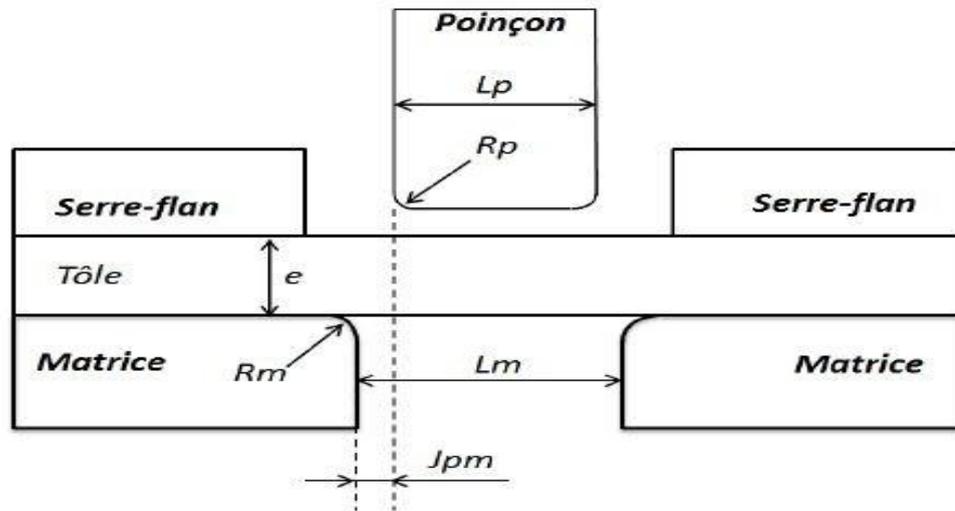


Figure II.10: paramètres géométriques de découpage.

II.4.2 Paramètres physique :

- **Dureté du matériau** : l'effort maximal de découpage augmente de façon quasi-linéaire avec l'augmentation de la dureté du matériau.
- **Vitesse de découpage** : la vitesse de coupe a une influence directe sur l'effort maximal de découpage et le profil de découpe. En effet, l'effort maximal de découpage diminue et la hauteur de la zone cisailée augmente lorsque la vitesse de découpage augmente.
- **Température** : l'influence de la température sur le comportement des tôles dans le découpage est très importante. L'effort maximal de découpe diminue lors de l'augmentation de la température.
- **Microstructure** : Plus l'épaisseur de la tôle est faible de façon à ce qu'elle soit du même ordre de grandeur que celle des grains, plus la densité de joints de grains diminue. En effet, l'effort maximal de découpage diminue lorsque la taille de grains est augmentée.

II.5 Comportement tribologique lors d'une opération de découpage :

Lors d'une opération de découpage, un frottement a lieu entre la matrice et la tôle et entre le poinçon et la tôle. Dans cette partie on s'intéressera à l'analyse des travaux concernant le système tribologique poinçon/tôle.

II.5.1 Frottement poinçon/tôle :

Lors d'une opération de découpage, l'arête d'un poinçon est soumise à des sollicitations mécaniques et thermiques causé par le contact avec la tôle, ces derniers sont dus aux contraintes statiques et dynamiques et aux frottements que subit cette arête lors de la découpe. Le frottement poinçon/tôle peut être décomposé en deux étapes ; la première étape à lieu lors de la pénétration du poinçon dans la tôle. La deuxième étape à lieu lors de la remonter du poinçon après la rupture de la tôle. Dans cette partie on associe l'action du dévêtissage du poinçon. F_{devet} correspondant à son extraction, traduit le frottement du poinçon sur la tôle découpée, qui applique un effort de serrage $F_{serrage}$ par le retour élastique sur le poinçon. On peut définir cette force de dévêtissage par la formule suivante :

$$F_{devet} = \mu \times F_{serrage}$$

Avec μ le coefficient de frottement poinçon/tôle.

II.6 Usure des outils de découpage :

L'usure est le processus d'endommagement des surfaces en contacts, sous l'effet du frottement. Il s'agit d'un phénomène incontournable dans tous les contacts mécaniques tel le processus de mise en forme par découpage. Au cours du procédé, les poinçons et les matrices subissent une usure progressive de leurs parties actives.

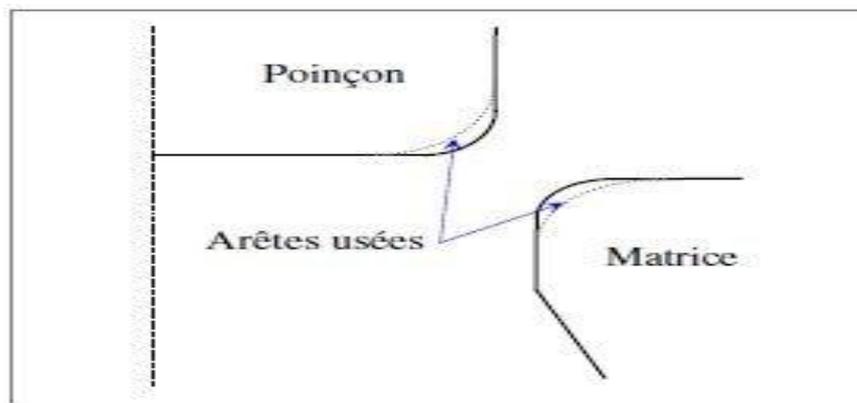


Figure II.11 : évaluation des arêtes de découpe d'un poinçon et d'une matrice.

Chapitre II : Les Procédés De mise en forme Poinçonnage et Détourage

La variation de ces dimensions a pour conséquence l'augmentation de la valeur du jeu poinçon/matrice, ainsi l'effort nécessaire au découpage. Le poinçon durant sa durée de vie il subit trois étapes d'usure suivantes :

Rodage : usure rapide avec une vitesse d'usure décroissante.

Marche normale : conditionne la durée de vie du poinçon (usure faible et constant).

Vieillessement et mort : vitesse d'usure croissante, le poinçon se casse dans certains cas.

II.6.1 Définition de l'usure :

L'usure est peut-être définie comme la perte ou le déplacement non désiré de matière d'un solide en mouvement relatif ou en contact avec un autre solide. Cela se traduit par une perte de masse, modification de cotes ou de forme, elle est généralement accompagnée de transformation physique et chimique des surfaces.

II.6.2 Mécanisme de l'usure :

Il existe quatre paramètres d'usure sur les pièces frottent :

- **Usure par adhésion** : l'usure adhésive résulte de la formation de micro-jonctions entre les surfaces en contact et la création de micro-ruptures dans l'un des corps en contact.
- **Usure par abrasion** : elle est produite par des particules dures, qui provoquent un déplacement et un enlèvement de matière, par déformation plastique et rupture par cisaillement avec formation de micro-coupeaux.
- **Usure par fatigue** : l'application des charges élevées cycliques provoque un endommagement par fatigue mécanique superficielle, l'apparition des fissures sur les arêtes coupantes qui se propageant dans le volume.
- **Usure par corrosion** : c'est le processus chimique (oxydation) couplé au frottement, est à l'origine de ce mécanisme d'endommagement.

Dans la plupart des cas, les outils de découpage montrent des signes d'usure abrasive dans les zones de contact. Qui se produit généralement dans l'outillage quand la surface de la tôle contient des particules dures.

II.6.3 Quantification de l'usure des poinçons :

Dans l'industrie du découpage l'usure des poinçons a des conséquences importantes sur la production. L'usure important des outils provoque une mauvaise géométrie sur les pièces découpées, le changement et le réaffûtage des poinçons usés, aussi une contrainte qui pénalise la productivité ; la maîtrise de l'usure des outils répond à double soucis :

- **Quantitatif** : réduire le coût des pièces produites.
- **Qualitatif** : obtenir des surfaces ayant des géométries optimales.

Conclusion :

L'étude effectuée dans ce deuxième chapitre est destinée aux différents procédés de mise en forme des métaux, parmi les techniques de déformation de la matière on y trouve la mise en forme des métaux par déformation plastique tels que le découpage, détourage et le poinçonnage, la fabrication d'une pièce demande cette technique qui dépend des caractéristiques mécaniques des matériaux, de la forme des outils, 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.

IV : Etude et conception de l'outil

CHAPITRE III : Les Presses et Machines Utilisés

Introduction :

Pour la transformation des tôles, l'industrie a besoin des machines spécifiées dans le cas de coupe (poinçonnage et détournage), pliage ou bien l'emboutissage. Les machines utilisées sont généralement des presses. Les presses sont des machines constituées d'un ensemble d'organes mécaniques conçus pour la réalisation des différents travaux industriels. Elles sont utilisées pour la réalisation des pièces à partir des matériaux en feuille. Ces presses sont formées d'une partie mobile (coulisseau) qui porte le poinçon et d'une partie fixe (bâti) qui porte la matrice.

III.1 Définition :

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

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

III.2 Types des presses :

III.2.1 Presse mécanique à vis (manuelle) :

C'est la plus simple parmi tous les autres types, la vis permet de transférer le mouvement de rotation de la manivelle (ou du guidon) en petits mouvements de translation ce qui produit une force sur l'élément à presser.

On utilise aussi un volant d'inertie à la place de la manivelle.

CHAPITRE III : Les Presses et Machines Utilisés



Figure III.1: Presse à vis



Figure III.2: presse à vis avec volant d'inertie

III.2.2 Presse mécanique :

➤ Dimensionnement de la matrice d'une presse :

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

Les éléments estampés sont faits par profilage, emboutissage, découpage ou perçage d'un métal – tôle ou bobine – entre deux demis (supérieur et inférieur) d'un outil presse appelé : matrice, l'élément supérieur est attaché au poinçon et l'élément inférieur est serré ou boulonné à la plaque d'appui ou au banc de la presse. La matrice est conçue pour créer la forme de la pièce en un travail de série de façon à satisfaire les demandes de production. La force (charge) et la précision sont nécessaires pour atteindre les

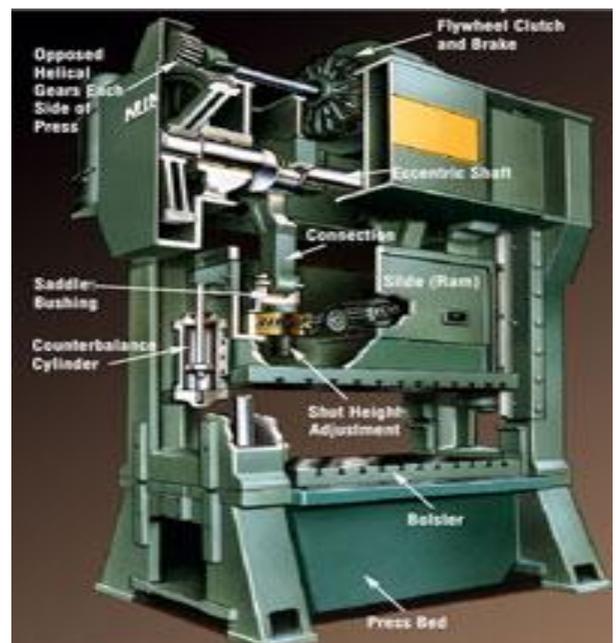


Figure III.3 : presse mécanique

CHAPITRE III : Les Presses et Machines Utilisés

Demandes de la tolérance et de quantité de la pièce estampée et pour garantir un bon assemblage des parties de la pièce finale.

➤ Dimensionnement de la matrice :

Pour dimensionner une matrice d'une presse, deux calculs doivent être assurés, le tonnage (force) et l'énergie consommée. Toutes les presses sont classées par le tonnage que peut être appliqué pendant le cycle de la presse. Le tonnage d'une presse ne doit pas être confus avec l'énergie générée par le volant d'inertie. Chaque presse possède un graphe tabulé de l'énergie fournie par le constructeur, cette énergie dépend de la dimension du volant d'inertie et des rapports des vitesses, cela influence aussi sur le cout de la presse.

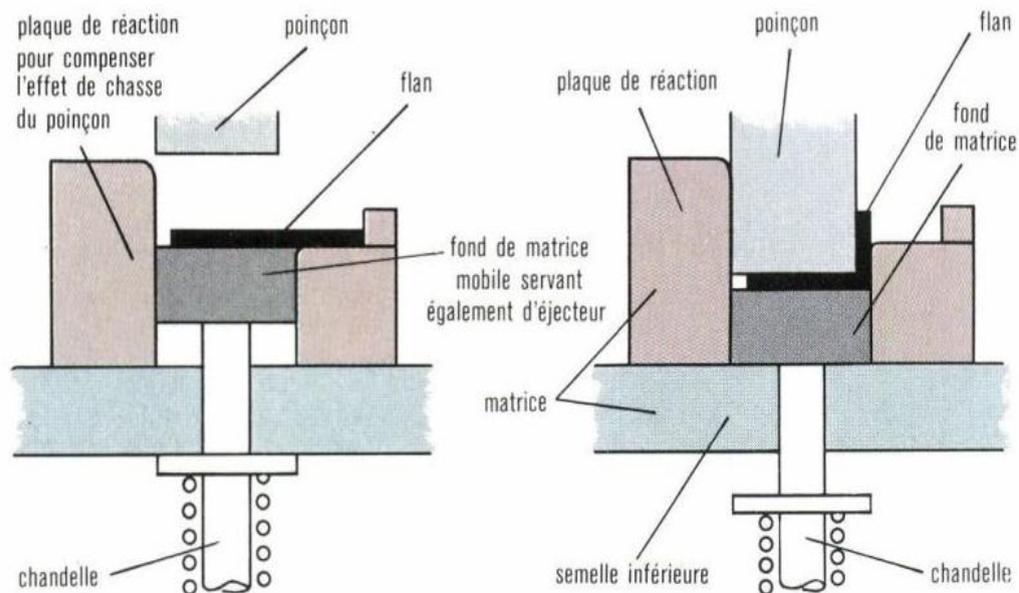


Figure III.4: dessin schématique de la matrice

➤ Les différents bâtis et modes d'entraînement de la presse :

Les presses sont divisées en 4 catégories : mécanique, hydraulique, servo et pneumatique. Chaque catégorie prend son nom du mode d'entraînement qui génère la pression (force) sur la matrice pour donner la forme finale. Chaque une de ces catégories peut être divisée en une ou deux différents types de conception du bâti : bâti monobloc et C-bâti.

Les presses avec un bâti monobloc ont une plus grande rigidité et résistance à la déflexion.

CHAPITRE III : Les Presses et Machines Utilisés

Les presses avec un C-bâti ont la forme de la lettre C ou G et ils sont généralement manuellement exploités. Comme il s'agit d'une forme ouverte, les presses en C-bâti sont soumises à des flexions plus importantes sous une charge excentrique que la presse avec un bâti monobloc.



Figure III.5: Presse à bâti monobloc



Figure III.6: presse à C-bâti

➤ Modes de transmission du mouvement dans une presse :

Les presses mécaniques sont aussi caractérisées par le mode de transmission du mouvement utilisé : volant d'inertie, une réduction, double réduction, double effet et roue excentrique.

Tous sont alimentés par un moteur électrique qui tourne un grand volant d'inertie. Le volant d'inertie stocke l'énergie cinétique qui est ensuite relâché suivant différents types des roues. Chaque 360° cycle de la presse, l'énergie du volant d'inertie est consommée quand la matrice est pressée, par conséquent, il ralentit généralement entre 10% et 15%. Le moteur électrique rétablit cette énergie au volant d'inertie lors de la course ascendante de la presse. La presse est alors prête pour un nouveau cycle.

CHAPITRE III : Les Presses et Machines Utilisés

Si le volant d'inertie ralentisse de plus de 15% (courses par minute), le moteur n'aura pas suffisamment de temps pour restaurer cette énergie perdue, et la presse ralentisse trop. Après quelques courses elle sera bloquée. Cela se produit quand le tonnage ou l'énergie sont mal calculés.

- **Presse mécanique à volant d'inertie :**

Les presses mécaniques à excentrique [figure III.7] sont utilisées pour le perçage, le cintrage et l'emboutissage peu profond avec des matrices progressives. Le tonnage normal de ces presses est entre 30 et 600 tons. Elles opèrent en grandes vitesses, la longueur de la course – longueur du déplacement du poinçon – est aussi courte que possible car elle a une influence sur la vitesse de la presse. La course moyenne est de 50.8 mm. Si plus d'énergie est requise au cas des faibles vitesses, un autre volant d'inertie peut être ajouté.

Les presses à volant d'inertie sont équipées d'un système d'équilibrage dynamique de la matrice supérieure et de la glissière en utilisant une force opposée.

- **Presse mécanique à un engrenage :**

C'est le mode d'entraînement de la presse le plus utilisée dans l'industrie automobile [figure III.8]. Le tonnage varie de 200 à 1600 tons avec deux points de connexion à la glissière. Le rapport de démultiplication permet au volant d'inertie de tourner rapidement en maintenant l'énergie cinétique pendant que la vitesse de la presse est plus faible que celle de la presse à volant d'inertie.

Une presse à un engrenage est utilisée pour l'estampage progressif avec des matrices pour emboutissage et formes peu profonds et pour perçage. Ce type de transmission de

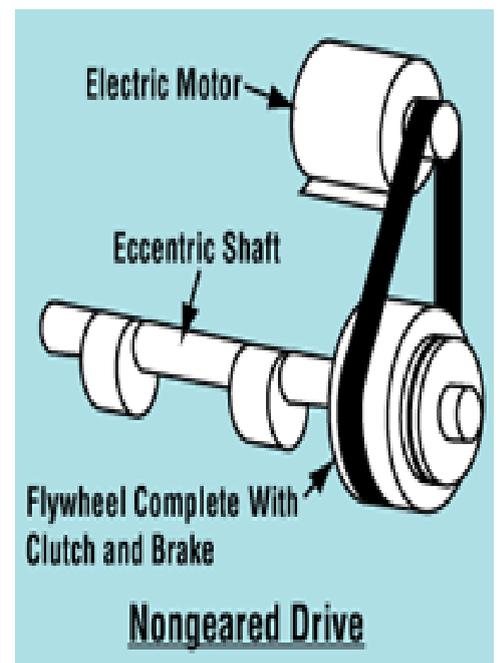


Figure III.7: presse à volant d'inertie

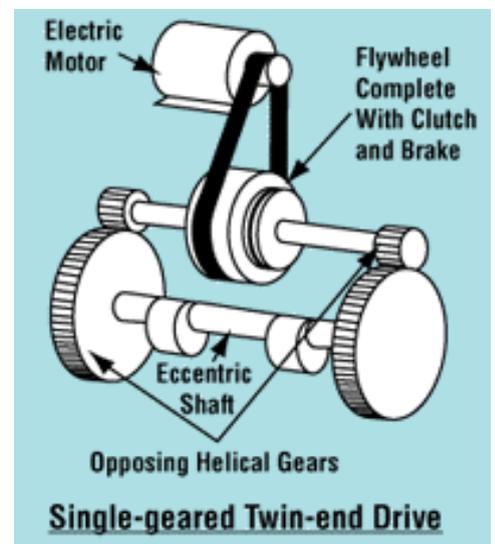


Figure III.8: presse mécanique à un engrenage

CHAPITRE III : Les Presses et Machines Utilisés

Mouvement permet une vitesse de 28 SPM. La vitesse typique d'une presse varie de 40 au 80 SPM.

Il est recommandé d'utiliser une presse à deux têtes d'engrenage qui possède des engrenages opposés à denture hélicoïdale. Cela augmente la précision, réduit la déflexion et augmente la durée de vie.

- **Presse mécanique à deux engrenages :**

Cette presse [figure III.10] est utilisée quand il y a besoin d'une production continue à une vitesse inférieure à 28 SPM. Elle est bonne pour les applications robustes, en particulier, l'estampage des aciers à grande résistance. Le rapport de démultiplication permet au volant d'inertie de conserver sa vitesse pendant que la vitesse de la presse est plus faible que celle de la presse à volant d'inertie ou à un engrenage.

L'option du Mouvement Alternative de la Glissière [figure III.9] permet de réduire la vitesse de la glissière pendant la portion du travail du cycle de la presse. Cela permet d'augmenter la production de 25%.

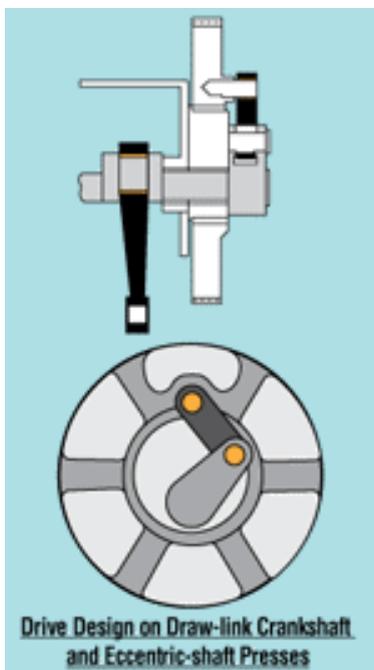


Figure III.9 : Mouvement Alternative de la Glissière

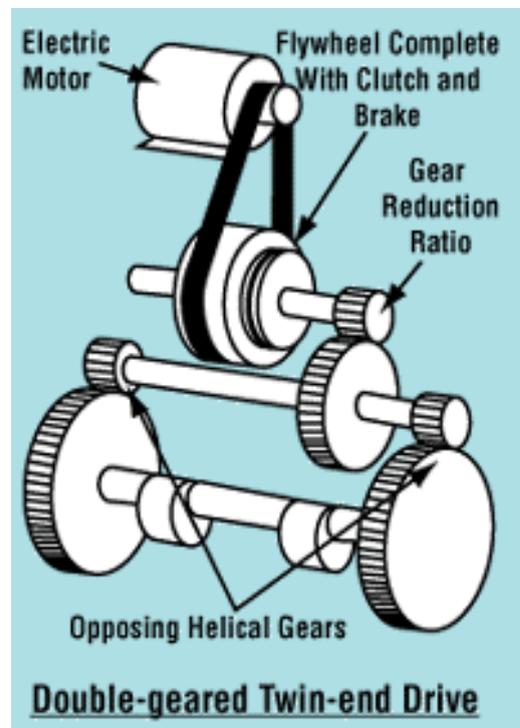


Figure III.10: presse à double engrenage

CHAPITRE III : Les Presses et Machines Utilisés

- **Presse mécanique à excentrique :**

Ce type est utilisé quand une longue course est demandée – excédante 609.6 mm – [figure18]. Toutes les caractéristiques de la presse à double engrenage sont aussi présentes pour ce genre de presse, néanmoins, la presse à arbre excentrique assure plus de précision.

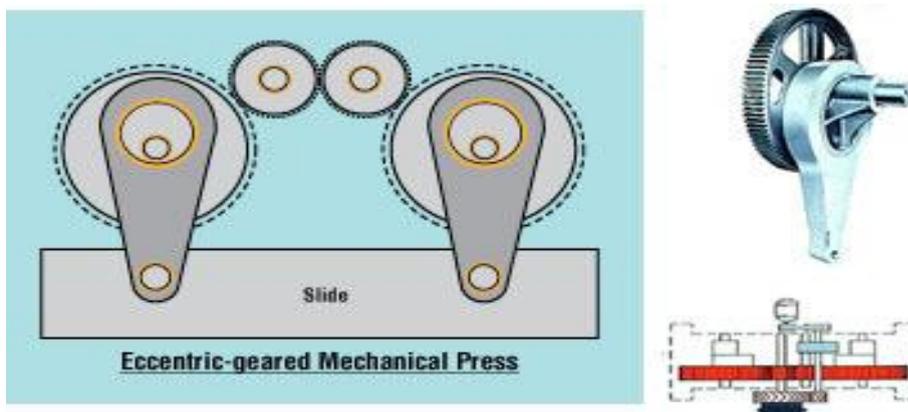


Figure III.11: presse mécanique à excentrique

- **Presse mécanique à double effets :**

Cette presse possède deux glissières – l'un dans l'autre [figure III.12] – chaque glissière est attaché à l'arbre excentrique avec deux jonctions. Les courses des deux glissières sont différentes et temporisées, la glissière extérieure porte le flan et la glissière intérieure termine l'opération d'emboutissage.

La presse à double effets est utilisée pour les applications qui demandent un emboutissage profond telles que : les boîtes des boissons et la surface extérieure des automobiles.

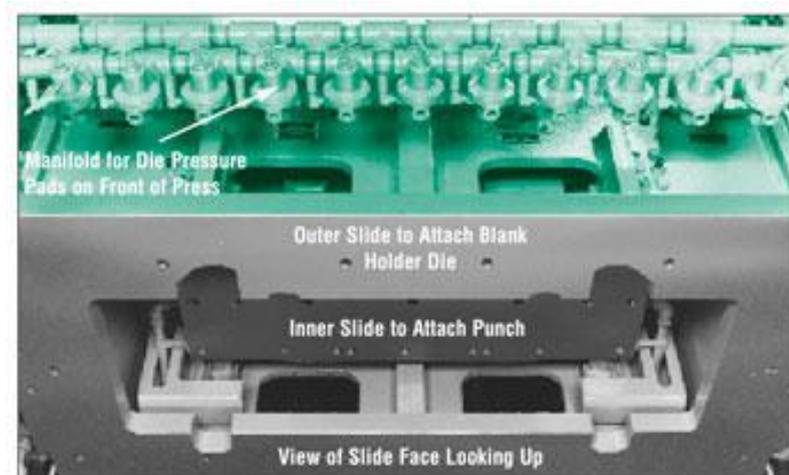


Figure III.12: presse mécanique à double effets

CHAPITRE III : Les Presses et Machines Utilisés

III.2.3 Presse hydraulique :

III.2.3.1 Principe de fonctionnement :

Une presse hydraulique [figure III.14] est une machine qui utilise un liquide pressé pour créer la force. Elle repose sur le principe de Pascal qui stipule que: « dans un liquide en équilibre de masse volumique uniforme, la pression est la même en tout point du liquide et cela aussi longtemps que ces points sont à la même profondeur ».

A une extrémité du système se trouve un piston avec une surface A_1 et de l'autre côté un piston avec une surface A_2 plus grande que A_1 . Cela permet d'accroître la force [figure III.13].

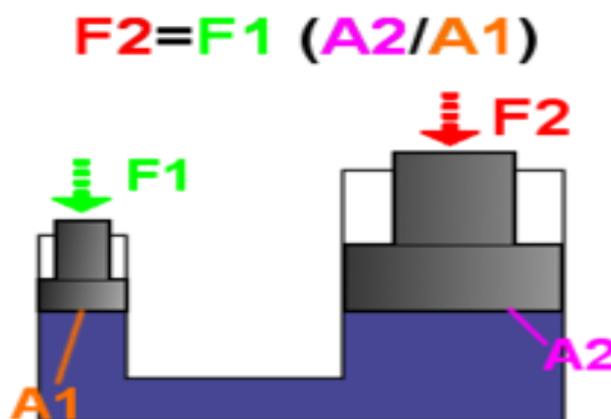


Figure III.13: principe de pascal

Par exemple :

Si le rapport des sections est de 10, une force de 100 N sur le petit piston va produire une force de 1000 N sur le grand piston, mais pour que le grand piston se déplace de 10 mm, il faut que le petit piston se déplace de 100 mm.

Récemment, Les presses hydrauliques ont développé dramatiquement grâce aux nouvelles technologies et aux développements de l'électronique et des valves. Elles sont particulièrement adaptées pour l'emboutissage profond.



Figure III.14: presse hydraulique

CHAPITRE III : Les Presses et Machines Utilisés

La presse hydraulique est alimentée par une pompe hydraulique à un vérin qui entraîne la glissière.

Suivant la conception de cette presse et ses applications, la matrice guide la presse, et donc les systèmes de guidage ne doivent pas être aussi précis que ceux des presses mécaniques avec une matrice progressive.

Les vitesses de production de la presse hydraulique sont moins que celles atteintes avec la presse mécanique.

Un autre avantage de ces presses, c'est qu'elles peuvent complètement compresser tous les matériaux, aussi, elles prennent la moitié de l'espace que celui pris par une presse mécanique.

III.2.3.2 Types des presses hydrauliques :

Parmi les presses hydrauliques, il y a :

- Presses à calibrer
- Presses à cintrer et à dresser
- presses à compression pour les matériaux thermodurcissables
- Presses à compression pour les matériaux thermoplastiques
- Presses à forger
- Presses à matricer
- Presses hydrauliques à arcade
- Presses hydrauliques à bâti en col de cygne
- Presses hydrauliques à deux et quatre colonnes
- Presses hydrauliques à double effet

III.2.3.3 Avantages et inconvénients des presses hydrauliques et mécaniques :

Les presses hydrauliques sont très robustes et fiables. Elles peuvent créer une grande quantité de tonnage pression. Elles sont idéales pour l'hydroformage qui est une technique de formation des métaux nécessitant la présence d'un agent liquide. Elles sont lentes ce qui donne suffisamment de temps au métal pour se former.

La presse ne peut pas être surchargée car le système est protégé par deux soupapes de décharge séparément ajusté.

CHAPITRE III : Les Presses et Machines Utilisés

Le tonnage de la presse est facilement ajusté ce qui permet des opérations avec petit tonnage pour les matrices fragiles.

La vitesse d'emboutissage reste constante pendant toute la course.

La presse hydraulique est moins chère que la presse mécanique.

Cependant, les presses hydrauliques demandent beaucoup de maintenance. L'huile doit toujours être présente à l'intérieur de la presse, de plus, elles comportent plusieurs appareils pour le contrôle de la pression à fin d'assurer le bon fonctionnement de la presse.

Un moteur plus puissant que celui de la presse mécanique parce qu'il n'y a pas un volant d'inertie pour stocker l'énergie.

La maintenance de la presse hydraulique est plus difficile que celle de la presse mécanique car les pannes de cette dernière sont facilement détectables.

III.2.4 Presse pneumatique :

III.2.4.1 Principe :

La presse pneumatique [figures III.15-III.16] est contrôlée en manipulant l'air comprimé. L'air est forcé dans un tube jusqu'à ce qu'il soit plein d'air et applique une pression permettant de déplacer la presse. Une fois la course est terminée l'air est évacué à travers les valves et les ressorts entraîne la pompe de se déplacer vers le haut.

III.2.4.2 Avantages et inconvénients des presses pneumatiques :

Le plus grand avantage des presses pneumatiques est la vitesse. Elles peuvent fonctionner dix fois plus que les presses hydrauliques. Elles peuvent aussi stopper à n'importe quel moment, il suffit juste d'ouvrir la valve pour dégager l'air. Les presses pneumatiques sont polyvalentes et très simple à utiliser.



Figure III.15: presse pneumatique

CHAPITRE III : Les Presses et Machines Utilisés

III.2.4.3 Presse pneumatique ou hydraulique ?

Les presses pneumatiques et hydrauliques peuvent assurer beaucoup de caractéristiques tous les deux. La différence principale est leurs vitesses. Les presses pneumatiques sont beaucoup plus rapides que les presses hydrauliques mais elles ne sont pas adaptées à l'hydroformage.

Une autre différence c'est que la presse hydraulique demande plus de temps et d'énergie pour la maintenance que la presse pneumatique.

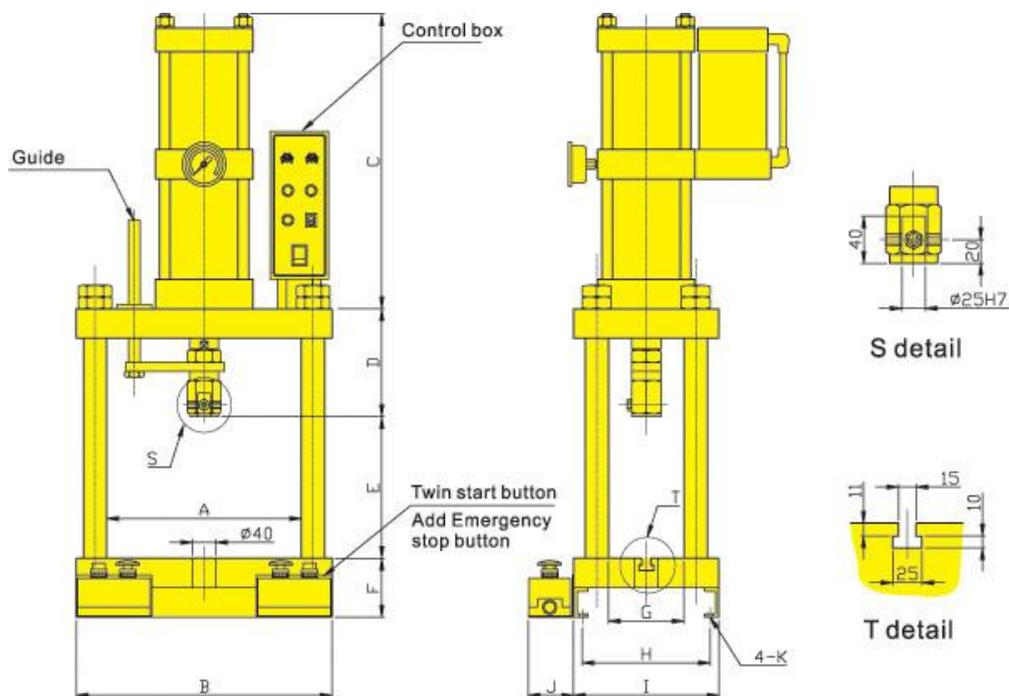


Figure III.16: dessin d'une presse pneumatique

III.3 Conclusion :

- Les presses peu importe leurs types sont très importantes dans l'industrie et sont largement utilisés pour concevoir beaucoup de produit qu'on utilise quotidiennement.
- Pour engendrer un mouvement on utilise soit la méthode mécanique, hydraulique ou pneumatique et chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients et le choix d'une méthode se fait suivant la tâche et le taux de production prévus.
- Les presses ont beaucoup développé et elles sont actuellement contrôlées numériquement.

CHAPITRE III : Les Presses et Machines Utilisés

IV : Etude et conception de l'outil

Introduction :

Dans le domaine de l'industrie, le but du producteur est de réaliser des pièces ayant le minimum de déchets et réduire le coût de production, pour cela on doit procéder au calcul des efforts de coupes de toutes les opérations à réaliser, pour un bon choix de la machine.

Dans ce chapitre on s'intéresse aux calculs des efforts de poinçonnage et détournage ainsi, l'effort total nécessaire pour réaliser ces opérations. Ce dernier nous permettra de choisir la machine qui convient.

Partie 01 : étude et calculs.

IV.1 Cahier des charges :

Notre travail consiste à la conception d'un outil (poinçonnage & détournage) pour la réalisation d'un Auto-nettoyant de tôle noire des cuisinières ENIEM, dont les caractéristiques géométriques sont présentes sur la figure (IV-1).



Figure IV-1 : La pièce à réaliser (Auto-nettoyant)

IV : Etude et conception de l'outil

IV.2 Le processus de fabrication :

Le processus de fabrication de cette pièce passe par 3 étapes :

- **1ère étape** : Elle consiste de découper des bandes (découpage du flan) à partir de tôle fournie en format commercial standard.
- **2ème étape** : Emboutissage de la pièce.
- **3ème étape** : Découpage (poinçonnage et détourage).

IV.3 Fiche technique de la tôle :

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

- **Désignation de la tôle :**

Tôle laminée à froid en acier doux émaillage conventionnel (Al Mg 5/7/9 Demi-dur)

Selon la norme NF EN 10209 DCO4 EK, m

- **Caractéristiques :**

1- Caractéristiques chimique :

Composition Chimique en % (MAX) sur coulée			
C	Mn	P	S
0.08	0.5	0.03	0.05

Tableau IV.1 : caractéristiques chimiques.

2- Caractéristiques mécaniques :

Ep (mm)	Re N/mm²	Rm N/mm²	A₈₀ % Min
0.5-0.7	140-240	270-350	34
0.7-3.0	140-220		36

Tableau IV.2 : caractéristiques mécaniques.

IV : Etude et conception de l'outil

- **Dimensions nominales selon la norme EN 10131 :**

N°	Code	Epaisseur (mm)	Largeur (mm)
01	100 315	0.8	920
02	100 323	0.8	575
03	100 317A	0.8	1040
04	100 324	0.8	650
05	100 330	0.8	940
06	130 124	0.8	1130
07	130 125	0.8	600

Tableau IV.3 : Dimensions Nominales.

- **Aspect de surface :**

Aspect de surface bonne et de finition m.

- **Aptitude au revêtement de surface :**

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

IV.4 Calcul des efforts :

La pièce à réaliser (Auto-nettoyant) passe par deux étapes simultanées ; poinçonnage et détournage, les différents efforts à appliqués pour obtenir la forme finale sont :

IV : Etude et conception de l'outil

• Poinçonnage :

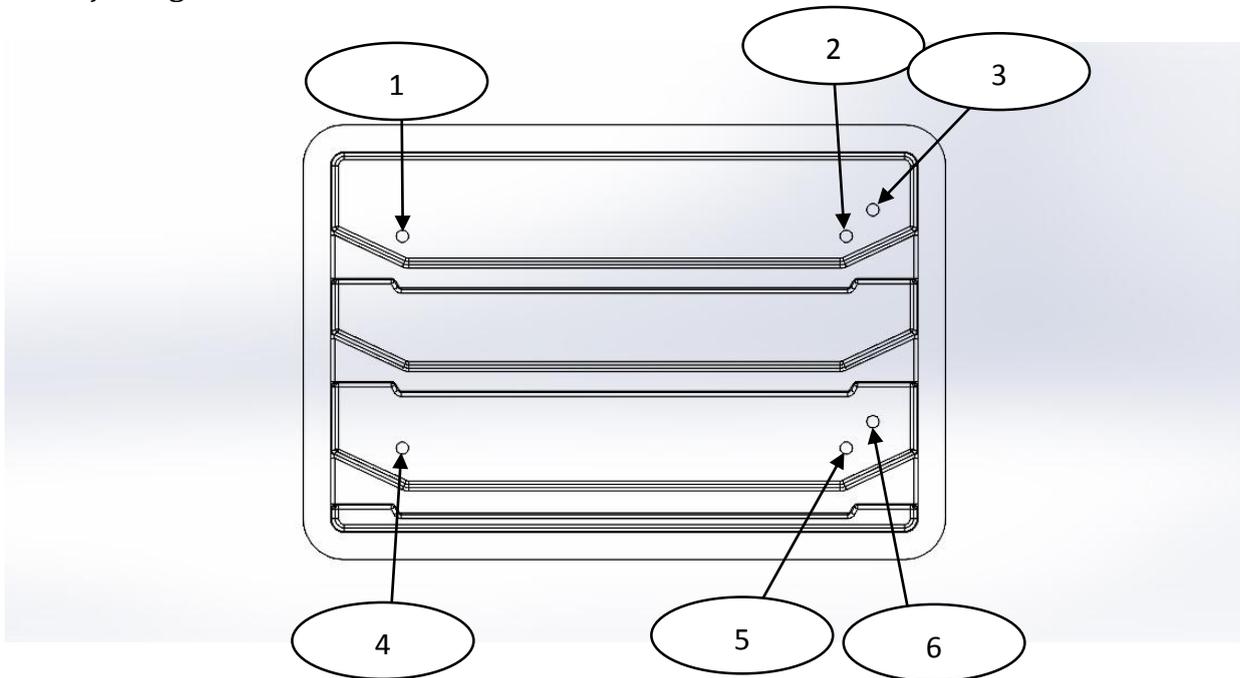


Figure IV.2: les différentes formes à poinçonner.

Fp1 : effort de poinçonnage (forme 1).

Fp2 : effort de poinçonnage (forme 2).

Fp3 : effort de poinçonnage (forme 3).

Fp4 : effort de poinçonnage (forme 4).

Fp5 : effort de poinçonnage (forme 5).

Fp6 : effort de poinçonnage (forme 6).

IV : Etude et conception de l'outil

• Détourage :

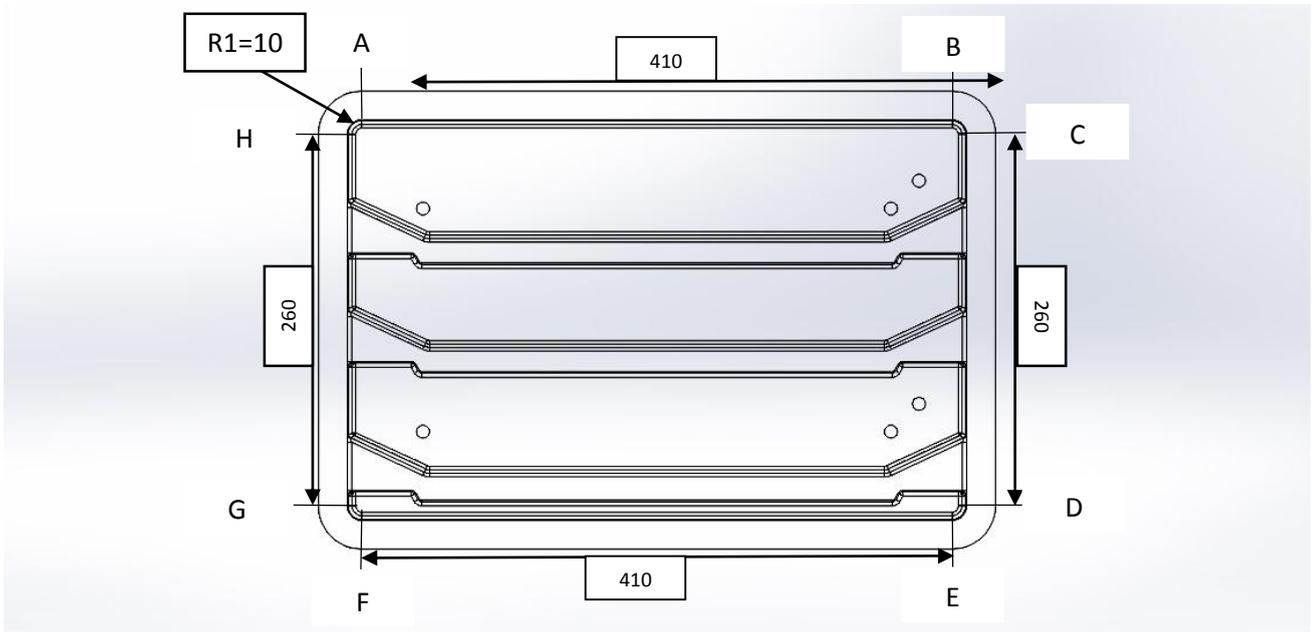


Figure IV.3: Dimension du contour a détourné

IV.4.1 Calcul de l'effort de poinçonnage :

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

$$F_p = P \times e \times R_g \dots\dots\dots IV.1$$

Avec : P : le périmètre a poinçonné.

e : l'épaisseur de la tôle.

Rg : résistance pratique au cisaillement en DaN/mm²

➤ Calcul de l'effort de poinçonnage :

A. Calcul de l'effort poinçonnage forme 1,2,3,4,5,6 :

IV : Etude et conception de l'outil

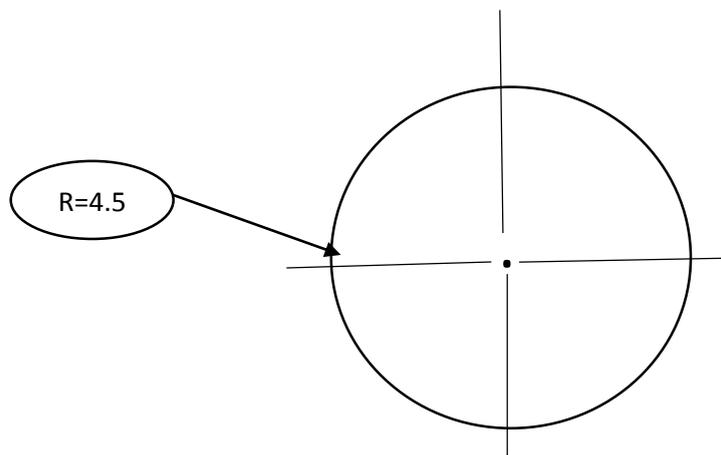


Figure IV.4: poinçonnage de forme 1,2,3,4,5,6.

- **Calcul de périmètre :**

$$P = 2\pi \times R$$

$$P = 2(3.14).4.5$$

$$P = 28.26 \text{ mm}$$

- **Calcul de la section à cisailer :**

$$S = P \times e$$

$$S = 28.26 \times 0.8$$

$$S = 22.608 \text{ mm}^2$$

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

$$F_p = S \times Rg$$

$$F_p = 22.608 \times 26$$

$$F_p = 587.808 \text{ DaN}$$

IV : Etude et conception de l'outil

Comme les sections des trous S1 ?S2, S3, S4, S5et S6 sont égaux, d'où $F_{p1}=F_{p2}=F_{p3}= F_{p4}= F_{p5}= F_{p6}$

Donc L'effort total de poinçonnage :

$$F_{\text{total p}} = F_p \times 6$$

$$F_{\text{total p}} = 587.808 \times 6$$

$$F_{\text{total p}} = 3526.848 \text{ DaN}$$

$F_{\text{total p}} = 3526.848 \text{ DaN}$

IV.4.2 Calcul de l'effort de détournage :

Pour le calcul de l'effort de détournage en utilise la formule suivante :

$$F_d = P \times e \times R_g \dots\dots\dots \text{IV.2}$$

Avec : P : périmètre de la pièce.

e : l'épaisseur de la tôle.

Rg : résistance pratique au cisaillement en DaN/mm².

a) Calcul de périmètre :

$$P = \text{Arc}_{\text{total}} + L_{\text{total}}$$

• Calcul des arcs :

$$\text{Arc}_{\text{total}} = \text{Arc}_{\text{BC}} + \text{Arc}_{\text{DE}} + \text{Arc}_{\text{FG}} + \text{Arc}_{\text{HA}}$$

$$\text{Arc}_{\text{BC}} = \pi \times R_1 \times \alpha / 180$$

$$\text{Arc}_{\text{BC}} = 3.14 \times 10 \times 90 / 180$$

$$\text{Arc}_{\text{BC}} = 15.7 \text{ mm}$$

IV : Etude et conception de l'outil

On a :

$$\text{Arc}_{BC} = \text{Arc}_{DE} = \text{Arc}_{FG} = \text{Arc}_{HA} = 15.7 \text{ mm}$$

$$\mathbf{Arc_{total} = Arc_{BC} \times 4}$$

$$\mathbf{Arc_{total} = 15.7 \times 4}$$

$$\mathbf{Arc_{total} = 62.8 \text{ mm}}$$

$$\mathbf{Arc_{total} = 62.8 \text{ mm}}$$

IV : Etude et conception de l'outil

• Calcul des arêtes :

$$L_{total} = L_{AB} + L_{CD} + L_{EF} + L_{GH}$$

$$L_{total} = 410 + 260 + 410 + 260$$

$$L_{total} = 1340 \text{ mm}$$

$$L_{total} = 1340 \text{ mm}$$

$$P = \text{Arc}_{total} + L_{total}$$

$$P = 62.8 + 1340$$

$$P = 1402.8 \text{ mm}$$

$$P = 1402.8 \text{ mm}$$

b) Calcul de la section à découper :

$$S_d = P \times e$$

$$S_d = 1402.8 \times 0.8$$

$$S_d = 1122.24 \text{ mm}^2$$

c) calcul de l'effort de détournage :

$$F_d = S_d \times R_g$$

$$F_d = 1122.24 \times 26$$

$$F_d = 29178.24 \text{ DaN}$$

$$F_d = 29178.24 \text{ DaN}$$

IV.4.3 L'effort total de découpage :

$$F_{total d} = F_{total p} + F_d \dots \dots \dots \text{IV.3}$$

$$F_{total d} = 29178.24 + 3526.848$$

IV : Etude et conception de l'outil

$F_{\text{total d}} = 32705.33 \text{ DaN}$

$$F_{\text{total d}} = 32705.088 \text{ DaN}$$

IV.4.4 Calcul de l'effort dévêtissage $F_{\text{dév}}$:

C'est l'effort nécessaire pour dégager les poinçons de la bande après découpage ou poinçonnage. Il est de 7% de l'effort total de découpage.

$$F_{\text{dév}} = F_{\text{total d}} \times 7\% \dots\dots\dots \text{IV.4}$$

$$F_{\text{dév}} = 32705.088 \times 0.07$$

$$F_{\text{dév}} = 2289.35 \text{ DaN}$$

$$F_{\text{dév}} = 2289.35 \text{ DaN}$$

IV.4.5 Calcul de l'effort d'éjection :

C'est l'effort nécessaire pour dégager le flan de la matrice de poinçonnage, il est généralement pris à 1.33% de l'effort de découpage.

$$F_{\text{éj}} = F_{\text{total d}} \times 1.33\% \dots\dots\dots \text{IV.5}$$

$$F_{\text{éj}} = 32705.088 \times 0.0133$$

$$F_{\text{éj}} = 439.97 \text{ DaN}$$

$$F_{\text{éj}} = 439.97 \text{ DaN}$$

IV.4.6 Calcul de l'effort fournir par la presse :

La presse est la source de production de l'énergie, elle doit produire un effort supérieur ou égale à la somme des forces suivantes :

IV : Etude et conception de l'outil

$$F_{\text{presse}} = F_{\text{total d}} + F_{\text{dév}}$$

$$F_{\text{presse}} = 32705.33 + 2287.37$$

$$F_{\text{presse}} = 42799.618 \text{ DaN}$$

$F_{\text{presse}} = 34994.43 \text{ DaN}$
--

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

$$F_{\text{presse}} \geq 34.994 \text{ tonne-force}$$

IV.4.7 Jeu de découpage :

Pour que la tranche de la pièce découpée soit propre, il est important de prévoir un jeu de Coupe entre la matrice et le poinçon. Selon le type de l'opération à effectuer le jeu est pris, soit sur la matrice ou bien, sur le poinçon. Dans notre cas, on donne le jeu pour la matrice.

La nature du matériau à découper détermine ce jeu, pour les aciers durs, fonte, inox. Le jeu est de 1/15 de l'épaisseur de la bande.

$$J = 1/15 \times e \dots\dots\dots \text{IV.7}$$

AN :

$$J = 1/15 \times 0.8$$

$$J = 0.05 \text{ mm}$$

IV : Etude et conception de l'outil

IV.5 Calcul de vérification des poinçons à la résistance :

Les poinçons de petites sections risquent de flamber lors de l'application de l'effort, un calcul de vérification s'impose.

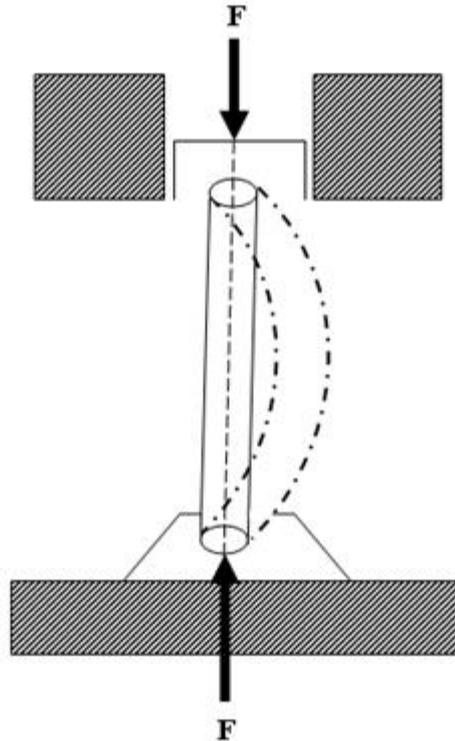


Figure IV.5 : flambement d'une poutre soumise à un effort axial.

Les poinçons sont assimilés à des poutres chargées axialement. Le flambement se produit pour une certaine valeur de charge appelée charges critiques.

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.

Avec : F : effort de poinçonnage.

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

$$F_{cr} = \pi^2 \times E \times I / L^2 \dots\dots\dots IV.9$$

Avec : E : module de Young.

I : moment d'inertie.

L : longueur réelle.

IV : Etude et conception de l'outil

La longueur libre de flambage est donnée en fonction du type d'appui. Le tableau suivant répertorie les différents cas possibles.

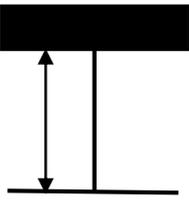
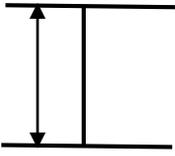
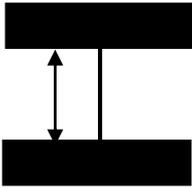
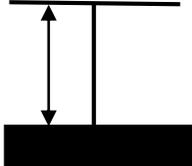
Longueur libre de flambage				
Type de Liaisons	Encastré en A Et Libre en B	Liaisons Pivotantes en A et B	Encastré en A Et B	Encastré en A Et Pivots en B
Valeurs de L	 I=2L	 I=L	 I=L/2	 I=0.7L

Tableau IV.4 : Longueurs libres de flambage en fonction du type de liaisons.

Remarque :

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

-Poinçon 1,2,3,4,5,6 :

$$I_{1,2,3,4,5,6} = \pi \times D^4 / 64$$

$$I_{1,2,3,4,5,6} = 3.14 \times 9^4 / 64$$

$$I_{1,2,3,4,5,6} = 321.899 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr1,2,3,4,5,6} = \pi^2 \times E \times I / L^2$$

$$F_{cr1,2,3,4,5,6} = (3.14)^2 \times 210000 \times 321.899 / (2 \times 100)^2$$

IV : Etude et conception de l'outil

$$F_{cr1,2,3,4,5,6} = 16662.42 \text{ N}$$

$$F_{cr1,2,3,4,5,6} = 1666.24 \text{ DaN}$$

$$F_p = 587.808 \text{ DaN}$$

$F_p < F_{cr1,2,3,4,5,6}$: la condition est vérifiée, donc les 6 poinçons vont résister.

IV.6 position adéquate de l'outil sur la machine (centre d'inertie) :

Pour que la presse travaille d'une manière plus favorable, on doit positionner l'outil sur la table d'une façon à ce que la résultante de tous les efforts sollicités pendant le travail passe par l'axe vertical du coulisseau de la presse. la figure ci-dessous montre les centres d'inerties des poinçons.

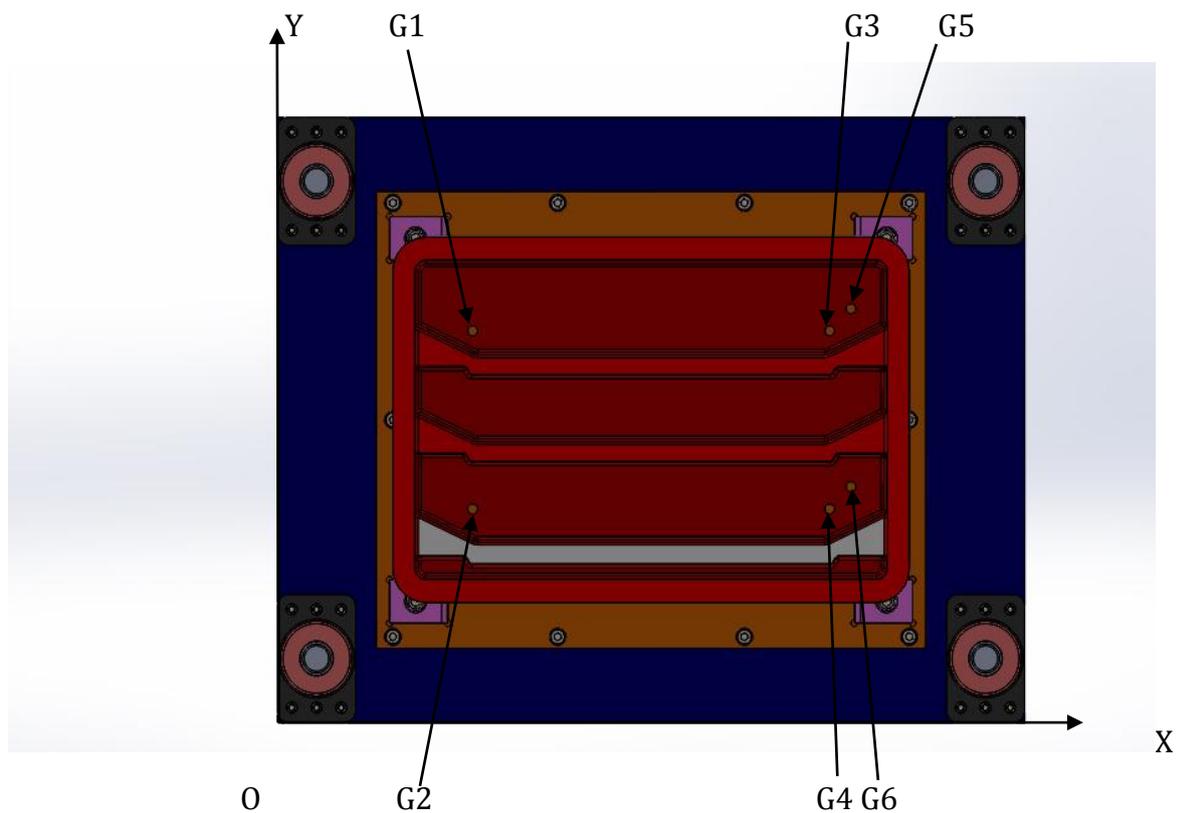


Figure IV.6 : position des centres de gravité.

IV : Etude et conception de l'outil

Le tableau suivant résume les coordonnées des centres d'inerties des poinçons respectivement : G1 ; G2 ; G3 ... G6, ainsi que les efforts de coupe pour chaque poinçon.

Gi	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Xi	177.50	177.5	502.5	502.5	521.95	521.95
Yi	343	187	343	187	362.45	206.53
Fi	587.808	587.808	587.808	587.808	587.808	587.808
$X = \frac{\sum_i^n xi. Fi}{\sum_i^n Fi}$			$Y = \frac{\sum_i^n yi. Fi}{\sum_i^n Fi}$			

Tableau IV.5 : coordonnées des centres d'inerties des poinçons.

A.N:

$$\sum_{i=1}^{06} Fi = 3526.848$$

$$X = \frac{\sum_{i=1}^6 xi. Fi}{\sum_{i=1}^6 Fi} = 400.65 \text{ mm}$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^6 yi. Fi}{\sum_{i=1}^6 Fi} = 271.49 \text{ mm}$$

IV.7 Le choix de la machine :

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

- L'effort de la presse doit être supérieur aux efforts utilisés.
- La longueur et la largeur de la table, 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 a réalisé. Dans notre cas, il s'agit de poinçonnage et détournage, une presse mécanique est mieux indiquée.

Après avoir calculé l'effort total de découpage (35 TONNES) ainsi qu'après avoir vérifié les dimensions de l'outil par rapport à celle de la table de travail de la presse, nous avons conclu, avec la coopération du service outillage (de l'unité cuisson), d'utiliser une presse DCP 100-18(D) qui a les caractéristiques suivantes :

IV : Etude et conception de l'outil

- Capacité de la presse.....100 (tonnes).
- Dimension de la table (longueur et larguer)1800×1200 (mm).
- Epaisseur de porte matrice 130 (mm).
- Hauteur de matrice.....350 (mm).
- Cours du coulisseau250 (mm).
- Réglage du coulisseau.....100 (mm).

Conclusion :

Les différents calculs qu'on a effectués successivement, nous ont permis de déterminer les efforts de poinçonnage et détourage nécessaire à la réalisation de la pièce, ainsi que la capacité de la presse à utiliser après le calcul de l'effort total de la découpe.

IV : Etude et conception de l'outil

Partie 02 : Conception de l'outil.

IV.8 détails de l'outil :

L'outil de travail est un ensemble d'éléments assemblé avec précision pour assurer un bon fonctionnement, l'outil de poinçonnage et détournage est composé de deux parties essentielles qu'on peut définir comme suite :

- ❖ **Partie inférieure** : C'est la partie fixe de l'outil, qui contient les éléments suivants :

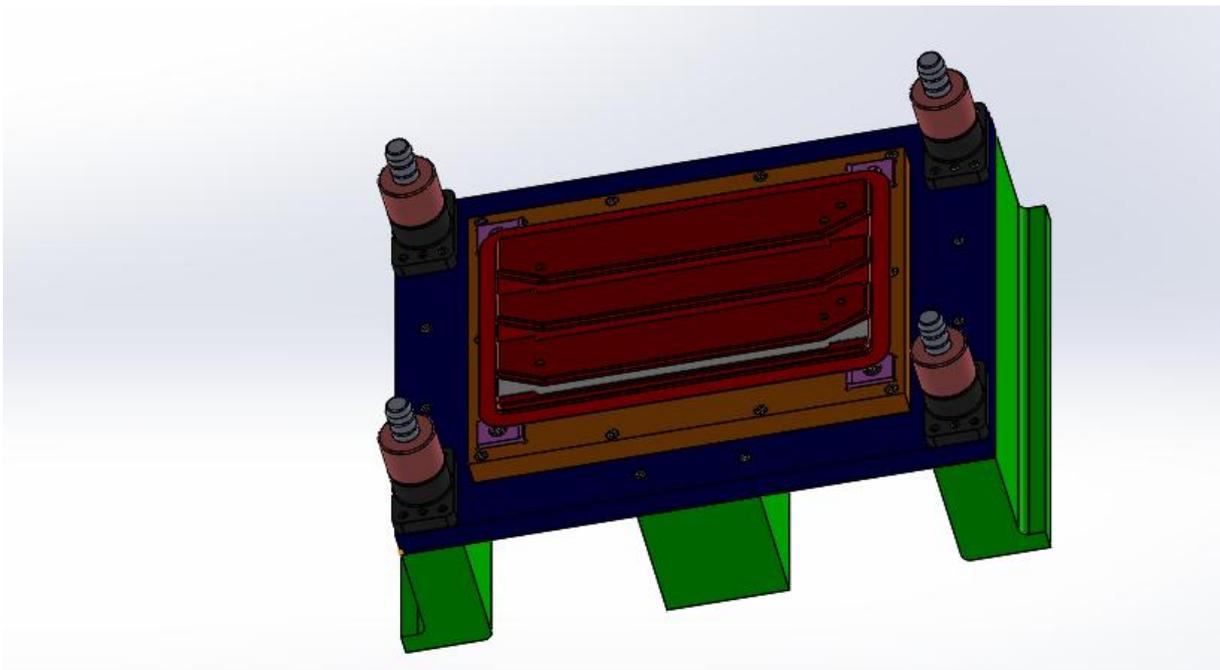


Figure IV.7 : Partie inférieure assemblée.

- **Tasseaux** : Ce sont des pièces qu'on trouve dans la partie inférieure, ils servent à fixer l'outil sur la table de la presse
- **Semelle inférieure** : C'est une plaque sur laquelle les matrices sont ajustées, son épaisseur doit être suffisante pour résister aux efforts de découpage.

IV : Etude et conception de l'outil

- **Les matrices** : c'est le port empreint dans lesquelles les poinçons se pénétrant lors de l'opération de découpage, sont épaisseurs doit être suffisante pour qu'elle résiste aux efforts de découpage ainsi l'effort de serre-flan pour éviter les déformations.
 - **Butée fin de course** : elle sert à positionner le flan, limitant ainsi son déplacement et un bon guidage du flan.
 - **Colonne de guidage** : elles coulissent dans les embases supérieures avec glissement et sont emmanchées sur les embases inférieures.
 - **Coupe chute** : elle sert à découper la chute détournée pour faciliter son évacuation.
 - **Les lames** : ce sont les éléments fonctionnels qui interviennent lors de l'opération de détourage.
 - **Porte matrice (porte lames)** : c'est l'élément sur lequel les matrices sont ajustées.
- ❖ **Partie supérieure :**

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

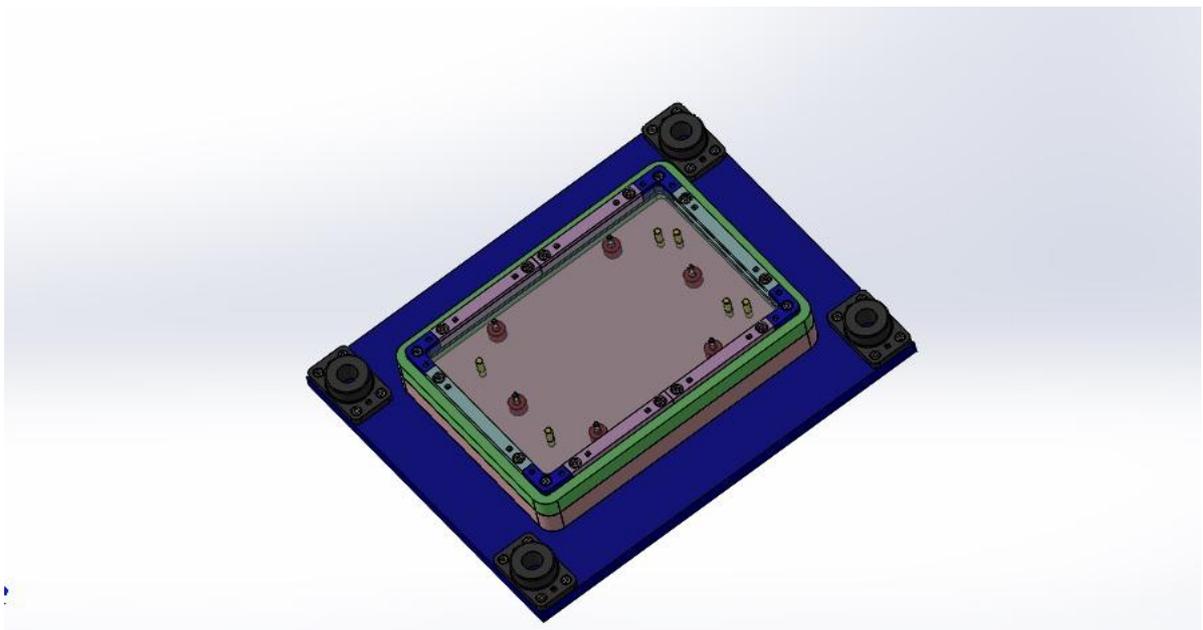


Figure IV.8 : Partie supérieur assemblée.

IV : Etude et conception de l'outil

- **Semelle supérieure** : elle sert à porter les vis d'écartements et le porte poinçon ainsi que les embases.
- **Porte poinçon** : il sert à fixer et guider les différents poinçons dans leurs positions.
- **Poinçons** : ce sont les principaux éléments qui interviennent lors de l'opération de découpage leur calcul est délicat. Les poinçons de faible section sont soumis souvent au flambement pour l'éviter on utilise des chemises dans lesquelles on les inserts.
- **Vis d'écartement** : elle sert au guidage et la mise en position de serre-flan.
- **Serre-flan** : il sert au guidage des poinçons et fixer la tôle, il est fixé à l'intérieur du bâti supérieur.
- **Les lames** : ce sont les éléments fonctionnels qui interviennent lors de l'opération de détourage.
- **Les embases** : c'est des éléments qui assurent le guidage entre la semelle supérieure et inférieure par l'intermédiaire des colonnes de guidage.
- **Sillant bloc (élastomère)** : ces les éléments qui assurent le dévetissage.

IV.9 Outil complet assemblé :

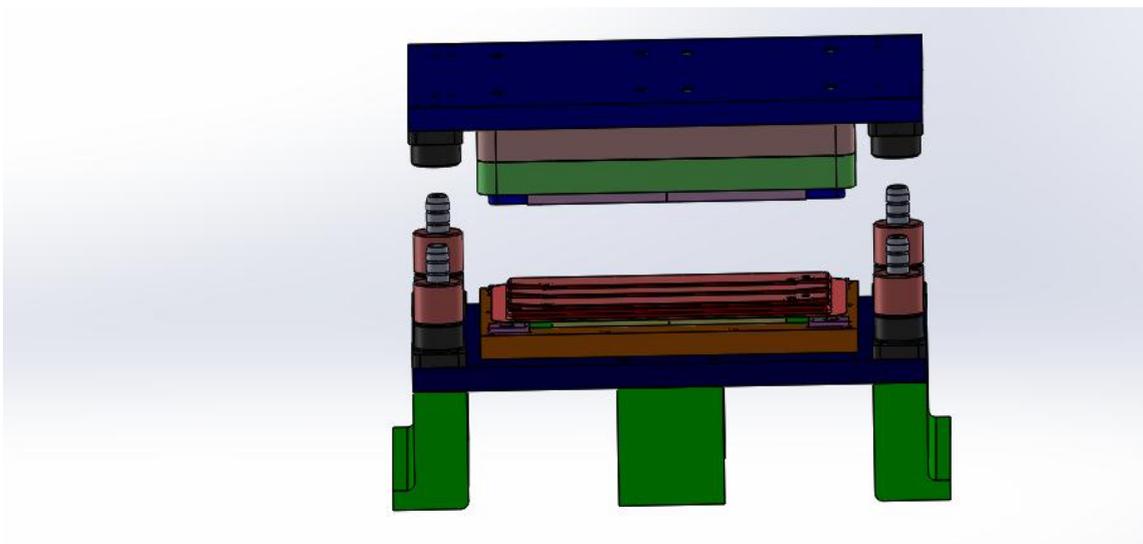


Figure IV.9 : outil complet assemblé.

Conclusion Générale

Conclusion :

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 dévêtissage,...) et les phénomènes qui se produisent pendant la réalisation des opérations sur les tôles.

À l'aide d'un logiciel de conception assistée par ordinateur (SolidWorks), qui nous à permet d'avoir les caractéristiques dimensionnelles et géométriques de différentes composantes de l'outil (poinçonnage et détourage), ce logicielle nous à aider à concevoir l'outil de manière à être fiable, précis et rentable. Cette étude nous a permet de réaliser la conception (dessins d'ensemble et les dessins de définition) de l'outil et ces organes cette dernière est faite d'un choix d'une solution parmi tant d'autres et d'une manière à faciliter la réalisation du produit et ainsi diminuer son prix de revient.

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.

Référence Bibliographique

[01] ENIEM Tizi-Ouzou ; Base de documentation E.N.I.E.M ; Z.I ; AISSAT Idir ; Oued Aissi ; Tizi-Ouzou ; Algérie ; Tél : +213.26.41.32.14 ; Fax : +213.26.20.04.24

[02] H.Chabane et Z.Belkacem-Étude et conception d'un outil poinçonnage et détournage d'un bandeau bombé en inox d'une cuisinier ENIEM-Master académique en génie mécanique .Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou- promotion 2017/2018.

[03] A.Lounes et M.Abderahim- Etude et Conception d'un Moule-Palette en Polystyrène Expandé pour un Réfrigérateur ENIEM--Master académique en génie mécanique .Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou- promotion 2016/2017.

[04] B.Koceila et B.Mouhoub -Etude et Conception d'un outil de à came d'un corps de chauffe de radiateur à gaz naturel- Master académique en génie mécanique .Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou- promotion 2017/2018.

[05] khirani dalel –Réparation des déformations en étirage-plier et leurs effets sur le retour élastique. Thèse Magister option Mécanique appliquée. Université FERHAT ABBAS.PROMOTION 2010

[06] Rabourdin Industrie Groupe ;" composants standard pour moules et outillages" ; Parc Gustave Eiffel ; 04 avenue Gutenberg ; BP50 ; Bussy-SaintGeorges ; 77607 ; Marne-la-vallée ; Cedex 3 ; France ; e-mail : industrie@rabourdin.fr

[07] STEINEL Normalien AG. Winkelstraße 7. 78056 Villingen-Schwenningen. Germany Phone +49 7720 6928-0. Fax +49 7720 6928-970. info@steinel.com.
www.steinel.com

[08] Technique de l'ingénieur