



Université Mouloud MAMMERI- Tizi-Ouzou.
Faculté du Génie de la Construction.
Département De Génie Mécanique.



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

*En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique
en Génie Mécanique.*

Option : Construction Mécanique

Thème

*Etude et conception d'un
outil à bande pour la
réalisation d'une charnière
inférieur du réfrigérateur
FB1 ENIEM*

Proposé par :

Mr. HADID A

Encadreur :

Mr. ZIANI H

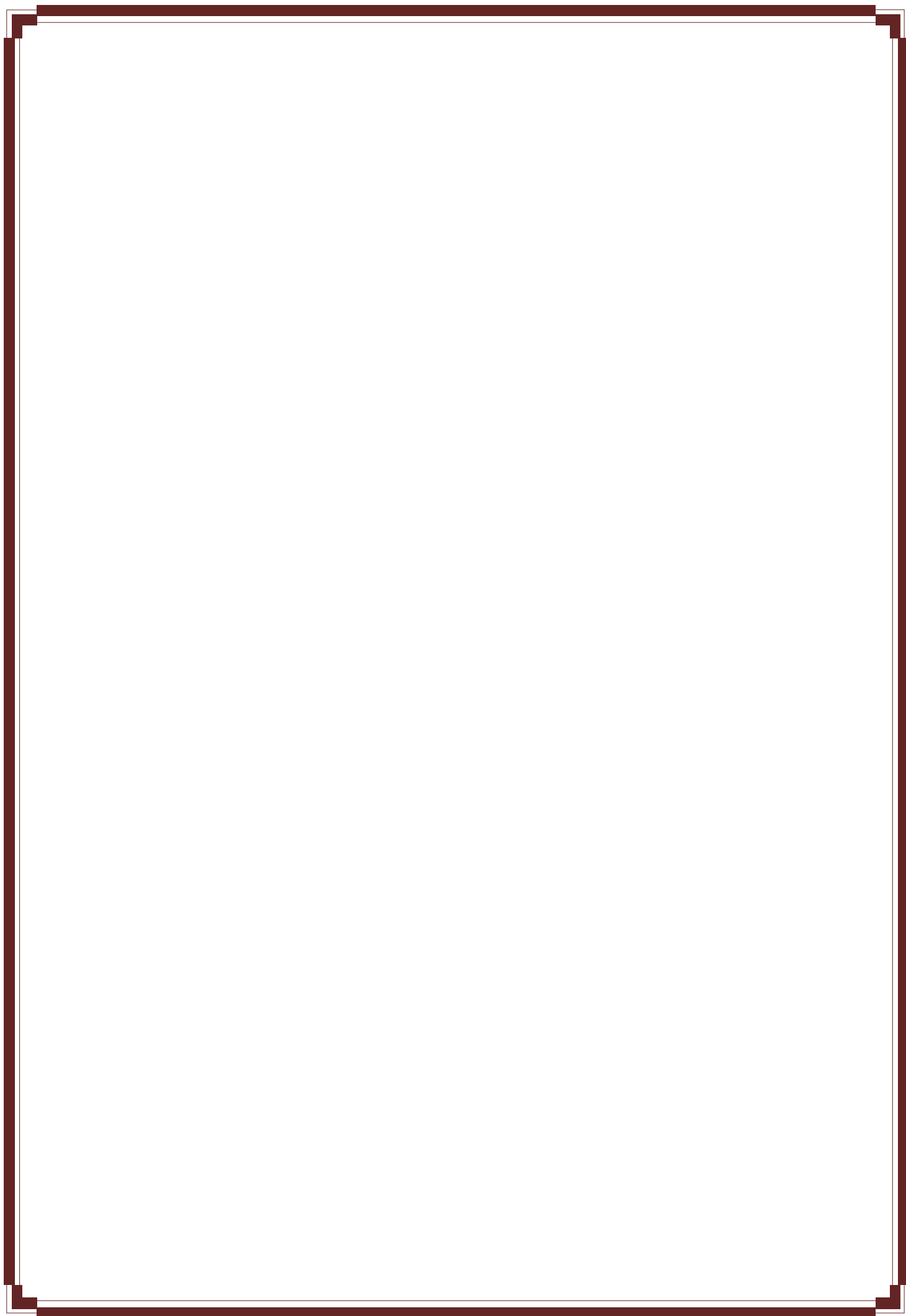
Co-encadreur :

Mr. MENOUEUR A

Réalisé par :

*BERDOUS Assia
YAKOUBI Nacer*

ANNEE 2017/2018



Remerciements

Après un long et studieux cursus universitaire qu'on a eu a empreinte ;on voudrais a travers la prestation de ce mémoire présenter nos vifs et chaleureux remerciements a toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre stage et qui nous ont aidés lors de la rédaction de ce mémoire.

On voudrais dans un premier temps remercier notre encadreur monsieur ZIANI Hocine, professeur à l'Université de Mouloud MAMMERI, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

On tiens à témoigner toute notre reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de ce mémoire :

Monsieur MENOUER Ahcène, professeur a l'université de Mouloud MAMMERI,de nous avoir apporté sa connaissance et de nous avoir accorder sa confiance et une large indépendance dans l'exécution de missions valorisantes.

Monsieur HADID Aghiles, pour nous avoir accordé des entretiens et avoir répondu à nos questions et a partagé ses connaissances et expériences dans ce milieu. Ils nous a été d'un grand soutien dans l'élaboration de ce mémoire.

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

Nous tenons à remercier tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, Sans oublier nos parents qui ont sacrifié jusqu'aujourd'hui, aussi leurs encouragements incessants tout le long de notre parcours.

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

Dédicace

Je dédie ce travail fait en collaboration avec mon binôme Nacer a mes chères parents ;

A ma chère mère qui n'a cessé de m'encourager a sa manière a persévérer dans mes études et ne pas me montrer un signe de faiblesse et de m'avoir remplis de chaleur maternelle ;

A mon père qui a toujours soutenue mes idées et qui ne ma jamais privé d'un quelconque besoin nécessaire a mes études et ma vie quotidienne ;

A mon petit frère saïd bien aimé et a mes magnifiques sept sœurs : Ferroudja , Sarah, Souhila, Lynda, Sabrina, lylia et sonia pour leurs amours et leurs soutiens inconditionnels ; ainsi qu'a leurs maris et petits monstres pour leur attachement a ma réussite dans mes études.

A mon binôme, ami et frère Nacer je n'aurait pas espérer un meilleur binôme ;

Je dédie aussi ce travail a mes adorables amis de Génie Mécanique tout particulièrement : Ma belle Karima ainsi que Samir, Ghiles et mouloud sans oublier Chanez qui sont plus que des amis, pour avoir été a mes coté dans les bons comme dans les mauvais moments

ASSJA

Dédicace

Je dédie ce travail :

A ma chère mère et mon cher père pour leurs soutient et je les remercie d'avoir fait de moi ce que je suis aujourd'hui

A mes deux frère Moussa et Meziane ainsi que sa femme Sarah et leur enfant Aylane.

A mes deux sœurs et leurs maris et leurs enfants Aymane & Asma.

A ma binôme et sœur Assia ;a mes amis qui mon soutenue Mouloud Karima, Ghiles et Samir ;

A tout mes amis et la promotion de fin de cycle master JJ construction mécanique 2018.

A tout ceux qui on été la et contribuer a mon évolution de loin ou de pres.

Nacer

Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Objectif	
Introduction général	1
1. Présentation de l'entreprise	3
2. Objectif social et champ d'activité	4
3. Principales missions et activités de l'entreprise	4
3.1 Direction générale	4
3.2 Unité froid	4
3.3 Unité cuisson	5
3.4 Unité climatiseur	5
3.5 Unité sanitaire	5
3.6 Filiale Filamp	5
4. politique de l'entreprise	5
4.1 Politique qualité	6
4.2 Politique environnementale	6
Chapitre I : Généralités et caractérisations des aciers	
I.1 Introduction	9
I.2 Généralités sur les aciers	9
I.2.1 Définition	9
I.2.2 Eléments constituant les aciers	10
I.2.2.1 Eléments d'élaboration	10
I.2.2.2 Eléments d'addition	10
I.2.2.3 Eléments nuisibles	10
I.2.3 Microstructure des aciers	10
I.3 Les différents types d'acier	11

I.3.1 Aciers ordinaire	11
I.3.1.1 Les aciers ordinaires d'usage général	11
I.3.1.2 Propriétés des aciers ordinaires	12
I.3.1.3 Désignation des aciers ordinaires	12
I.3.2 Aciers de traitement thermique	12
I.3.2.1 Aciers alliés	13
I.3.2.2 Aciers non alliés	14
I.3.3 Aciers a outils	14
I.3.4 Elément d'addition	14
I.3.5 Aciers inoxydables	14
I.3.5.1 Choix de la nuance des aciers inoxydable	15
I.3.6 Les aciers ferritiques.....	19
I.3.7 Les aciers martensitique	19
I.3.8 Les aciers austénitiques	19
I.4 Différentes phases du fer	19
I.5 Variétés allotropique et magnétique du fer	20
I.6 Les différentes phases du système Fer-Carbone	21
I.6.1 La ferrite α	21
I.6.2 La ferrite δ	21
I.6.3 L'austénite γ	21
I.6.4 La cémentite (Carbone de fer Fe_3C)	21
I.6.5 La perlite.....	21
I.7 Diagramme d'équilibre Fer-Carbone	22
I.7.1 Diagramme stable- diagramme métastable	22
I.7.2 Analyse du diagramme Fer-carbone à cémentite	23
I.8 Étude du refroidissement du diagramme métastable $\text{Fe}_3\text{-C}$	26
I.8.1 Cas de l'acier hypoeutectoïde à 0.4%C	26
I.8.2 Acier hypereutectoïdes 1. 2%C	27

I.8.3 Acier eutectoïde à 0.77%C	27
I.8.4 Utilisations du système F-C dans l'industrie	28
I.9 Conclusion.....	29

Chapitre II : Procèdes de mise en forme des pièces mécaniques

II.1 Introduction	30
II.2 L'emboutissage	30
II.2.1 Principe de l'emboutissage	31
II.2.2 Intérêt de l'emboutissage	33
II.2.3 Technique d'emboutissage.....	34
II.2.3.1 Emboutissage à froid.....	34
II.2.3.2 Emboutissage a chaud	34
II.2.4 Effort d'emboutissage	35
II.2.5 Le serre-flan	35
II.2.5.1 Effort sur le serre-flan	36
II.3 Le découpage	36
II.3.1 Différents types de découpage	38
II.3.1.1 Le grignotage	38
II.3.1.2 Le crevage	38
II.3.1.3L'ajourage	38
II.3.1.4 Le détournage	39
II.3.1.5 Le soyage	39
II.3.1.6 L'encochage	40
II.3.1.7 Le cisailage	40
II.3.2 Jeu de découpage	40
II.3.3 Influence des paramètres de l'opération de découpage.....	41
II.3.4 Vitesse de découpage	42
II.3.2 PoinçonnageErreur ! Signet non défini.	42

II.3.2.2 les phases de poinçonnage.....	42
II.4 Paramètres liés au réglage de l'outil	43
II.4.1 Pénétration du poinçon dans la matrice	43
II.5 Effort de découpage et de poinçonnage	43
II.6 Contraintes sur les poinçons.....	44
II.6.1 Contrainte de compression.....	44
II.7 Le pliage	45
II.7.1 Les différents modes de pliage	45
II.7.1.1 Le pliage en V (en presse plieuse)	45
II.7.1.2 Le pliage en U	48
II.7.1.3 Le pliage en L.....	49
II.7.2 Rayon du au pliage.....	49
II.7.3 Le retour élastique.....	50
II.7.4 Paramètres influents sur l'opération de pliage	51
II.7.4.1 Le rayon de la matrice de pliage	51
II.7.4.2 Le jeu du pliage	51
II.7.4.3 Effort de pliage.....	52
II.8 Conclusion.....	53

Chapitre III : Généralités sur les équipements des transformations des tôles : Presses & outils

III.1 Introduction.....	54
III.2 Les presses	55
III.2.1 Définition	55
III.2.1.1 Selon le mode de transmission de l'énergie.....	55
A. Les presses mécaniques	55
B. Les presses hydrauliques.....	56

III.2.1.2 Selon la forme du bâti	57
C. Presses a col de cygne	57
D. Presses a arcad	58
E. Presses a montants droits.....	59
F. Presses a colonnes	60
G. Presses à table mobile et bigorne Erreur ! Signet non défini.	60
III.2.1.3 Selon le nombre de coulisseau.....	61
H. Presse à simple effet.....	61
I. Presse à double effets	61
J. Presse à triple effet	62
III.2.2 Critères de choix d'une presse	62
III.2.3 Sécurité sur les presses.....	63
III.2.4 Fonctionnement des Presses Mécaniques	63
III.2.4.1 L'Énergie	63
III.2.4.2 Les Mécanismes de commande	63
III.3 Les outils de Presses	68
III.3.1 Éléments Principaux des outils de Presses	68
III.3.1.1 Le Poinçon	68
III.3.1.2 La Matrice	69
III.3.1.3 La Dépouille	69
III.3.1.4 L'Affûtage	70
III.3.2 Différents Types d'Outils de Presse	70
III.3.2.1 Outils à Découper	70
III.3.2.2 Outil à Contre-plaque.....	71
III.3.2.3 Outil à Presse à Bande	73
III.3.2.4 Outil Suisse	74
III.3.2.5 Outils de Reprise.....	75
III.3.2.6 Outils de Détourage	76

III.3.2.7 Outils à Came.....	78
III.3.2.8 Outils d'Emboutissage	78
III.3.2.9 Outil de Cambrage	80
III.3.2.10 Outil à Suivre	82
III.3.3 Montage des Outils sur les Presses	83
III.3.3.1 Petite Presse	83
III.3.3.2 Grosse Presse	85
III.4 Paramètres liés à l'usure de l'outil.....	86
III.4.1 Lubrification	86
III.4.2 Matériaux à outil.....	86
III.4.3 Conclusion	87

Chapitre IV : Etude et conception de l'outil à bande

IV.1 Introduction	88
IV.2 Cahier des charges	88
IV.3 Emplacement de la pièce	89
IV.4 Travail demandé	90
IV.4.1 But	90
IV.4.2 Processus de fabrication	90
IV.5 Calcul des efforts de coupe et de pliage	92
IV.6 Calcul de l'effort de chaque poinçon	96
IV.7 Détermination de l'effort de pliage	98
IV.8 Calcul de l'effort total de coupe	100
IV.9 Calcul de l'effort de dévêtissage (Extraction)	100
IV.10 Calcul de l'effort d'éjection	101
IV.11 Calcul de l'effort total que doit fournir la presse.....	101
IV.12 Choix du nombre de ressorts	102

IV.12.1 Calcul de la raideur des ressorts	102
IV.12.2 Le choix de la presse à utiliser.....	104
IV.12.3 Calcul du flambement des poinçons.....	105
IV.12.4 Calcul de la résistance des poinçons à la compression	109
IV.13 Conclusion	112
Conclusion générale.....	115
Les annexes.....	116
Bibliographie	120

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme de l'entreprise ENIEM	7
Figure 2 : Organigramme de l'unité froid	8

Chapitre I

Figure I.1 : Transformation allotropique du fer	20
Figure I.2 : Illustration schématique des principaux constituants du système Fe ₃ -C	22
Figure I.3 : Diagrammes Fe-C pour les aciers et les fontes en pointillés : diagramme stable Fe-C en trait pleins : Diagramme métastable Fe -Fe ₃ C.....	23
Figure I.4 : Diagramme métastable Fe ₃ -C	24
Figure I.5 : Acier hypoeutectoïde à 0.4%C.....	26
Figure I.6 : Acier eutectoïde à 1.2%C	27
Figure I.7 : Acier eutectoïde à 0.77%C	28

Chapitre II

Figure II.1: Emboutissage.....	31
Figure II.2 : Phase1 de l'emboutissage	31
Figure II.3 : Phase 2 de l'emboutissage	32
Figure II.4: Phase 3 de l'emboutissage	32
Figure II.5 : Phase 4 de l'emboutissage	33
Figure II.6: Direction des efforts Fe et Fs	35
Figure II.7: principe du découpage	37
Figure II.8: pièce découpée	37
Figure II.9: Le grignotage	38
Figure II.10 : Le crevage.....	38
Figure II.11 : L'ajourage.....	38
Figure II.12: Le détournage	39
Figure II .13 : Le soyage.....	39

Figure II.14 :L'encochage	40
Figure II.15 : Le cisailage.....	40
Figure II.16 : Jeu du découpage.....	41
Figure II.17 : Pièce poinçonnée.....	42
Figure II.18 : Le poinçonnage.....	42
Figure II.19 : Pliage	45
Figure II.20 : Technique du pliage.....	46
Figure II.21 : pliage en l'air	46
Figure II.22 : Outil de pliage en l'air.....	47
Figure II.23 : Pliage en frappe	47
Figure II.24 : Outil de pliage en frappe	48
Figure II.25 : principe du pliage en U	48
Figure II.26 : Le pliage en L.....	49
Figure II.27 : Angle de pliage	49
Figure II.28 : Rayon de pliage	49
Figure II.29 : Déformation a un angle vif ($R=0$)	50
Figure II.30 : Phénomène du retour élastique	51
Figure II.31 : Jeu du pliage et le rayon de la matrice.	52

Chapitre III

Figure III.1 : Presse mécanique.....	56
Figure III.2 : Presse hydraulique.....	57
Figure III.3 : Presse a col de signe	58
Figure III.4 : Presse a arcade	59
Figure III.5 : Presse a montant droit	59
Figure III.6 : Presse a colonnes.....	60
Figure III.7 : Presse a table mobile et bigorne.....	60
Figure III.8 : Presse a double effet	61
Figure III.9 : Presse a triple effet	62
Figure III.10 : Système bielle – manivelle.....	64

Figure III.11 : Système excentrique	65
Figure III.12 : Système a genouillère	66
Figure III.13 : Système a came	67
Figure III.14 : Système d'Embrayage a clavette tournante	67
Figure III.15 : Système d'Embrayage à Friction à Commande Électropneumatique.	68
Figure III.16 : L'Ensemble Poinçon - Matrice	69
Figure III.17 : Dimensions d'une Dépouille	69
Figure III.18 : Principe d'un Affûtage.	70
Figure III.19 : Géométrie de l'Outil à Découvert Simple	70
Figure III.20 : Outil à Découvert à Butées.	71
Figure III.21 : Principe de l'Outil à Contre-plaque à Engrenage	72
Figure III.22 : Système d'Outil à Contre - Plaque à Couteau.	73
Figure III.23 : Système d'Outil à Contre - Plaque à Couteau.	74
Figure III.24 : Principe d'un Outil Suisse	75
Figure III.25 : Guidage du flan sur un Outil de Reprise par diverses façons	75
Figure III.26 : Outils de Détourage Normal	76
Figure III.27 : Outils de Détourage à Ras	77
Figure III.28 : Outils de Détourage-Poinçonnage.	77
Figure III.29 : Schéma de principe d'un poste à came dans un outil	78
Figure III.30 : Outils à Came	78
Figure III.31 : Principe du travail d'un Outil d'Emboutissage Sans Serre-Flan	79
Figure III.32 : Outil d'Emboutissage à Serre-Flan, placé sur une Presse à Simple Effet	80
Figure III.33 : Outil d'Emboutissage à Serre-Flan, placé sur une Presse à Double Effets	80
Figure III.34 : Exemple d'Outil de Cambrage en V	81
Figure III .35 : Exemple d'Outil de Cambrage en U	81
Figure III.36 : Exemple d'Outil de Cambrage en Équerre	82
Figure III.37 : Exemple d'un Outil à Suivre avec sa mise en bande	83
Figure III.38 : Schéma d'une Presse Automatique	83
Figure. III.39 : Système de fixation des semelles sur un plateau de presse	84
Figure. III.40 : Plateau de la presse	84
Figure. III.41 : Système de fixation de la partie supérieure de l'outil	85
Figure III.42 : Coulisseau et plateau rainurés sur les Grosses Presses.	85

Chapitre IV

Figure IV .1 : Charnière inferieure d'un réfrigérateur ENIEM	88
Figure IV.2 : Dessin de définition de la pièce a réaliser	89
Figure IV.3 :	89
Figure IV.4 : Ancienne charnière	90
Figure IV.5 : Nouvelle charnière	90
Figure IV.6 : Etapes du processus de la fabrication de la charnière inferieure.....	91
Figure IV .7 : Le périmètre de la ligne de coupe du pas	93
Figure IV.8: Le détournage initial.....	94
Figure IV.9 : périmètre des trois poinçons de perçage	95
Figure IV.10 : Périmètre du poincon de détournage finale.....	96
Figure IV.11 : les plis figurent sur la charnière	98
Figure IV.12 : Classification des ressorts par couleur.....	103

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1 : Aciers d'usage général	11
Tableau I.2 :Caractéristiques des aciers inoxydables	15
Tableau I.3 : Composition chimique de l'acier inoxydable X8 Cr17	17
Tableau I.4 : Propriétés mécaniques de l'acier X 8 Cr 17	18

Chapitre II

Tableau III.1 démonstratif de la pression en fonction du matériau	36
Tableau. III.2 : La variation de la distance « a » suivant le rapport (R_i/e)	50
Tableau III.3 : Calcul de l'effort de pliage	53

Chapitre III

Tableau II.1 : Les différents matériaux utilisés	86
---	----

Chapitre IV

Tableau IV.1 : Ressort à couleur rouge (charge forte)	104
Tableau IV.2 : Caractéristiques du ressort choisi	104
Tableau. IV.3 : Caractéristiques de la presse à utiliser	105
Tableau. IV.4 : Valeurs de la longueur du flambage en fonction de la longueur réelle L	106



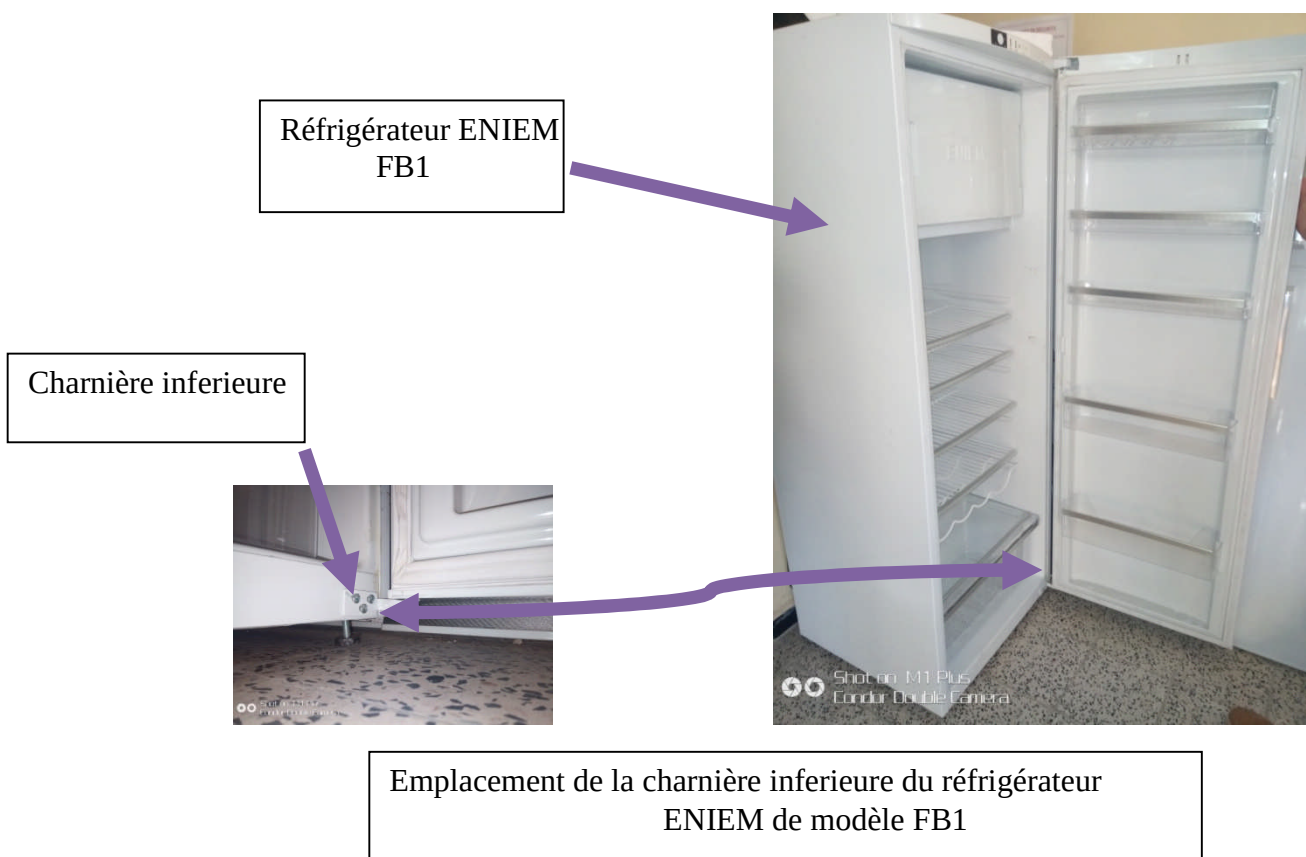
Etude et conception d'un outil a bande pour la réalisation d'une Charnière inférieure du réfrigérateur ENIEM de modèle FB1

Notre travail a pour but : « l'étude et la conception de l'outil à bande qui réalisera une charnière inférieure des nouveaux réfrigérateurs ENIEM FB1 ». Le processus de fabrication de cette charnière passe par plusieurs étapes : le découpage de la bande de tôle d'acier, le perçage, détournage et pliage. La tôle d'acier est fournie en format commercial standard, sous forme de bobines de deux (2) Tonnes.

Sachant que la charnière est en acier inoxydable X 8 Cr 17 (voir la Figure ci-dessous), celle-ci doit être remplacée vu que les services après-vente de l'ENIEM ont constaté que les portes cassées étaient l'un des problèmes que rencontraient les consommateurs faute de charnière tordue et porte qui ne tiennent pas en place ; voilà pourquoi l'unité froid de l'entreprise E.N.I.E.M, nous ont chargés d'étudier le cas et concevoir une nouvelle charnière qui sera se maintenir tout en respectant le budget de l'entreprise. Pour cela, l'objectif de ce projet est de concevoir, et réaliser l'outil nécessaire qui réalisera cette charnière.

Avec l'aide de Mr. HADID, Co-promoteur chef de service technique de l'unité froid, ainsi qu'avec l'immense suivi, et conseils de mon promoteur Mr ZIANI ...au département de Génie-Mécanique, à l'U.M.M.T.O,

Le processus de fabrication de cette charnière passe par neuf (9) étapes : le découpage de la bande de tôle d'acier, le découpage du pas, le perçage des trous de guidage, détournage, un autre perçage qui sera fileté pour accueillir le pied de la charnière et deux pliages consécutifs trois perçages de forme ovale ou passera les vis pour maintenir la charnière sur l'armoire du réfrigérateur et enfin le détournage final. On a étudié et conçu l'outil à bande qui réalisera cette charnière, afin d'avoir un produit local de bonne qualité à moindre coût.



Voici la figure en perspective de l'Outil à bande, à étudier et à concevoir pour la réalisation de la charnière inférieure (en tôle d'acier inoxydable X 8 Cr 17), des nouveaux réfrigérateurs ENIEM. Muni aussi d'autres éléments nécessaires qui sont cités dans le chapitre IV, afin d'avoir une solidité de l'outil et l'assurance de son fonctionnement.

Ce dernier sera fixé sur une presse mécanique, d'une capacité de 100 tonnes, car celui-ci a pour un effort maximal de 61.10 Tonnes-forces, qui ne doit impérativement pas dépasser l'effort de la presse.



Outil a bande fixé sur une presse de
100 Tonnes-Forces





Présentation de l'entreprise

Présentation de l'entreprise ENIEM

1. Présentation de l'entreprise [1]

L'Entreprise Nationale des Industries Électroménagères **ENIEM** est née après la restriction de l'entreprise mère SONELEC le 02 janvier 1983. Cette dernière a été renommée 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 dont le but est d'améliorer la recherche et le développement de ses produits, à l'échelle nationale.

Connu aujourd'hui, le leader de l'électroménager en Algérie, et cela, dans divers domaines tels que :

- La climatisation, la cuisson, la réfrigération et la conservation (Oued Aissi).
- Sanitaire (Miliana).
- Filiale lampe (Mohammedia).

Elle est située dans la zone industrielle AISSAT IDIR de Oued Aissi, à 7 Km du chef-lieu de la wilaya Tizi-Ouzou, à proximité de la route nationale. Ce qui facilite son accès. Sa direction générale est située à la sortie 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 (D.G).
- L'unité froid (U.F).
- L'unité cuisson (U. Cuis).
- L'unité climatisation (U.C.L).
- L'unité prestation technique (U.P.T).
- L'unité commerciale (U.C).
- L'unité sanitaire (U.S).
- La filiale FILAMP.

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

- Les réfrigérateurs petit et grand modèle (R.P.M et R.G.M).
- Le congélateur vertical.
- Le combiné.
- Cuisinières à 4 et 5 feux.
- Climatiseurs

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

2. Objectif social et champ d'activité

ENIEM est leader de l'Electroménager en Algérie, elle possède des capacités de production et une expérience de plus, de 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 des surfaces (peinture, plastification).
- Injection plastique et polystyrène.
- Fabrication de pièces métalliques.

- Isolation.
- Thermoformage.
- Assemblage.

3.3 Unité cuisson

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

Ses activités sont :

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

3.4 Unité climatiseur

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

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

3.5 Unité sanitaire

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

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

3.6 Filiale Filamp

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

4. politique de l'entreprise

L'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 principal face aux enjeux économiques, l'**ENIEM** a mis en oeuvre et développer 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 des services compétitifs.
- Développer la culture de l'entreprise et le professionnalisme de son personnel.
- Améliorer en continu, l'efficacité du système management de la qualité.

❖ 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 ses objectifs.

❖ Ses objectifs

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

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

4.2 Politique environnementale

La politique environnementale de l'ENIEM s'inscrit dans le développement durable en intégrant un management proactif dans le domaine de la protection de l'environnement. Pour y parvenir, l'ENIEM se base sur la prévention de toute pollution, la préservation des ressources, la sensibilisation et la formation, la responsabilisation 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 pour la réussite de ce projet

❖ Organigramme générale de l'ENIEM

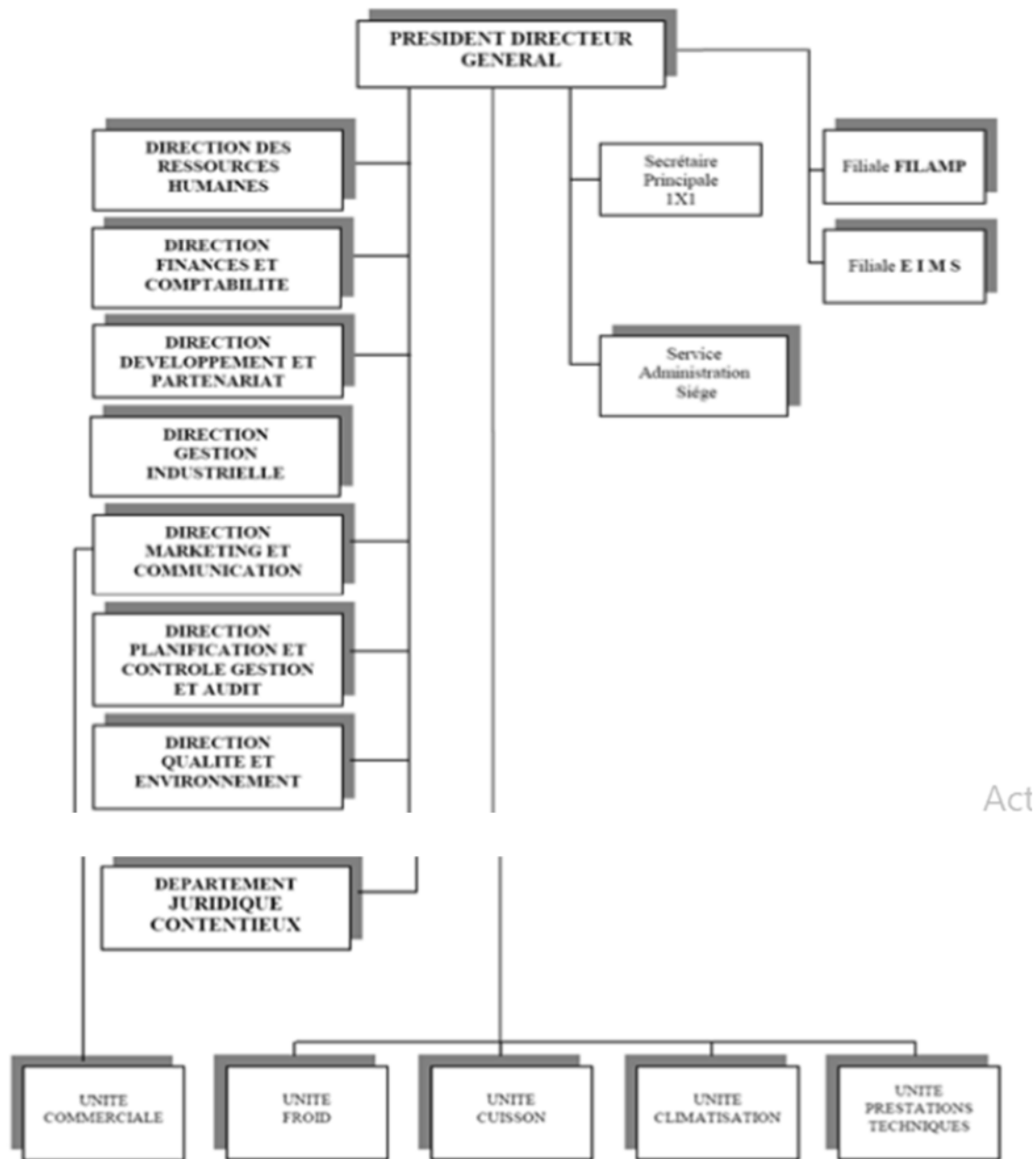


Figure 1 : Organigramme de l'entreprise ENIEM

❖ Organigramme de l'unité froid :

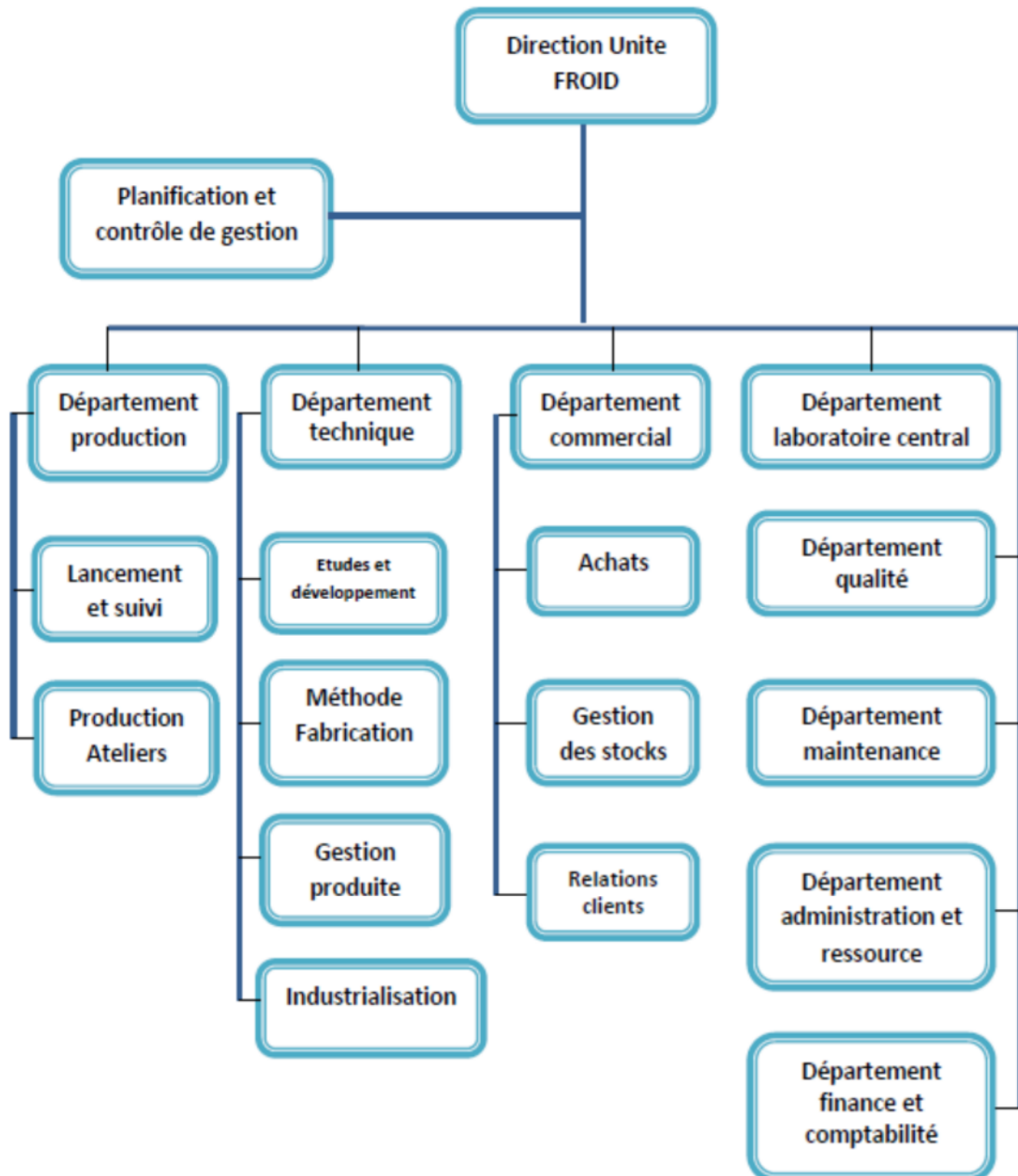
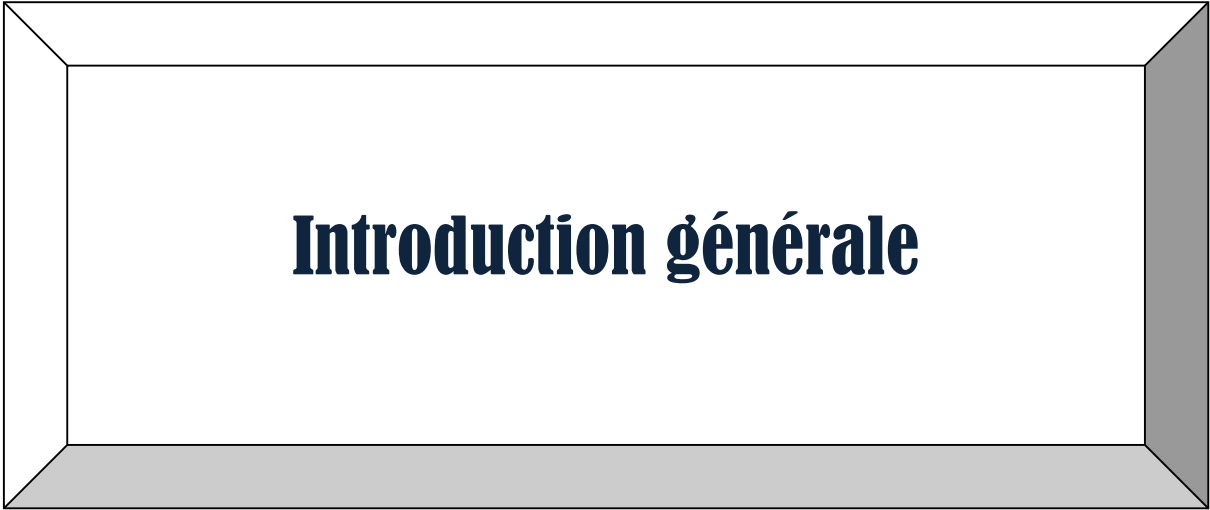


Figure 2 : Organigramme de l'unité froid.



Introduction générale

Introduction générale

Améliorer la fonctionnalité, le coût, le service, les méthodes de fabrication ; faciliter les déclinaisons de gamme et l'usage, donner une identité au produit, sont des exemples d'interventions du design sur la compétitivité et la qualité d'un produit, ces mêmes préoccupations sont au cœur du processus de création de nouveaux produits ceux-là nous mène à la diversification croissante de l'offre et de la demande, exigent une perception de plus en plus fine des marchés et des utilisateurs.

Pour faciliter les déclinaisons de gamme et d'usage, en améliorant principalement, la fonctionnalité, le coût et les méthodes de fabrication, et assurer ainsi une certaine durée de vie le concepteur ne peut pas modéliser ce qu'il ignore, il doit connaître les lois, et les normes pour élaborer les modèles ; Il a besoin d'évaluer rapidement, les grandeurs principales pour apprécier les résultats des calculs automatiques; Il doit savoir sur quels paramètres agir afin d'améliorer une solution, et il doit surtout traduire dans le concret, l'abstraction des modèles à l'aide des moyens informatiques modernes, et les logiciels dits de conception assistée par ordinateur (CAO), constituent des moyens puissants de calculs, d'analyse des structures mécaniques, dans divers secteurs. C'est le cas du secteur de l'industrie électroménagère, qui a connu un énorme développement, notamment des évolutions dans la conception, et les moyens de production. Grâce à l'intervention du design dans la conception de produits. On est arrivé à créer des produits compétitifs de haute qualité, et à fort rendement énergétique, tout en respectant les facteurs essentiels, entrant dans la production, en particulier l'environnement

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

Le secteur du développement du produit, de l'unité de présentation technique (UPT) froid nous a confié de faire soigneusement, une étude et une conception d'un outil à bande, pour la réalisation d'une charnière inférieure des nouveaux réfrigérateurs (FB1) ENIEM, afin de remplacer celle déjà existante, puisque cette dernière a tendance à fléchir et se casse dans certains cas lorsque la porte est surchargée.

Vue la forme de la pièce à réaliser (charnière inférieure), après discussion avec les responsables du service, on a opté pour la conception d'un outil, qui réalisera cette charnière, en passant par plusieurs opérations de mise en forme : « Poinçonnage et Détourage, pliage ». Pour ce projet de fin d'études, on a choisis de répartir les tâches du travail comme suit : Le travail débutera par une introduction générale, suivie d'une présentation détaillée de l'entreprise (ENIEM).

Le chapitre I de ce manuscrit est consacré à des généralités et caractérisations des aciers, notre pièce est réalisée avec l'acier inoxydable X 8 Cr 17.

Le chapitre II, est consacré à des généralités sur les différentes presses mécaniques et leurs Outils.

Le chapitre III, qui cite les procédés d'obtention des tôles, qui traite les différents procédés de mise en forme des pièces mécaniques, par déformation plastique, ainsi que les différents paramètres influents, dans ces procédés.

Le chapitre IV, est le cœur de ce travail, c'est l'étude et la conception de l'outil à bande. Réservé aux différents calculs des efforts, aux dimensionnements, aux choix des matériaux, pour les différents éléments de l'outil, ainsi que le choix de la presse à utiliser. Le travail ainsi effectué, nous permet de tirer une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I :
Généralités et caractérisations des
aciers

Chapitre I : Généralités et caractérisations des aciers

I.1 Introduction

Sur le plan technologique, les aciers et les alliages à base de fer sont toujours d'une importance capitale, puisqu'on les trouve, sous une forme ou sous une autre, dans presque tous les domaines : de l'électroménager aux ouvrages d'art, en passant par l'automobile, l'aérospatiale, la quincaillerie et la chirurgie orthopédique. Les aciers et les fontes constituent, en masse, environ 90% de la production mondiale de matériaux métalliques. L'histoire de l'évolution technologique de civilisations est d'ailleurs étroitement liée au développement des alliages à base de fer. Cette importance technologique repose sur plusieurs facteurs : les alliages ferreux se prêtent facilement à une production de masse, ils sont bon marché et, surtout, on peut leur faire acquérir des propriétés très variées notamment en recourant aux traitements thermiques et à l'addition d'éléments d'alliage, ce qui permet de les adapter aux exigences de fabrication et d'utilisation les plus diverses.

Dans ce chapitre, nous étudierons les diverses familles d'alliages à base de fer, soit les aciers au carbone d'usage général, les aciers de traitements thermiques, les aciers à outils, les aciers inoxydables et les fontes.

I.2 Généralités sur les aciers

I.2.1 Définition

Les aciers sont essentiellement des alliages de fer et de carbone, qui contiennent en outre certains autres éléments introduits en faibles quantités au moment de leur élaboration (dans les aciers alliés, on introduit par exemple des éléments d'alliage dans le but de modifier les propriétés des aciers de base). Dans tous les cas, la teneur en carbone des aciers est inférieure à 1.5%. En fonction du nombre d'éléments d'alliage ajoutés au fer et de leur teneur, les aciers présentent un très grand nombre de nuances différentes. On peut classer les divers types d'alliages à base de fer selon leur composition chimique ou selon leur domaine d'utilisation. C'est cette dernière classification que nous adoptons ici et qui nous permet de considérer les quatre familles suivantes :

- Les aciers au carbone d'usage général ;
- Les aciers de traitements thermiques, alliés ou non ;
- Les aciers à outils ;
- Les aciers inoxydables.

Il existe d'autres alliages à base de fer qui ne sont pas des aciers, comme les fontes et les ferroalliages.

I.2.2 Éléments constituant les aciers [2]

I.2.2.1 Éléments d'élaboration

Qui sont le silicium (Si) et le manganèse (Mn), dont le pourcentage reste inférieur à une valeur donnée.

I.2.2.2 Éléments d'addition

Comme le chrome (Cr), le nickel (Ni), le molybdène (Mo),...ils sont ajoutés volontairement à l'acier pour lui conférer des propriétés intéressantes.

I.2.2.3 Éléments nuisibles

Comme le soufre (S), le phosphore (P) et le plomb (Pb), dont les teneurs ne doivent pas dépasser le centième de % ou parfois le millième de %.

I.2.3 Microstructure des aciers [3]

Pour comprendre le comportement et les propriétés des divers types d'aciers, il est nécessaire de comprendre leurs microstructures. Cette microstructure contient des imperfections ou défauts des réseaux cristallins et la texture.

❖ La structure cristalline :

Un acier est formé d'une multitude de petits volumes appelés grains qui sont limités par des surfaces appelées joints de grains ; les grains accolés les uns aux autres suivant les joints de grains, forment un empilage régulier d'atomes dans les 3 dimensions, selon un motif (ou maille) qui se répète un grand nombre de fois. L'ensemble de ces atomes constitue la structure cristalline de l'acier.

I.3 Les différents types d'acier

I.3.1 Aciers ordinaire [4]

Les aciers d'usage générale ou ordinaires sont des alliages Fe-C de teneur en carbone inférieure à 2,11%, dans lesquels les teneurs des éléments d'élaboration Si, Mn parfois Al ainsi P, S et Cu (quelques millièmes %) sont relativement faibles, Ces éléments sont introduits par suite de nécessité technique ; il existe deux catégories de ces aciers :

* les aciers ordinaires d'usage général

* les aciers ordinaires pour traitement thermique

I.3.1.1 Les aciers ordinaires d'usage général

Ce sont des aciers de construction (mécanique, métallique) employés dans la fabrication des éléments des machines, certaines parties de moule d'injection plastique et travaux de chaudronnerie.

En général, la teneur en carbone de ces aciers ne dépasse pas 0,5 à 0,6%, comme ils présentent des propriétés mécaniques élevées et ils doivent posséder également de bonnes propriétés technologiques.

Tableau I.1 : Aciers d'usage général.

Nuance	Pourcentage de carbone (C)	Résistance R_m (MPa) état recuit	Emplois
extra-doux	$C < 0,15$	330-420	tôles pour carrosserie, feuillards, quincaillerie, pièces de forge
doux	$0,15 < C < 0,20$	370-460	charpente métallique, profilés, construction mécanique courante, boulons, fils ordinaires
demi-doux	$0,20 < C < 0,30$	480-550	pièces de machines pour applications mécaniques, pièces ou bâtis moulés, pièces forgées
demi-dur	$0,30 < C < 0,40$	550-650	petit outillage, éléments de machines agricoles, organes de transmission
dur	$0,40 < C < 0,60$	650-750	pièces d'outillage, d'armement, glissières, rails et bandages, ressorts, coutellerie, pièces moulées et traitées
extra-dur	$0,60 < C$	> 750	outils d'usinage et découpe, câbles, ressorts

I.3.1.2 Propriétés des aciers ordinaires

Les principales propriétés de ces aciers susceptibles d'être améliorées sont, comme suit :

- Une résistance mécanique à l'état normalisé ou à l'état recuit ;
- La trempabilité ;
- Une bonne soudabilité ;
- Une tenue à chaud ;
- Une résistance à l'usure et à la corrosion ;
- Insensible au traitement thermique ;
- Amélioration des propriétés par écrouissage ;
- Limite d'élasticité intéressante.

I.3.1.3 Désignation des aciers ordinaires [5]

Selon la norme **NF EN 10027**, les aciers ordinaires sont désignés suivant deux classes. La désignation commence par la lettre **S** pour les aciers d'usage général, et par la lettre **E** Pour les aciers de construction mécanique ; le nombre qui suit indique la valeur minimale de la limite d'élasticité de l'acier, (en MPa).

S235 : Acier d'usage général, avec : **Re** = 235 MPa

E335 : Acier de construction mécanique, avec : **Re** = 335 MPa

a. Les aciers ordinaires pour traitements thermiques

L'acier ordinaire pour traitement thermiques est désigné par les lettres CC (au par avant une seule lettre C) signifiant acier carbone, ou par les deux lettres XC s'il s'agit d'un acier a teneur en soufre et en phosphore inférieure (minime) par rapport au précédent (CC), comme il peut se constituer d'une lettre S garantissant la soudabilité.

I.3.2 Aciers de traitement thermique

Avant d'étudier les aciers de traitement thermique, il nous faut d'abord déterminer quelles sont les diverses nuances d'aciers qui peuvent s'y prêter, selon les buts visés, on distingue trois types de traitement :

- Les recuits (traitement d'adoucissement et de régénération)
- Les traitements thermiques dans la masse
- Les traitements de surface.

Les aciers alliés ou non alliés de traitements thermiques sont définis, en fonction de leurs composition chimique. Cette dernière permet de déterminer les traitements qu'on peut leur appliquer en fonction des propriétés recherchées.

I.3.2.1 Aciers alliés

Les aciers alliés sont essentiellement des alliages Fe-C contenant des éléments normaux d'élaboration comme ceux des aciers non alliés (Mn, Si, S, P) relativement faibles. De plus, ils sont additionnés au moins d'un troisième élément M en proportion suffisante pour obtenir une modification ou amélioration d'une propriété ou de l'ensemble des propriétés de l'acier.

Ils se divisent en deux aciers qui sont :

- A- les aciers faiblement alliés.
- B- les aciers fortement alliés.

A- Aciers faiblement alliés [6]

Ce sont des aciers alliés dans lesquels la teneur en éléments d'addition ne dépasse pas 5 % leur désignation est précédée par un nombre égal a cent fois la teneur moyenne centésimale en carbone, puis elle s'ensuit par les diverses teneurs en élément d'addition classées d'une manière décroissantes.

Le nombre indiquant la teneur s'obtient par la multiplication de la teneur pourcent par 4 s'il s'agit de (Cr, Co, Mn, Ni, Si, W) ou par 10 pour Al, Cu, Ti, V, Mo et par 100 pour les éléments d'addition : C, S, P, N

B -Aciers fortement alliés

Ce sont des aciers dont la teneur des éléments d'adition dépasse 5%. Ils sont désignés comme les précédents, toutefois la désignation est précédée de la lettre Z, et les teneurs pourcent sont indiquées sans modification à part le carbone. Ce type d'acier est utilisé pour l'amélioration de certaines applications ou il y a une insuffisance de propriétés des aciers non alliés, par exemple :

- l'amélioration de la trempabilité par les aciers alliés pour traitements thermiques.
- l'emploi des aciers inoxydables dans les milieux agressifs.
- l'emploi des aciers réfractaires a la température extrême.

I.3.2.2 Aciers non alliés [18]

Ces aciers sont intermédiaires entre des aciers d'usage général de type A, et des aciers fins de type XC; On peut leur faire subir un traitement thermique mais les caractéristiques mécaniques obtenues peuvent - être assez variables d'un lot à l'autre, et aussi à l'intérieur du même lot. Selon la norme NF EN 10027, la désignation des aciers non alliés se compose de la lettre C suivie du pourcentage de la teneur moyenne en carbone multipliée par 100. Ces aciers sont employés en constructions mécaniques, conviennent aux traitements thermiques, et au forgeage.

I.3.3 Aciers a outils

Pour toutes les étapes de fabrication, quel que soit le procédé employé, on a besoin d'outils dont les conditions d'utilisation peuvent être très variée. Même si les aciers a outils ne représentent qu'environ 0.1% de la production mondiale d'aciers, leur importance technologique reste primordiale. Le nombre de nuances d'aciers a outils est très élevé (aux Etats-Unis, on en compte plus de 75), et chacune d'elles est conçue en fonction d'une utilisation spécifique. **Le tableau (I.2)** suivant présente quelques-unes de ces nuances, ainsi que des exemples de leur utilisation (il peut sembler y avoir certains recoupements, mais il n'en est rien, car les conditions de service peuvent varier en fonction de l'outillage).

I.3.4 Elément d'addition

L'élément d'alliage des aciers a outils exercent des actions similaires à celles que nous avons étudiées mais leurs teneurs sont souvent beaucoup plus élevées. Les éléments dont l'affinité pour le carbone est très forte (Mo, V, W) jouent ici un rôle de premier plan, car ils forment des carbures très stables qui s'opposent à la croissance des grains au cours de l'austénisation. Ces carbures sont par ailleurs très durs, et ils augmentent considérablement la résistance à l'usure et au fluage. Ils sont en outre complexes. Avec des additions massives de tels éléments, la teneur en carbone peut dépasser 2%.

I.3.5 Aciers inoxydables

Les aciers inoxydables comprennent un ensemble de familles d'alliages à base de fer dont la principale propriété est la résistance à la corrosion généralisée. Toutefois, bien qu'on les qualifie d'inoxidables, ces aciers ne sont pas dans tous les cas totalement exempts d'une possibilité de corrosion.

Le chrome est l'élément essentiel qui, à des teneurs supérieures à environs 12% rend l'acier inoxydable en favorisant, en milieu oxydant, la formation d'un film passif à sa surface.

I.3.5.1 Choix de la nuance des aciers inoxydables [7]

Le choix de la nuance dépend principalement :

- Des conditions atmosphériques et environnementales.
- De la conception architecturale.
- De l'aspect de surface à obtenir.
- De la fréquence des entretiens.

Le chrome assure la résistance à la corrosion, le nickel améliore la ductilité et la résistance à certaines formes de corrosion.

Le traitement de finition est très important pour les qualités de résistance à la corrosion.

Le Tableau suivant donne les Caractéristiques des aciers inoxydables pour faciliter leurs Choix :

Tableau. I.2:Caractéristiques des aciers inoxydables.

Désignation	Type	Description	Application
X 4 Cr Ni 18 10	304	18% de Chrome, 10% de Nickel Code de couleur : Jaune.	Eviers, architecture, échappement automobile, coutellerie, vaissellerie, tuyauterie....etc.
X 1 Cr Ni 18 12 X 1 Cr Ni 18 09	304L	Moins de carbone que l'acier 304.	Brasserie, laiterie, industriel alimentaire et pharmaceutique
X 8 Cr Ni 18 12	305	18% de Chrome, 12% de Nickel Formage : Bon.	Identique à l'inox 310.
X 1 Cr Ni 23 14	309	23% de Chrome, 14% de Nickel Résistance élevée à l'oxydation	
X 1 Cr Ni 25 20	310	25% de Chrome, 20% de Nickel Résistance très élevée à l'oxydation.	Fours, usines métallurgique, échanges calorifiques.
X 3 Cr Ni Mo 17 11 2	316	17% de Chrome, 11% de Nickel, et 2% de Molybdène Résistance élevée à la corrosion.	Usines chimiques et pétrochimiques, architecture , brasseries.
X 2 Cr Ni Mo 17 12	316L	Moins de carbone que le 316 Code de couleur : Rouge.	Pétrochimie, marine, hôpitaux, équipements pour la restauration

X 2 Cr Ni Mo 18 12 2	317	18% de Chrome, 12% de Nickel, 2% de Molybdène Résistance très élevée à la corrosion	Usines chimiques et pétrochimique, distillation d'acide acétique
X 2 Cr Ni Mo 19 15 4	317L	Moins de carbone que le 317	
X 6 Cr Ni Ti 18 10	321	18% de Chrome, 10% de Nickel, et du Titane. Code de couleur : Bleu.	Pièces pour aviation, industrie chimique et pétrochimique, éléments de chauffage.
X 6 Cr Ni Ti S 18 10	325	Contient du Soufre, (usinage facilité).	
X 6 Cr Ni Nb 18 10	347	18% de Chrome, 10% de Nickel, et du Niobium. Résistance à la sensibilisation et à l'acide nitrique concentré.	Usines de transformation, pièces pour l'aviation
Aciers martensitiques : magnétiques, trempe possible, résistance modérée à la corrosion.			
X 10 Cr 13	410	13% de Chrome.	Pièces pour pompes et turbines, mécanique générale, lame de couteaux, valves.
X 11 Cr S 13	416	13% de Chrome, contient du soufre, (usinage facilité par rapport à l'inox 410).	Construction, wagons de chemins de fer, transport miniers.
X 20 Cr 13	420	Résistant à la chaleur.	
X 15 Cr Ni 16 2	431	16% de Chrome, 2% de Nickel.	
Aciers ferritiques : magnétiques, aciers au chrome, résistant à la corrosion due aux chlorures			
X 18 Cr 17	430	17% de Chrome.	Eviers, décoration, garniture automobile.
X 11 Cr Mo 17 1	434	17% de Chrome, 1% de Molybdène. Résistant à la corrosion atmosphérique et au piquage.	Système d'échappements des automobiles.
X 3 Cr Ti 12	409	12% de Chrome et du Titane Soudable jusqu'à 2.5 mm d'épaisseur.	Construction, wagons de chemins de fer, transport miniers.
X 3 Cr 12	403	Inox 409 modifié. Soudable en section renforcé. Formage possible.	
Aciers austénitiques : amagnétiques, aciers au chrome et nickel, bonne soudabilité, bonne résistance générale à la corrosion.			

X 11 Cr Ni 17 8	301	17% de Chrome, 8% de Nickel Formage possible	Construction, ressorts, plaques de friction de protection
X 10 Cr Ni 18 9	302	18% de Chrome, 9% de Nickel Formage : Bon	Ressorts et produits exigeant une bonne résistance à la fatigue. Lame d'interrupteur, pièces pour horlogerie.
X 8 Cr Ni S 18 9	303	Usinage plus facile que l'inox 302.	Poulies, engrenages, crémaillère. Usinage en série, automates

1. Caractéristiques de l'acier inoxydable X8 Cr17

Ce matériau est un acier inoxydable ferritique, il a une teneur en chrome supérieure à 10,5%. L'inox ferritique, comme tous les aciers inoxydables, se protège en continu de la corrosion grâce à la couche protectrice d'oxyde de chrome qui se forme naturellement et rapidement à sa surface, par contre, il ne contient pas de nickel (contrairement aux autres aciers inoxydables). Il n'est pas trempable et fortement magnétisable. Du fait de sa structure ferritique, cet acier est moins résistant à la corrosion que les aciers inoxydables de la famille 300.

2. Composition chimique

Selon la norme **DIN**, la composition chimique (en %), de l'acier inoxydable X8 Cr17 est la suivante (**Tableau I.3**)

Tableau. I.3 : Composition chimique de l'acier inoxydable X8 Cr17.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Autres
<0.08	<1.00	<1.00	<0.04	<0.030'	16-18	-	-	-
'S 0.015% pour tôle et feuillard à chaud.								

3. Propriétés mécanique

Les principales propriétés mécaniques de l'acier inoxydable X8 Cr17, sont les suivantes voir le **Tableau I.4** :

- ✓ La résistance à la rupture : $R_m = (450 - 600 \text{ MPa})$
- ✓ La limite d'élasticité : $R_e = 270 \text{ MPa}$
- ✓ Allongement à la rupture : $A\% = 20\%$:

Tableau. 1.4 : Propriétés mécaniques de l'acier X 8 Cr 17.

Etat	Limite élastique $R_{p0.2}$ [MPa]				Résistance de rupture R_m [MPa]	Allongement de rupture A_5 [%]	Dureté Vickers [HV]
	20°C	100°C	200°C	300°C			
Recuit	270	-	-	-	450 - 600	20	135 - 180

4. Mise en œuvre

L'aptitude au formage de cet acier dépend essentiellement de l'épaisseur du matériau. Il reste à éviter les pliages à angles vifs parallèles au sens du laminage, ou adopter des rayons d'au moins le double de l'épaisseur. Le formage doit avoir lieu à température ambiante ou au-dessus, en raison de la fragilité intrinsèque des aciers ferritique. Les paramètres d'usinage sont comparables, à ceux de l'acier doux.

D'un autre côté, cet acier est soudable conditionnellement par point, par résistance, à l'électrode enrobée ou par TIG/MIG. Un préchauffage entre 100 et 300°C, dépendant du métal d'apport, est nécessaire pour les épaisseurs supérieures à 3 mm.

Un traitement thermique entre 700 et 800°C consécutif au soudage est nécessaire pour restaurer la résistance à la corrosion inter cristalline.

5. Domaines d'application

Les domaines dans lesquelles l'acier X8 Cr17 est applicable, sont principalement dans les secteurs relater à la santé humaine; Les principaux sont :

- La fabrication des ustensiles de cuisine.
- L'appareillage ménager.
- La construction automobile.

6. Les avantages de l'utilisation de l'acier inoxydable ferritique X8 Cr17

Les principaux avantages de l'utilisation de l'acier inoxydable ferritique X8 Cr17 dans l'industrie de l'électroménager, sont :

- Apte au contact alimentaire.
- Hygiénique et facile à nettoyer.
- Résistant au feu, à la température, à la corrosion, et aux acides.
- Résistant aux chocs.
- 100% recyclable.

I.3.6 Les aciers ferritiques

Ces aciers ne prennent pas la trempe, ils sont appelés ferritiques parce que leur structure cristalline est la même que celle du fer, à température ambiante. Ils possèdent une teneur en carbone très faible (de l'ordre de 0,07% de carbone), la teneur en chrome est comprise entre 11 et 29%, et ne contiennent pas de nickel.

Les aciers ferritiques sont magnétiques, à température ambiante. Ils sont moyennement ductiles.

I.3.7 Les aciers martensitiques

Ces aciers peuvent prendre les traitements thermiques et sont susceptibles de donner des caractéristiques mécaniques variées suivant la teneur en carbone.

Toutefois, il faut noter que l'accroissement des caractéristiques par la trempe et le revenu est inévitablement associé à une augmentation de la sensibilité à la corrosion. Les aciers martensitiques sont en général moins résistants à la corrosion que les aciers ferritiques. Les aciers martensitiques, les plus courants ont une teneur en chrome de 13% et des teneurs en carbone supérieures à 0,08%. (Exemple d'utilisation : lames de couteaux de cuisine).

I.3.8 Les aciers austénitiques

Il existe deux sortes d'aciers austénitiques :

► Les austénitiques au Chrome-Nickel (18% de Chrome et 8% de Nickel), sont très résistants à la corrosion grâce à la présence du chrome, sont aussi très ductiles. Ces aciers ont une structure cubique à faces centrées à température ambiante. Cette structure est non magnétique, et peut - être conservée à la température ambiante grâce à des éléments d'alliage appropriés dont le plus connu est le nickel.

► Les aciers austénitiques au Chrome-Nickel-Molybdène (18% de Chrome, 10% de Nickel et 2% de Molybdène), sont destinés pour les milieux les plus agressifs.

I.4 Différentes phases du fer

S'il est possible de faire varier dans de très larges limites les propriétés d'un acier de composition chimique donnée, c'est grâce à l'existence des transformations allotropiques que présente le fer et du rôle que joue le carbone dans ces transformations. L'une des caractéristiques essentielles du fer est l'existence de deux types d'arrangement des atomes (maille) suivant la température : cubique centré, de la température ambiante jusqu'à 910°C et cubique à faces centrées de 910°C jusqu'à 1394°C, et au-delà, elle est cubique centrée.

I.5 Variétés allotropique et magnétique du fer [8]

Le Fer existe sous deux variétés allotropiques différentes, c'est-à-dire avec deux formes cristallines : CC et CFC.

À des basses températures et jusqu'à 912°C (A3), ses atomes sont disposés suivant un réseau cubique centré (CC) : On l'appelle alors Fer α . Le fer α ne dissout pratiquement pas le carbone : 0.02%C au maximum à 723°C , moins de 0.01%C à 300°C .

À des températures supérieures à 912°C et jusqu'à 1394°C (A4) le réseau cristallin est du type cubique à faces centrées (CFC) : on l'appelle Fer γ . Le fer γ dissout facilement le carbone : 0.8%C à 723°C , 2.14%C à 1147°C .

Au-dessus de 1394°C et jusqu'au point de fusion à 1538°C , le fer retrouve la structure cubique centrée du Fer α : On l'appelle alors Fer δ . Il dissout un peu mieux le carbone que le Fer α (0.07%C au maximum à 1493°C).

Jusqu'à 768°C (A2) point de Curie, le fer est ferromagnétique, au-delà il devient paramagnétique. Le caractère ferromagnétique se dit d'une substance qui peut prendre une forte aimantation.

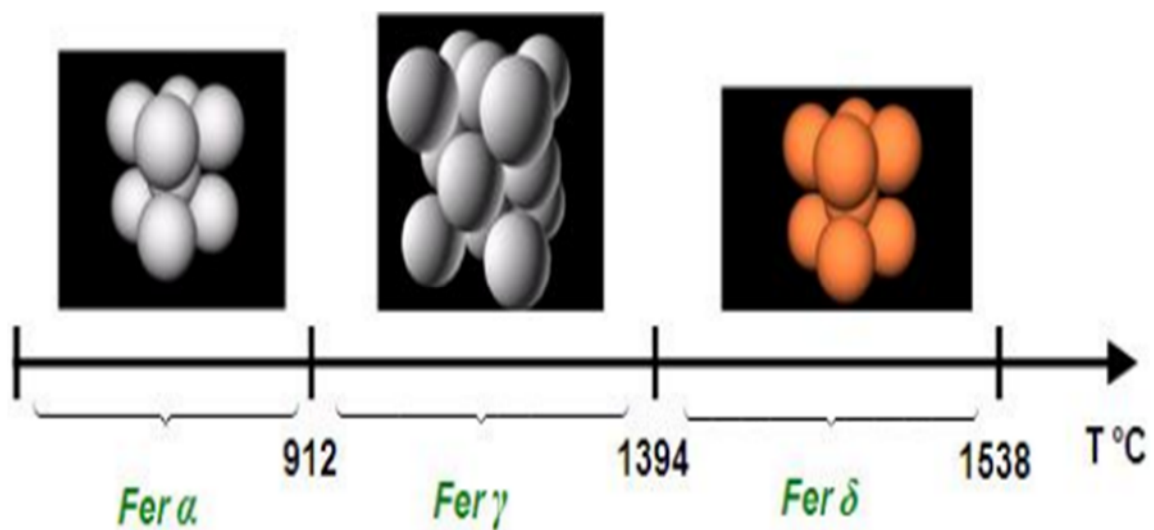


Figure I.1 : Transformation allotropique du fer

I.6 Les différentes phases du système Fer-Carbone

I.6.1 La ferrite α

Solution solide d'insertion de carbone dans le Fer α , à structure cubique centrée. Elle est relativement tendre ($HB \approx 80$), peu tenace ($R \approx 300$ MPa), mais très ductile ($A \approx 35\%$).

I.6.2 La ferrite δ

Solution d'insertion de quelques atomes de carbone dans le fer δ . Sa structure est cubique centré CC. Il se forme à la marge 1394-1538 °C et renferme 0.11% de carbone.

I.6.3 L'austénite γ

Solution solide d'insertion d'atome de carbone dans le Fer γ , à structure cubique à face centrée, la quantité de carbone atteint $\approx 2\%C$ à 1145°C. Il est stable qu'à haute température. L'austénite est très ductile.

I.6.4 La cémentite (Carbone de fer Fe_3C)

La cémentite est un composé chimiquement défini CCD. Sa décomposition égale à 6,67% en masse de carbone, en état métastable. La cémentite se présente sous forme de lamelles ou de globules dans la perlite ou d'aiguilles dans les fontes blanche. Elle est très dure et très fragile.

I.6.5 La perlite

Agrégat eutectoïde ayant une structure de lamelles alternées de ferrite et de cémentite. Ce constituant contient 0.8%C, La perlite est dure ($HB \approx 200$), résistante ($R_m \approx 850$ MPa) et assez ductile ($A \approx 10\%$).

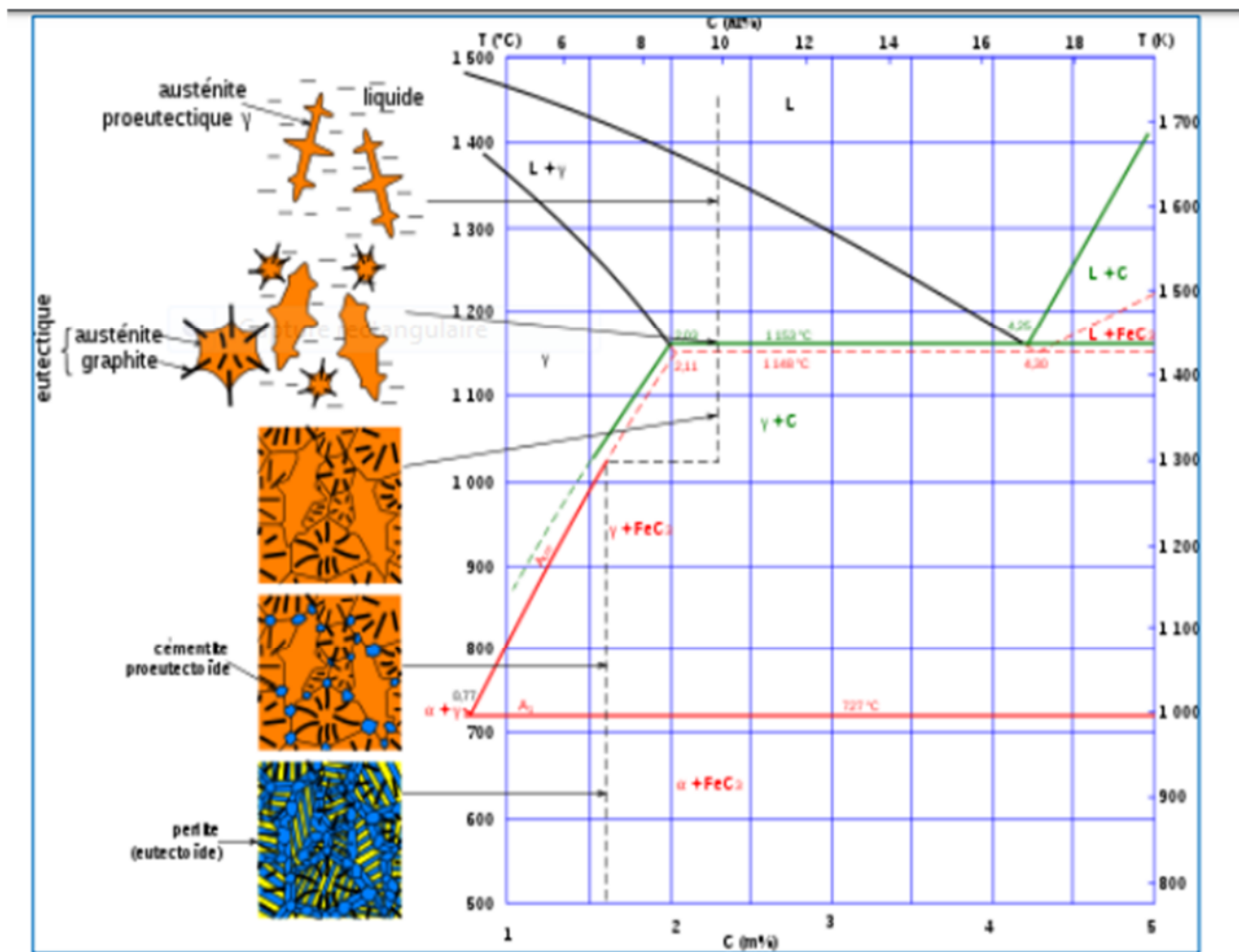


Figure 1.2 : Illustration schématique des principaux constituants du système Fe_3-C

I.7 Diagramme d'équilibre Fer-Carbone

I.7.1 Diagramme stable- diagramme métastable

L'étude dans les conditions d'équilibre des alliages Fe-C, montre qu'ils subissent deux types d'évolution :

La première produit une phase riche en carbone de formule Fe_3C appelé carbone de fer ou cémentite. Le diagramme correspondant est dit métastable ou à cémentite.

La deuxième forme une phase riche en carbone qui reste à l'état de graphite pur Cgr, qui a une miscibilité nulle avec le fer. Le diagramme correspondant est dit stable ou à graphite. Son obtention exige la décomposition du carbone Fe_3C en refroidissant avec une vitesse très lente et en ajoutant un catalyseur à grande pouvoir de graphitisation tel que le silicium.

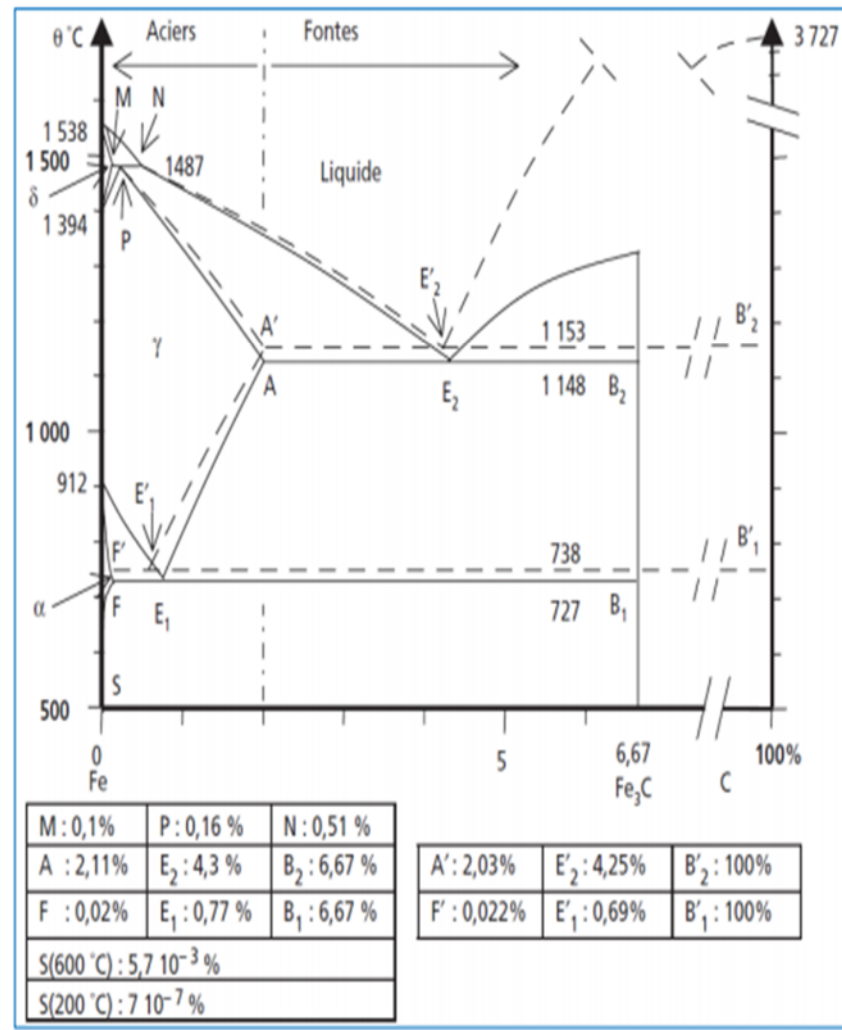
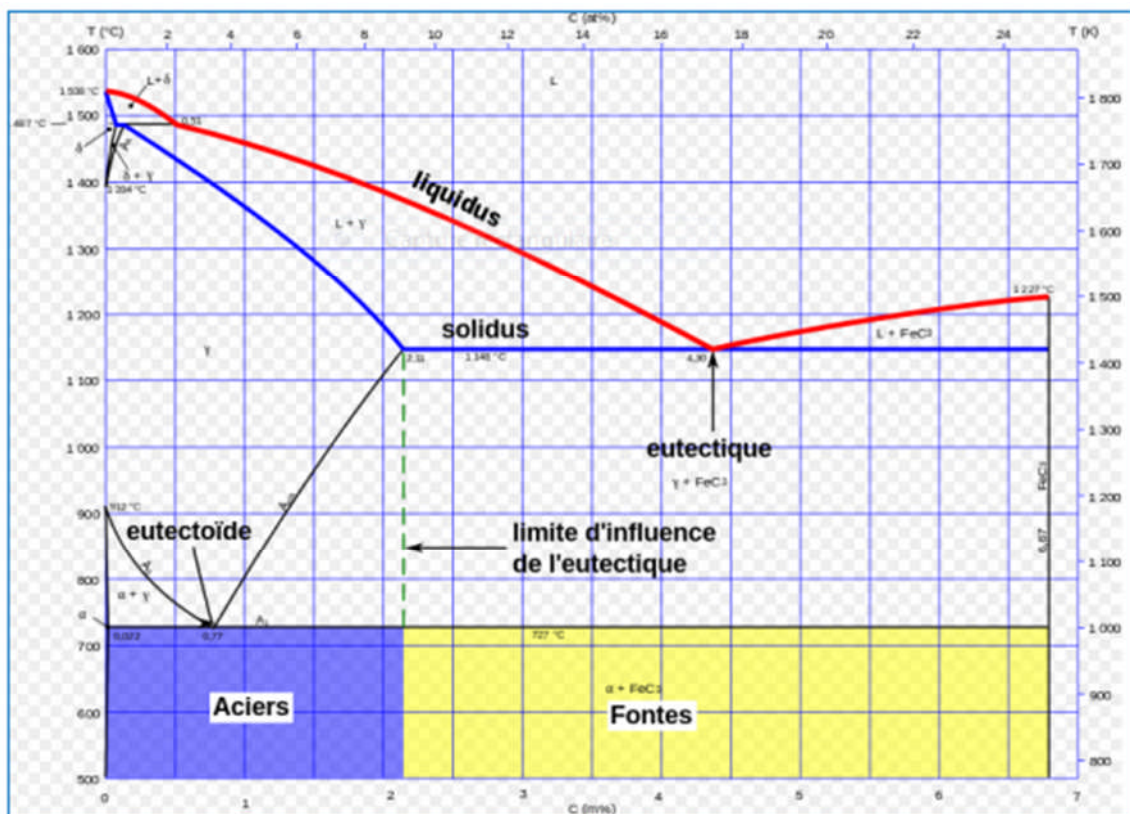


Figure I.3 : Diagrammes Fe-C pour les aciers et les fontes en pointillés : diagramme stable Fe-C en trait pleins : Diagramme métastable Fe-Fe₃C

I.7.2 Analyse du diagramme Fer-carbone à cémentite

Le diagramme d'équilibre Fer-carbone est très utile pour comprendre les aciers, les fontes et les traitements thermiques. Il est limité à droite par la cémentite Fe₃C (6.67%C) et fait apparaître les deux grandes familles de métaux ferreux : les aciers (entre 0.008%C et 2%C) et les fontes (de 2%C à 6.67%C).

Figure I.4 : Diagramme métastable Fe₃-C

1) Courbes

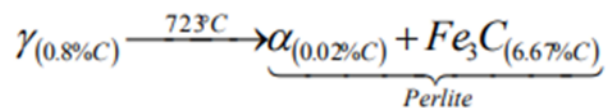
- ❖ **Acm**: indique la fin de la dissolution après dissociation, de la cémentite dans l'austénite lorsque celle-ci existe.
- ❖ **A0** : (210°C) précise la température de la transformation magnétique de la cémentite.
- ❖ **A1** : précise la fin de la transformation au refroidissement de l'austénite. L'austénite n'existe plus au-dessous de cette ligne.
- ❖ **A2** : (point de Curie $\approx 768^\circ\text{C}$) précise la température de la perte de magnétisme du Fer α . en générale ce point ne figure pas sur le diagramme Fer-C.
- ❖ **A3**: précise la fin de la transformation au chauffage de la ferrite en austénite .La ferrite n'existe plus au-dessus de cette ligne.
- ❖ **A4**: précise la fin de la transformation au chauffage de l'austénite en ferrite δ et/ou liquide. L'austénite n'existe plus au-dessus de cette ligne. On peut trouver Ac3, Ac4... pour indiquer que le point est tracé en chauffage, ou Ar3, Ar4 lorsqu'il s'agit de refroidissement.

2) Les transformations

Le diagramme Fer-carbone contient trois réactions isothermes caractérisées par des paliers : **Eutectique à 1147°C** : il marque la température minimale d'existence du liquide. **Eutectoïde à 723°C (A1)**. Il marque la fin de la transformation au chauffage de la perlite en austénite. Au-dessus de 723°C, la perlite n'existe plus **Péritectique à 1487°C**, mais d'importance négligeable de point de vue industrielle.

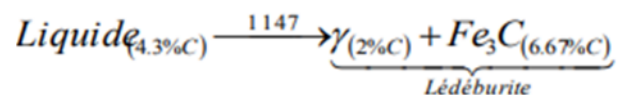
❖ Réaction eutectoïde

Un premier point remarquable doit être noté, correspondant à la teneur de 0.8%C à 723°C, ce point est dit eutectoïde ; les aciers qui contiennent moins de 0.8%C sont dits hypoeutectoïdes et ceux qui sont plus carburés hypereutectoïdes.



❖ Réaction eutectique

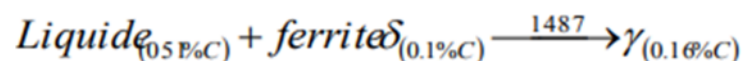
Un deuxième point remarquable doit être noté correspondant à la teneur de 4.3% de carbone à 1147°C, ce point est dit eutectique. A la température eutectique il existe trois phases en équilibre.



Le liquide se solidifie, pour former les phases d'austénite et de cémentite on l'appelle lédéburite

❖ Réaction péritectique

Un troisième point remarquable correspondant à la teneur de 0.51% de carbone à 1487°C, ce point est dit péritectique.



I.8 Étude du refroidissement du diagramme métastable Fe₃-C

I.8.1 Cas de l'acier hypoeutectoïde à 0.4%C

À **T₁** : Apparition des premiers cristaux de la ferrite α proeutectoïde.

À **T = 727 + ϵ** , les fractions massiques des différentes phases présentes sont :

À cette température l'austénite a une composition chimique très proche à celle de l'eutectoïde soit $\approx 0.77\%C$.

À **T = 727** : Température de transformation eutectoïde, L'austénite γ subit la transformation eutectoïde pour donner naissance à la perlite. La structure finale typique des aciers hypoeutectoïdes à la température ambiante est : **Ferrite proeutectoïde + perlite**

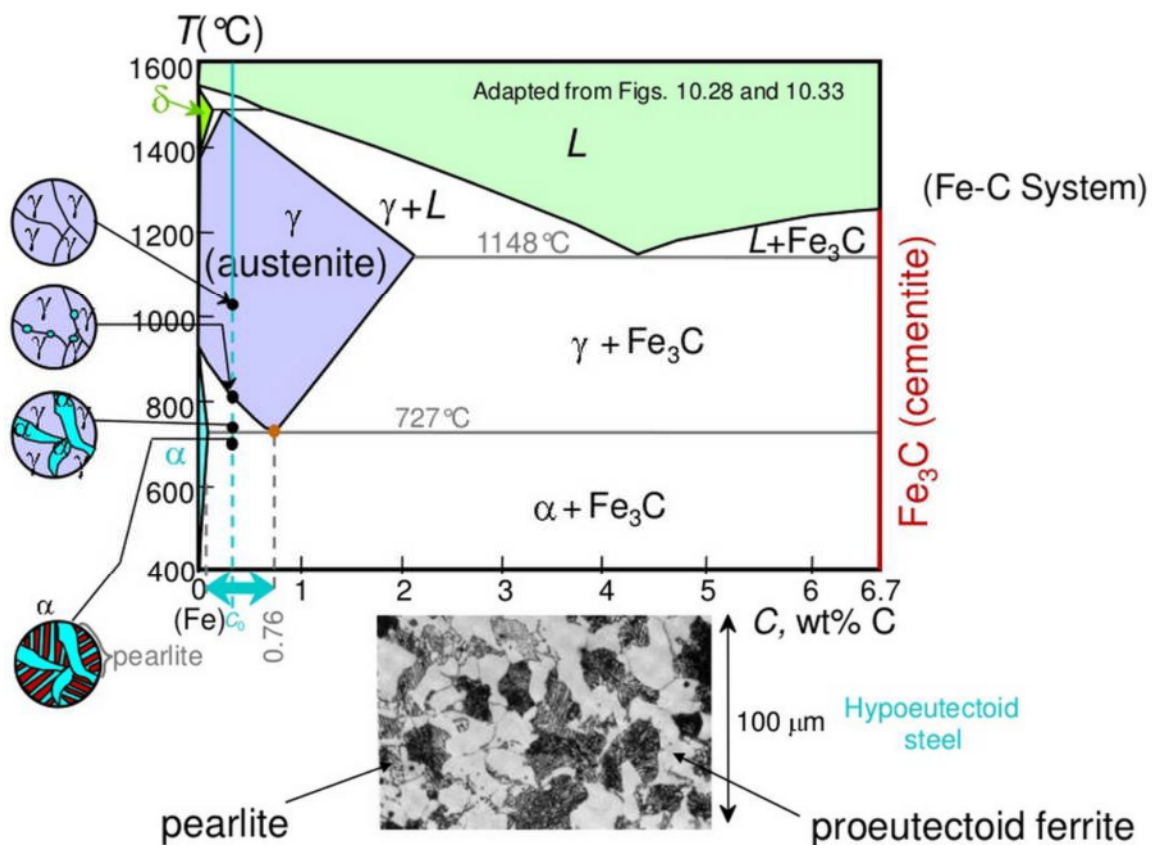


Figure I.5 : Acier hypoeutectoïde à 0.4%C

I.8.2 Acier hypereutectoïdes 1.2%C

La description du refroidissement des aciers hypereutectoïdes est semblable à ceux des aciers hypoeutectoïdes sauf que cette fois ci la phase proeutectoïde est la cémentite. La structure finale typique des aciers hypereutectoïdes à la température ambiante est : Cémentite proeutectoïde + perlite.

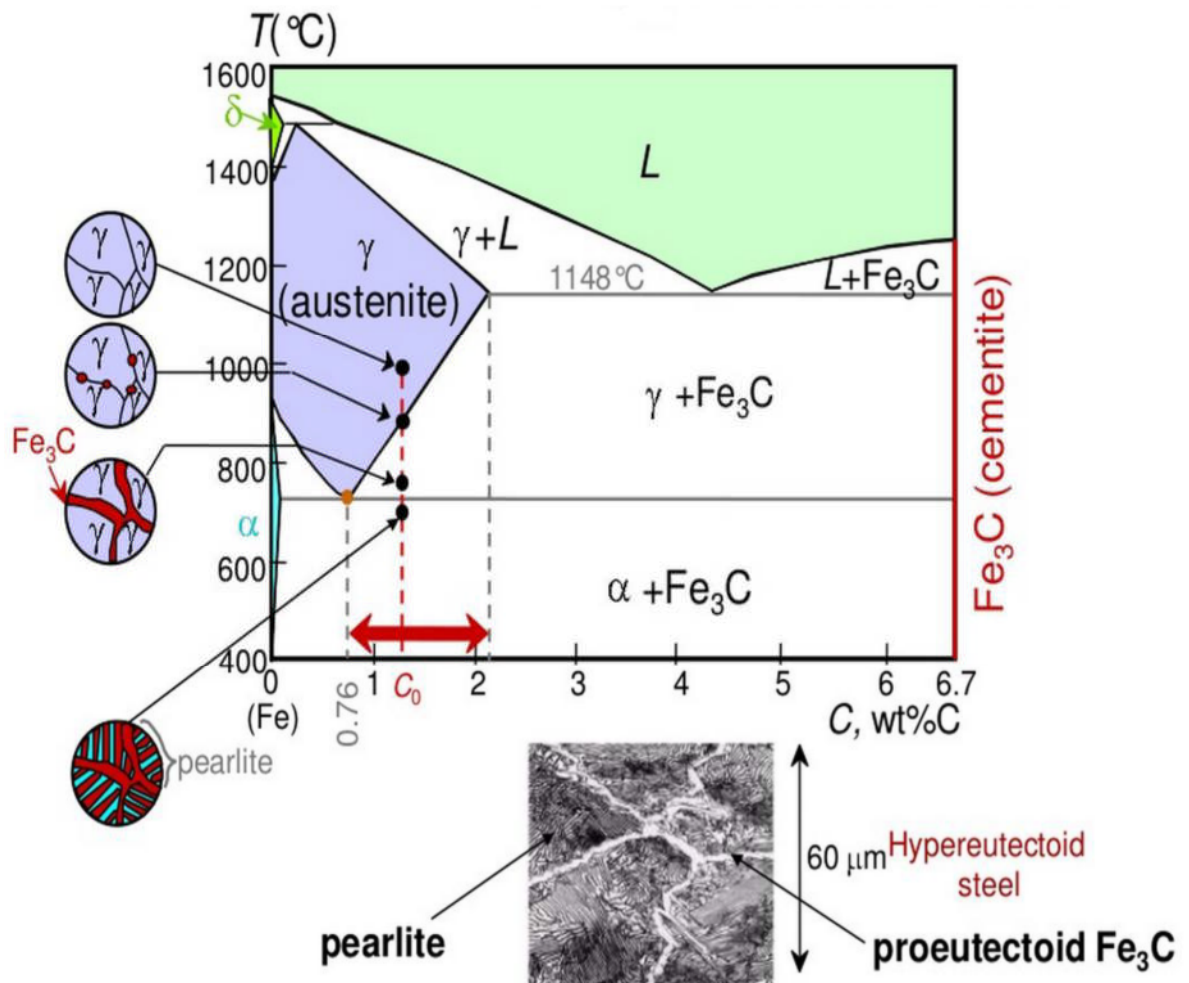


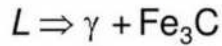
Figure I.6 : Acier eutectoïde à 1.2%C

I.8.3 Acier eutectoïde à 0.77%C

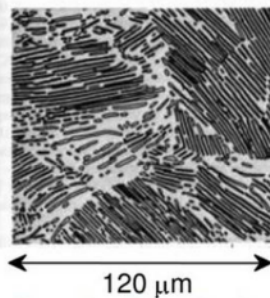
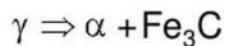
La spécificité de cet acier c'est qu'il ne possède pas de phase proeutectoïde donc sa structure à la température ambiante est **100% de perlite**

- 2 important points

1. Eutectic (A):



2. Eutectoid (B):



Result: Pearlite is alternating layers of α and Fe_3C phases

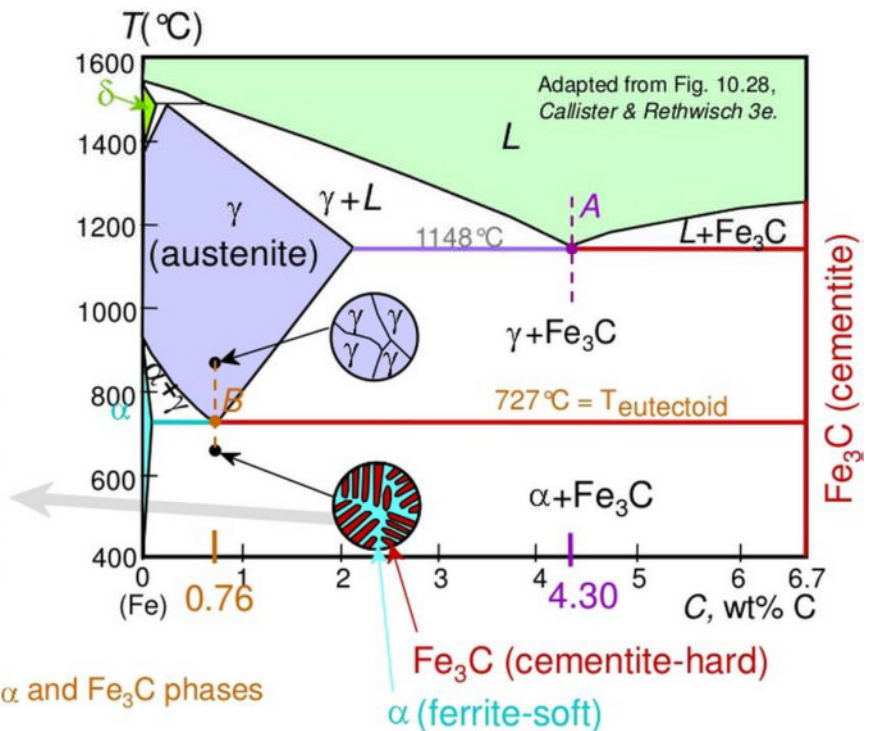


Figure I.7 : Acier eutectoïde à 0.77%C

I.8.4 Utilisations du système F-C dans l'industrie [7]

Les éléments de machines et d'ouvrages d'art moderne, sont sollicités en service par des charges dynamiques élevées, de fortes concentrations de contraintes, et, a des hautes et/ou basses températures, cela, favorise la rupture fragile, et altère la fiabilité des machines.

L'insuffisance des propriétés du produit ferreux ordinaire empêche leur utilisation dans des applications particulières. Et, suite à cet ensemble de sollicitations en service, ils subissent des dégradations accrues par de nombreux phénomènes, tels que l'usure et la corrosion

Pour répondre aux ultimes besoins de l'industrie moderne, c'est suffisamment utile de développer des nuances à très hautes caractéristique qui doivent faire preuve d'une résistance qui se manifeste dans les conditions réelles de service.

Alors, l'amélioration des propriétés souhaitées, se fait par addition en quantité suffisante d'un ou de plusieurs éléments d'alliage, leurs donnant ainsi, de bonnes caractéristiques mécaniques, telles que : « une bonne résistance a la traction, une élasticité élevée, et une grande dureté».

I.9 Conclusion

Dans ce chapitre, on a défini l'acier, le comportement de sa microstructure, et on a constaté qu'il existe plusieurs types d'aciers, ils se différencient tout en ajoutant des éléments d'alliage. Chaque type d'acier dépend de sa composition chimique, ainsi qu'au domaine d'utilisation, en assurant sa durabilité dans les conditions de son emploi, en particulier environnementales.

Le choix de l'un d'eux dépend des propriétés exigées, par rapport à leur microstructure, soit au moment d'élaboration, aux traitements thermiques et thermochimiques, pour assurer une bonne fonctionnalité, et une durée de vie appréciable de la pièce à réaliser.

Notre pièce (Charnière inférieure), est fabriquée à partir d'acier inoxydable ferritique à 17% de chrome, (X 8 Cr 17), celui-ci se protège en continu, de la corrosion grâce à la couche protectrice d'oxyde de chrome qui se forme naturellement et rapidement à sa surface. Il est non corrosif, tous ces avantages nous ont permis de choisir cet acier inoxydable ferritique, pour la réalisation de la charnière inférieure du réfrigérateur FB1 ENIEM.

Chapitre II :

**Généralités sur les équipements
des transformations des tôles :**

Presses & outils

Chapitre II : Procédés de mise en forme des pièces mécaniques

II.1 Introduction

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

Le but de cette dernière est de conférer à une pièce métallique des dimensions situées dans une fourchette de tolérances données. Les principaux procédés d'obtention des pièces mécaniques sont apparus progressivement. Les formes modernes des divers procédés sont apparues pour assurer la production en grande série de pièces à faible coût. On note les divers procédés des principaux travaux par déformation plastique : Emboutissage, Découpage, Poinçonnage, Pliage, ...etc.

II.2 L'emboutissage [6]

L'emboutissage mécanique est un procédé de formage de pièces non développables qui nécessite généralement des machines (presses) et un outillage très coûteux. Il est réservé aux fabrications en série et au travail des tôles épaisses qui demandent une très grande force ; La tôle appelée « flan », est la matière brute qui n'a pas encore été emboutie. On distingue : L'opération peut-être réalisée avec ou sans serre flan, à froid (pratiqué à la température ambiante) ou à chaud pour lequel la tôle est portée à la température de forgeage, (800° à 850°C pour l'acier doux).

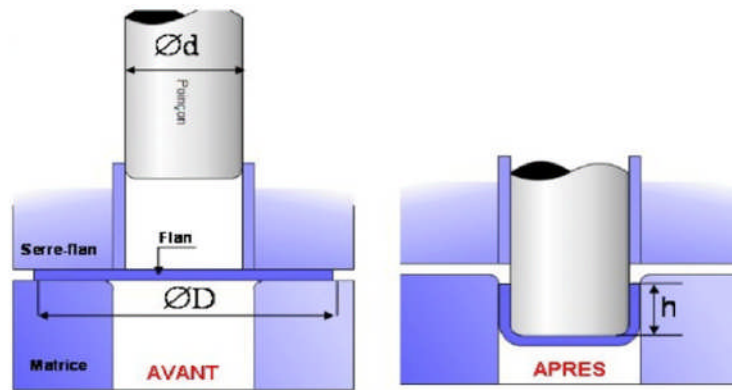


Figure II.1: Emboutissage

II.2.1 Principe de l'emboutissage

Le principe est basé sur la déformation plastique du matériau. L'emboutissage passe par les phases suivantes :

Phase 1 : Le poinçon et le serre flan sont relevés. la tôle, préalablement graissée, est posée sur la matrice (voir Figure II.2).

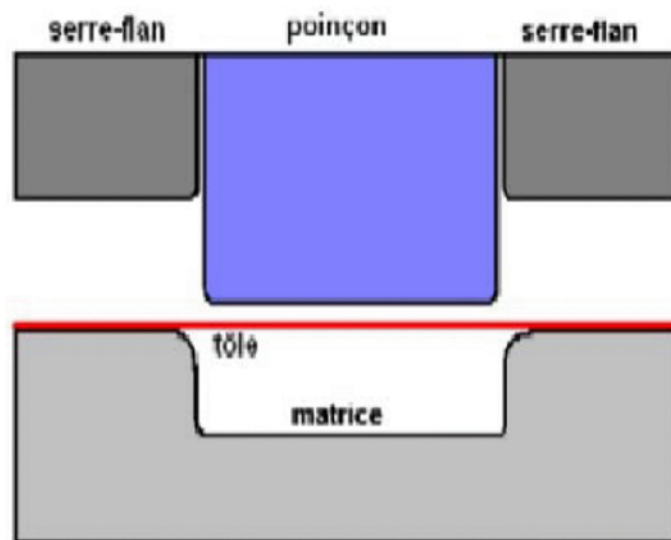


Figure II.2 : Phase1 de l'emboutissage

Phase 2 : Le serre flan est descendu et vient appliquer une pression bien déterminée, afin de maintenir la tôle tout en lui permettant de fluer (voir la Figure III.3).

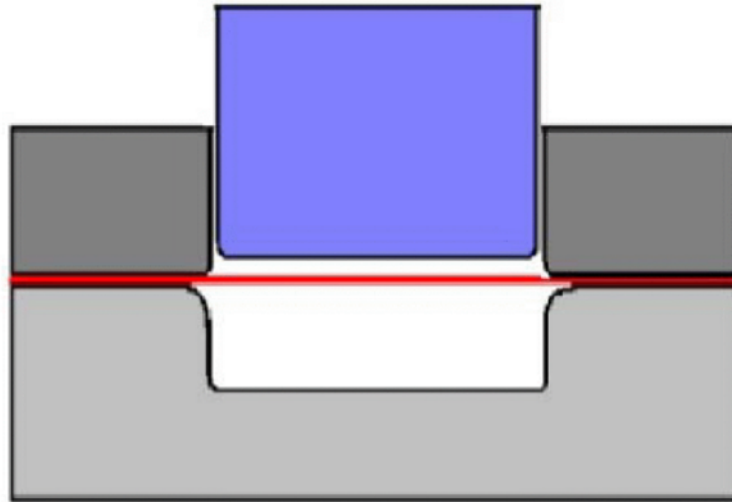


Figure II.3 : Phase 2 de l'emboutissage

Phase 3 : Le poinçon descend et déforme la tôle de façon plastique, en l'appliquant contre le fond de la matrice (voir la figure III.4). La tôle étant maintenue avec glissement possible entre le serre flan et la matrice, le poinçon est abaissé et vient plaquer la tôle, en la déformant, contre le fond de la matrice.

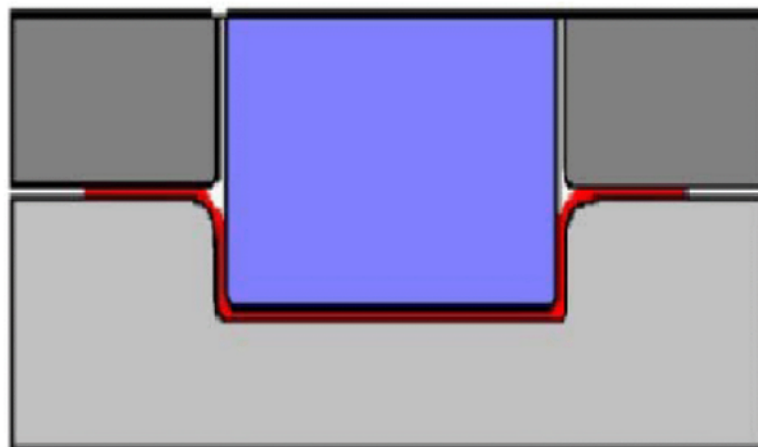


Figure II.4: Phase 3 de l'emboutissage

Phase 4 : Le poinçon et le serre flan se relèvent : la pièce conserve la forme acquise (limite d'élasticité dépassée) (voir la figure III). La pièce formée reste au fond de la matrice. Il reste jusqu'à l'éjection et son détournage.

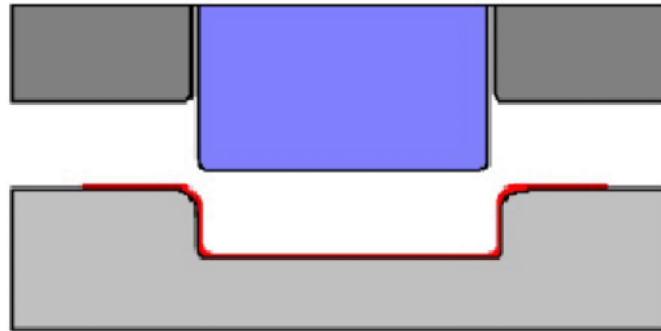


Figure II.5 : Phase 4 de l'emboutissage

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

II.2.2 Intérêt de l'emboutissage:[11]

L'emboutissage sous presse présente de nombreux intérêts tant par son aspect économique que qualitatif. Ce procédé de mise en œuvre offre un bas prix de revient et permet des cadences de production très élevées variables de 100 à 200 pièces par heure pour des pièces de gros volumes (carrosserie automobile), et jusqu'à 3000 à 4000 pièces par heure pour des petites pièces.

L'écrouissage résultant des déformations imposées par la tôle donne des caractéristiques supérieures à celle du flan. Ces fortes caractéristiques permettent un allègement des pièces.

La qualité de l'état de surface d'une pièce brute d'emboutissage est nettement supérieure à celle des pièces coulées ; l'esthétique des pièces embouties est donc bien supérieure et les travaux de finition ; tel que le polissage est moins lourd à gérer et surtout moins coûteux ; Les débouchés de ce procédé de mise en forme sont donc extrêmement larges, nous noterons notamment la présence de l'emboutissage dans divers domaines tel que :

Le transport : que ce soit dans le domaine de l'automobile, des transports routiers ou des deux roues, l'emboutissage intervient pour de très nombreuses pièces extérieures (carrosserie) intérieures (renfort) ;

L'électroménager : radiateur, machine à laver, ballon d'eau chaude.

Les sanitaire : lavabo métallique ; bac de douches.

L'emballage : boîte de boisson ; conserve des pièces mécaniques, des biens de consommation courte.

II.2.3 Technique d'emboutissage

Les principales techniques d'emboutissage existantes dans l'industrie, sont comme suit :

II.2.3.1 Emboutissage à froid

L'emboutissage à froid est le procédé le plus employé pour la fabrication en grande série. Les machines d'emboutissage se rencontrent couramment dans les ateliers de chaudronnerie. Il est bon que le chaudronnier en connaisse le principe de fonctionnement.

Cette technique consiste à former une pièce à température ambiante. Elle est principalement utilisée sur un outillage avec serre-flan mais peut aussi l'être sur un outillage sans serre flan, dans le cas où les emboutis sont peu profonds ou s'ils nécessitent peu d'efforts de serrage.

Ce type de formage permet d'obtenir une meilleure précision dimensionnelle, il limite les coûts et évite la formation d'oxyde.

II.2.3.2 Emboutissage à chaud

Il est principalement utilisé sur presses hydrauliques simple ou double effets. Le formage de fonds de réservoir en acier est le plus important dans le domaine d'application.

Cette technique facilite la déformation du matériau, permet l'emboutissage de pièces profondes par chauffage du flan (et de la matrice). Les cadences de production de l'emboutissage à chaud sont moins élevées que celles de l'emboutissage à froid du fait de l'inertie de chauffage. De plus, les pièces finies sont de moins bonnes qualités, que ce soit au niveau de l'état de surface ou du dimensionnement.

L'emboutissage à chaud se pratique :

- quand le métal ou l'alliage ne peut pas se conformer à froid.
- quand, en raison de l'épaisseur et de la surface de la tôle, l'emboutissage à froid exige une force supérieure à celle de la presse dont on dispose.
- quand, pour les faibles séries, on veut limiter les frais d'outillage, toujours importants, que nécessite l'emboutissage à froid

II.2.4 Effort d'emboutissage

En pratique on utilise la formule suivante :

$$F = \pi \times d \times e \times R_m \times K_{en} \text{ (daN)}$$

(II.1)

d=diamètre du poinçon (en mm)

D=diamètre du flan(en mm)

e=épaisseur de la tôle(en mm)

R=résistance à la rupture par traction de la tôle (en daN /mm²)

K=coefficient fonction du rapport $\frac{d}{D}$

Lorsque l'emboutissage est fait avec serre-flan est ajouté à l'effet d'emboutissage.

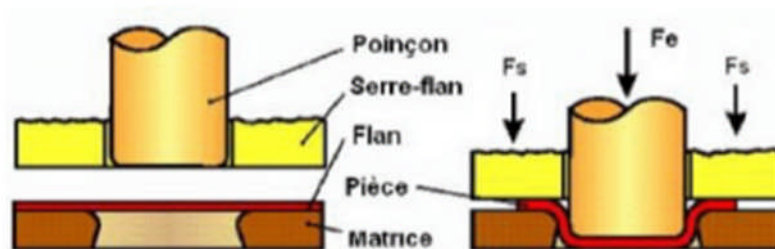


Figure II.6: Direction des efforts F_e et F_s

II.2.5 Le serre-flan

Le serre-flan plaque la tôle sur la matrice pendant l'opération de découpage. Il diffère du dévêtrisseur fixe sur lequel la tôle ne vient en butée qu'à la remontée du poinçon. Il offre une meilleure précision de la géométrie du découpage et une réduction de l'usure de l'outil.

Le serre-flan permet d'empêcher une flexion de la tôle créée lors du découpage, et d'assurer ainsi, une meilleure planéité de la pièce.

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

II.2.5.1 Effort sur le serre-flan

P = presse spécifique sur le serre-flan (en daN/mm²)

$$FS = (D_2 - d_2) \times P$$

Tableau II.1 démonstratif de la pression en fonction du matériau

P en N/mm²	2.5	2.0	1.6	2.0
matériau	Acier doux	Acier inoxydable	Aluminium	Laiton

II.3 Le découpage[17]

Le découpage des tôles est une opération courante réalisée par les entreprises de mécanique pour produire des pièces métalliques à partir de toles. son but est de séparer partiellement ou complètement des zones de la tôle de façon à obtenir la forme voulue et /ou de les préparer pour d'autres opérations comme le pliage ou l'emboutissage.

- Le découpage par cisaillement : sont envisagés, le cisailage, le poinçonnage, le grignotage...
- Le découpage mécanique par enlèvement de matière : sont envisagés le sciage, le jet d'eau hyperbare ;
- Le découpage électrique par enlèvement de matière : l'électroérosion au fil ;
- Le découpage thermique par enlèvement de matière : oxycoupage, plasma, laser, etc.

Une différence peut être faite sur les termes : Découpage et poinçonnage ; Le premier, afin d'obtenir un pourtour défini selon une forme et des cotes précise ; le second, afin d'ajourer une pièce.

Les matériaux envisagés sont multiples : tôle, papier, carton mousse, etc

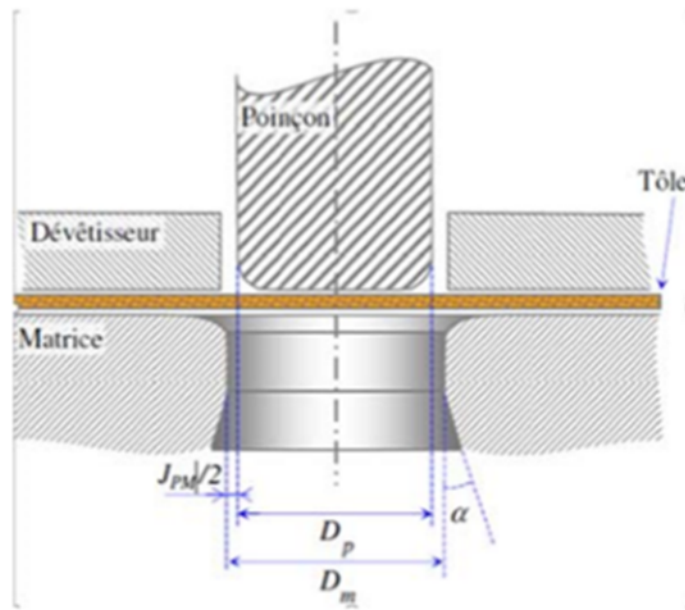


Figure II.7: principe du découpage

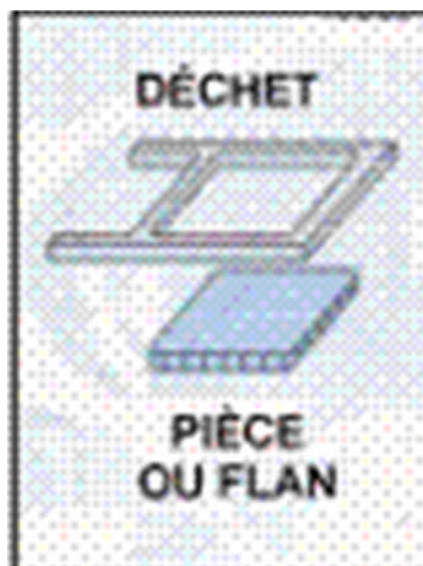


Figure II.8: pièce découpée

II.3.1 Différents types de découpage

II.3.1.1 Le grignotage

C'est le poinçonnage partiel par déplacement progressif de la tôle ou du poinçon

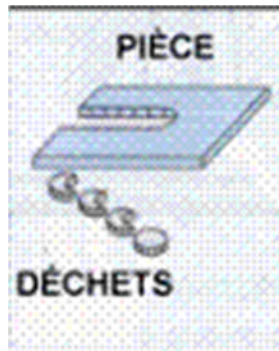


Figure II.9: Le grignotage

II.3.1.2 Le crevage

C'est un découpage partiel, consiste à ne pas détacher la chute de la pièce.

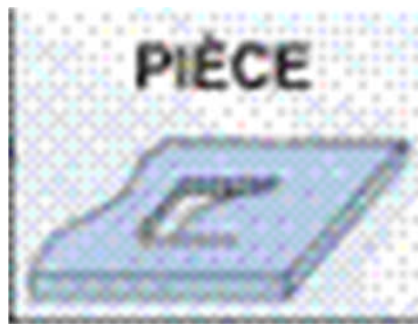


Figure II.10 : Le crevage

II.3.1.3 L'ajourage

C'est une opération de découpage dans un flan des trous de forme allongée.

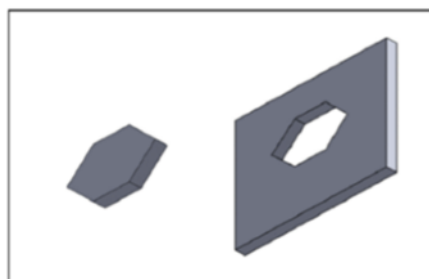


Figure II.11 : L'ajourage

II.3.1.4 Le détourage

Finition d'un contour déjà ébauché, modifié au cours d'une déformation. Il consiste à enlever par découpage 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'arrêt de l'outil découpe suivant un bord non perpendiculaire à la surface de la tôle.



Figure II.12: Le détourage

II.3.1.5 Le soyage

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

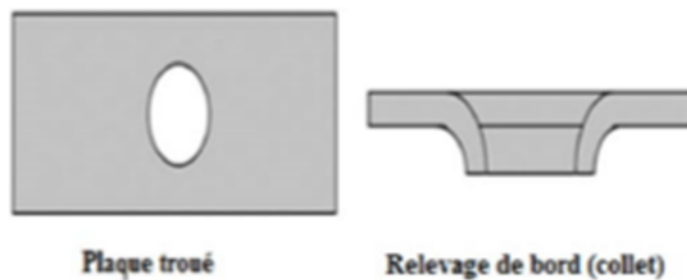


Figure II .13 : Le soyage

II.3.1.6 L'encochage

L'encochage est une opération qui s'effectue sur des produits finis ; il s'agit d'un découpage débouchant sur une zone partielle du métal sur le bord d'un flan ou une bande, sur un contour de la pièce considérée.

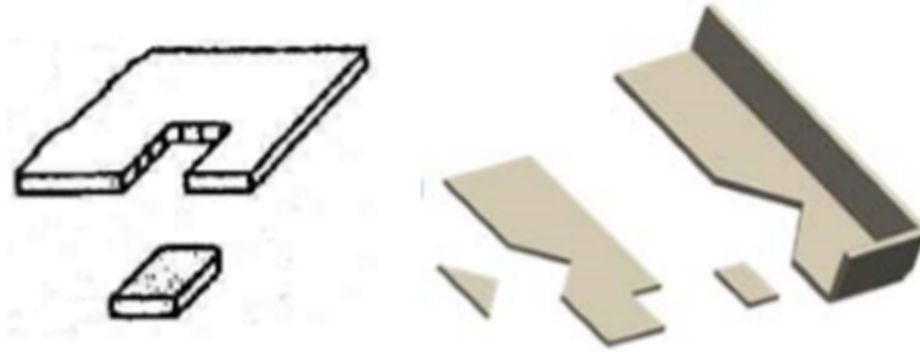


Figure II.14 : L'encochage

II.3.1.7 Le cisailage

Le cisailage est une technique de découpage sans création de déchet. Il consiste à séparer un flan suivant un contour non fermé qui affecte toute la largeur de la bande. Il s'agit de la séparation totale ou partielle d'un élément métallique, à l'aide de deux lames dont l'une au moins est mobile.

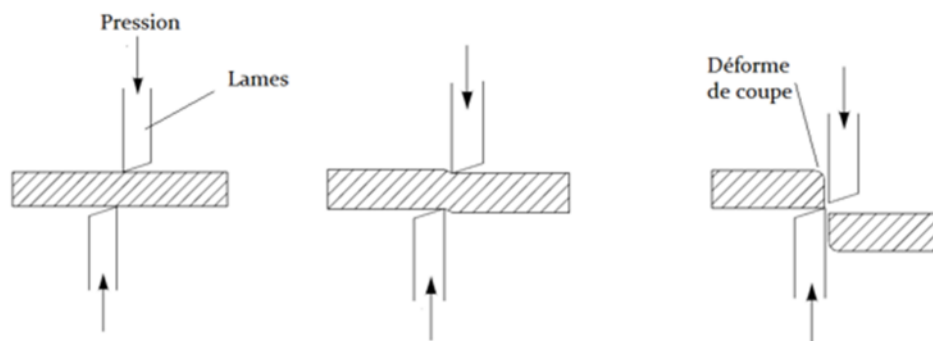


Figure II.15 : Le cisailage

II.3.2 Jeu de découpage :

D'une manière générale, le jeu de découpage est défini comme étant l'espace qui sépare le poinçon de la matrice. Parmi les paramètres importants de l'opération de découpage, le jeu occupe une place majeure. Pour un découpage, le jeu est à prendre sur

le poinçon. Pour le poinçonnage, le jeu est à prendre sur la matrice. Donc, pour un bon fonctionnement de l'outil, il est nécessaire d'assurer un jeu fonctionnel entre la matrice et le poinçon. Il réduit le risque de grippage ou de rupture de la matrice. Il permet également de garantir une coupe nette et franche.

La valeur du jeu s'évalue en fonction de l'épaisseur de la bande de tôle (de façon à ce que les deux amorces de ruptures se rejoignent parfaitement).

Pour $\frac{1}{20} \times e$ acier doux.

Pour $\frac{1}{15} \times e$

Pour $\frac{1}{10} \times e$.

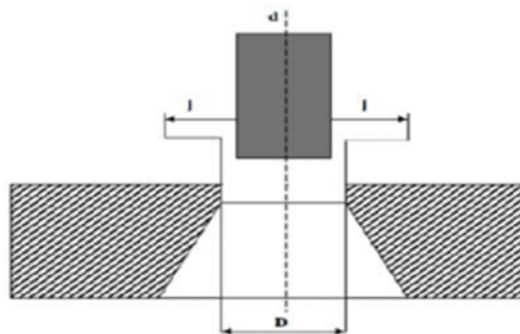


Figure II.16 : Jeu du découpage

II.3.3 Influence des paramètres de l'opération de découpage

L'étude des efforts développés au cours de l'opération de découpage a fait l'objet de nombreux travaux. Les différents travaux mettent en évidence l'influence des paramètres du procédé sur les efforts de découpe et la qualité du produit fini. Les travaux de plusieurs auteurs ont permis de recenser les paramètres qui influencent la qualité du profil découpé :

- Jeu entre le poinçon et la matrice (jeu de découpage),
- Paramètres liés au réglage de l'outil et de la presse,
- Paramètres liés à l'usure de l'outil.

II.3.4 Vitesse de découpage

Des études ont montrés que l'effort maximal de découpage diminue, et la hauteur de la zone cisailée augmente lorsque la vitesse de découpage augmente, selon la cadence de la presse. Cette vitesse n'est pas seulement dépendante de la cadence de la presse, mais ainsi, elle est en relation avec les réglages de course, et de la distance de travail que fait la presse. La vitesse s'exprime habituellement en millimètre par seconde (mm/s) et correspond à la vitesse de pénétration du poinçon dans la tôle.

II.3.2 Poinçonnage

Le poinçonnage est un procédé par cisailage des tôles. La tôle est coincée entre un poinçon et une matrice. La descente du poinçon dans la matrice découpe le matériau comme le ferait une paire de ciseaux. En principe il n'y a pas de limite au poinçonnage, seule la puissance de la machine limite l'épaisseur des matériaux à découper en fonction des caractéristiques mécaniques du Matériau. Ce procédé permet d'obtenir de grandes précisions de découpe.

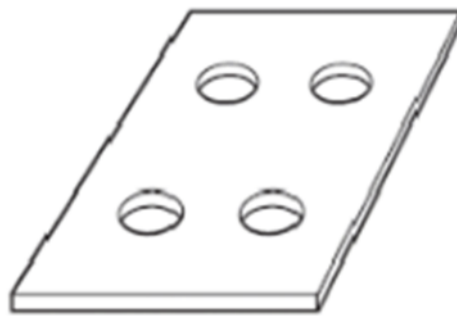


Figure II.17: Pièce poinçonnée

II.3.2.2 les phases de poinçonnage

Le poinçonnage se fait à plusieurs phases :

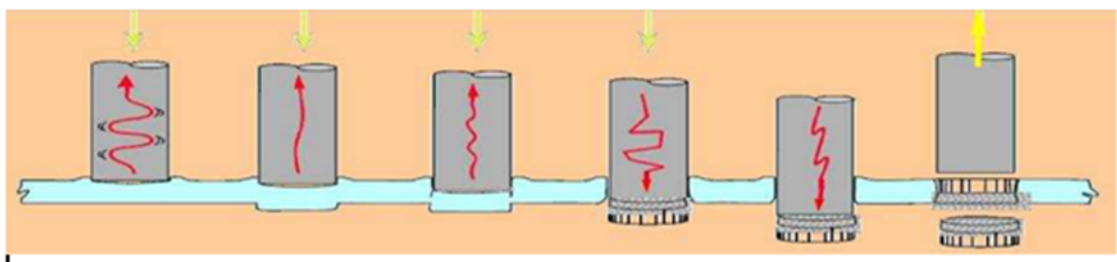


Figure II.18 : Le poinçonnage

- a) **l'impact**: provoque un gonflement dans la surface de la pièce.
- b) **pénétration**: Fibres superficielles coupées et Fibres internes en extension.
- c) **Découpage**: Forte contrainte de compression, dépassement de la limite élastique donne naissance à des fissures de la tôle entre le poinçon et la matrice.
- d) **Séparation**: Rupture par extension des fibres

II.4 Paramètres liés au réglage de l'outil

Les principaux paramètres qui influent sur le réglage de l'outil, permettant une opération de découpage réussie, sont comme suit :

II.4.1 Pénétration du poinçon dans la matrice

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

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

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

II.5 Effort de découpage et de poinçonnage

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

$$F = K \times P \times e \times R_c \quad (II.2)$$

Avec :

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

P : Périmètre de coupe, (en mm),

e : Epaisseur de la tôle, (en mm),

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

K : Coefficient d'ajustement de la formule, il varie de 0.5 à 1 selon le type de matériau utilisé.

II.6 Contraintes sur les poinçons

II.6.1 Contrainte de compression

Lorsque le poinçon descend avec un effort opposé à la bande de tôle, il est sollicité à une compression. La contrainte de compression de l'outil est calculée suivant la formule (II.3).

La condition de résistance de l'outil à la compression est que cette contrainte sollicitée ne doit pas dépasser la limite élastique du matériau à partir duquel est fabriqué le poinçon (relation II.2).

$$\sigma_{\text{com}} < R_e \quad (\text{II.3})$$

$$\sigma_{\text{com}} = F/S \quad (\text{II.4})$$

Avec :

σ_{com} : Contrainte de compression, (en MPa),

R_e: La limite élastique du poinçon, (en MPa),

F: Effort de découpage, (en N),

S: Section du poinçon, (en mm²).

Dans le cas des poinçons ayant de petites sections ou de grandes longueurs, la contrainte de compression peut provoquer un flambement du poinçon. Alors, on prévoit toujours un risque de flambement d'un tel poinçon. Pour cela, on détermine la charge critique (P_{cr}) en utilisant la formule du flambement d'Euler II.4. Dans le cas des outils à bande, les poinçons sont encastrés d'un côté, et libre de l'autre côté.

La condition de résistance est que l'effort de découpage ne doit pas dépasser la charge critique de flambement du poinçon, comme le montre la relation II.5.

$$P_{\text{cr}} = \pi^2 \times E \times \frac{I}{l^2} \quad (\text{II.5})$$

$$F < P_{\text{cr}} \quad (\text{II.6})$$

Avec :

F : L'effort de découpage, (en N),

P_{cr} : La charge critique du flambement, (en N),

E : Module d'élasticité du matériau du poinçon, (en MPa),

I : Moment d'inertie du poinçon, (en mm⁴),

l : Longueur libre de flambement, (en mm).

II.7 Le pliage[13]

Le pliage est une opération de conformation à froid qui consiste à déformer une tôle plane en changeant la direction de ses fibres de façon brusque suivant un angle donné. La conformation est utilisée pour atteindre des déformations irréversibles en vue de donner à la pièce les spécificités attendues.

Il s'agit d'une déformation obtenue grâce à une force appliquée sur la longueur de la pièce. Celle-ci sera en appui sur deux (2) lignes d'appuis et s'apparente à la flexion. Il faudra dépasser la limite élastique pour obtenir l'angle voulu.

Il existe plusieurs techniques pour plier une pièce : Pliage en l'air dans une presse-plieuse, pliage en frappe, pliage sur plieuse à sommier ou universelle...

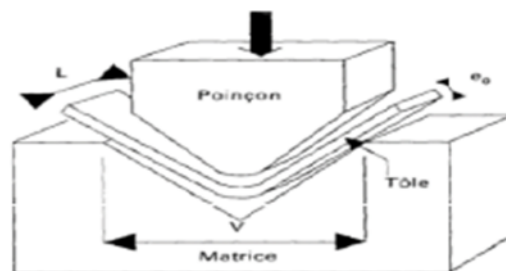


Figure II.19:Pliage

II.7.1 Les différents modes de pliage [9]

Suivant la géométrie des poinçons et des matrices, les différents types de pliage sont comme suit :

II.7.1.1 Le pliage en V (en presse plieuse)

Le cas du pliage en V, le serre-flan est inutile. La variation de l'angle du poinçon et de la matrice entraîne la variation de l'angle de formage de la tôle. Selon la course imposée au poinçon, le pliage en V peut s'effectuer par deux procédés :

- En l'air,
- En frappe.

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

La figure II.27, montre le principe de pliage en V:

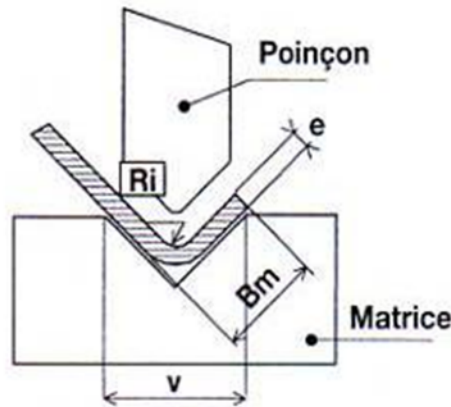


Figure II.20 : Technique du pliage

1. Pliage en l'air

Il s'agit d'une méthode de pliage de tôles épaisses, la matrice est composée de deux points d'appuis pour lesquels, la tôle prend position.

L'effort de pliage cesse lorsque la tôle arrive au fond du V. L'angle final est celui du V, augmenté du retour élastique de la tôle, environ 2° à 3° . Ce mode de pliage est couramment utilisé car les forces appliquées sont environ 5 fois moins importantes que pour du pliage en frappe. L'angle du poinçon est généralement de 88° pour obtenir des angles de 90° à 180° .

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



Figure II.21 : pliage en l'air



Figure II.22 : Outil de pliage en l'air

2. Pliage en frappe

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

On réalise un emboutissage de la pièce, en imprimant une force importante dans la pièce. L'angle du poinçon et de la matrice sont égaux à l'angle à obtenir. Cette méthode est réservée à des tôles d'épaisseurs inférieures à **2 mm**. Le fait de matricer l'intérieur du pli permet d'obtenir des angles très précis ($\pm 0,5^\circ$).

Les figures suivantes, représentent les outils avec lesquels, le pliage en l'air et le pliage en frappe, ont été réalisés :



Figure II.23 : Pliage en frappe

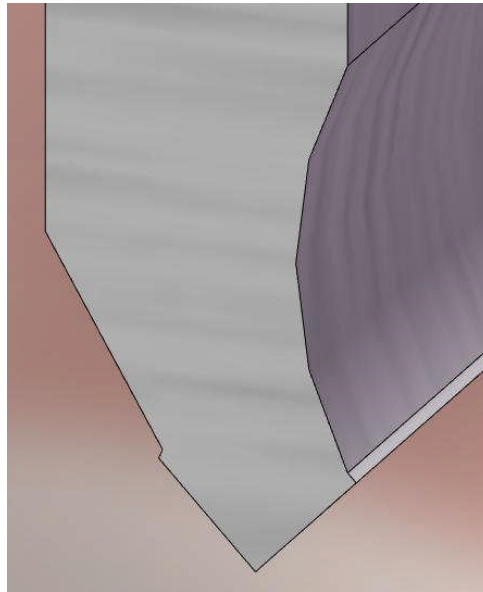


Figure II.24 : Outil de pliage en frappe

II.7.1.2 Le pliage en U

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

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

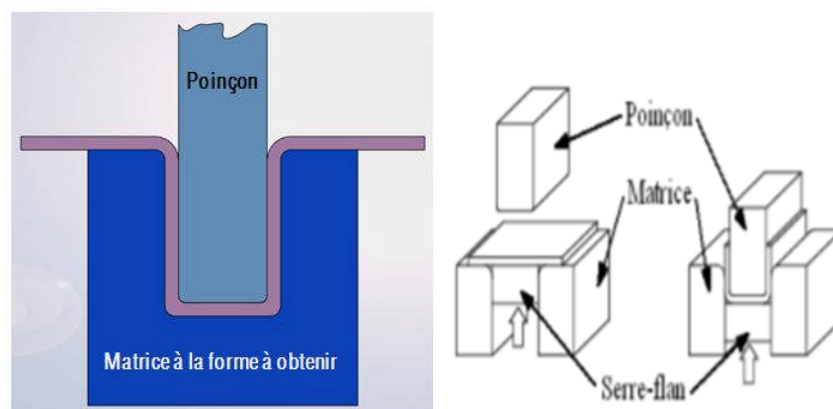


Figure II.25 : principe du pliage en U

II.7.1.3 Le pliage en L

Le principe du pliage en L, est simple, consiste à plier un flan en porte-à-faux, à 90° maintenu entre la matrice et le serre-flan.

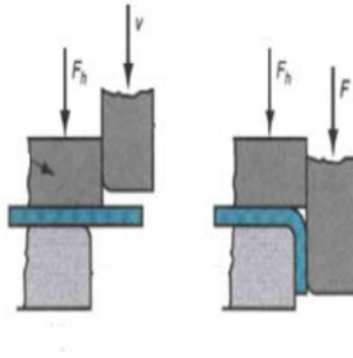


Figure II.26 : Le pliage en L

II.7.2 Rayon du au pliage

Lors de l'opération de pliage, on remarque des déformations causées, dans la zone pliée, les fibres intérieures sont comprimées, par contre celles extérieures subissent un étirement (sollicitées en traction), on obtient donc, un angle de pliage (voir la **figure II.27**). Plus le rayon est petit, plus les déformations dues au pliage sont grandes. De plus, pour un pliage dans un angle vif, soit un rayon nul ($R = 0$), la pièce est à rejeter, cela est dû aux apparitions des criques, sur la zone étirée de la pièce. (Voir **figure II.29**) Pour un pliage réussi, le rayon **R** sera donc choisi assez grand, et, si possible, égal à 5 fois l'épaisseur de la tôle.

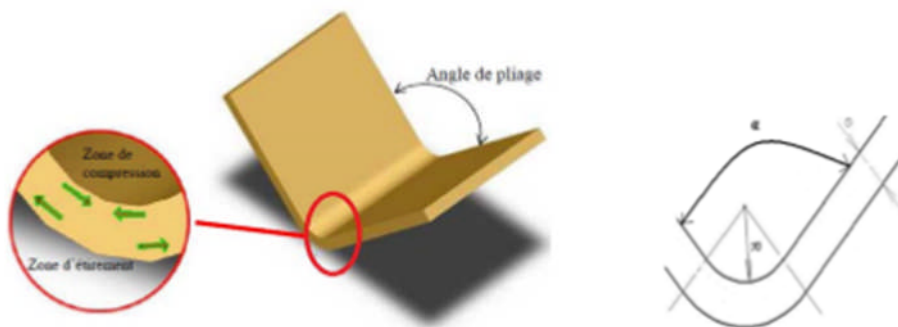


Figure II.27 : Angle de pliage Figure II.28 : Rayon de pliage

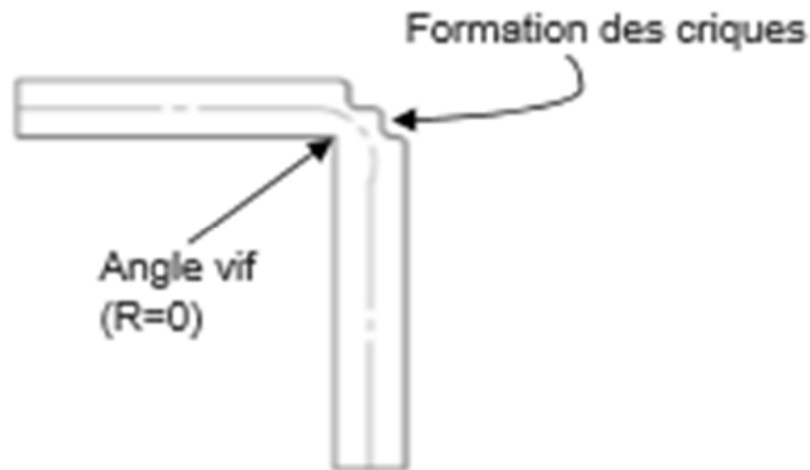


Figure II.29 : Déformation à un angle vif ($R=0$)

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

En effet, si nous savons déterminer la longueur de cette fibre qui ne subit aucune déformation après pliage, nous trouverons la longueur de la tôle avant pliage.

Elle se situe à la distance « a » du bord intérieur. Suivant le rapport (R_i/e), la distance « a » varie, comme l'indique le Tableau suivant:

Tableau. II.2 : La variation de la distance « a » suivant le rapport (R_i/e).

R_i / e	Approche1	Approche2	Approche3
a	$e/3$	$2e/5$	$e/2$

II.7.3 Le retour élastique

Lors du pliage en l'air, lorsque l'on relève l'outil, la force appliquée à la pièce redevient nulle. À ce moment, les matériaux étant élastiques, la pièce s'ouvrira légèrement. Il faut donc obtenir un angle inférieur à l'angle voulu, pendant le pliage, pour obtenir un angle final exact au relâchement de l'outil. Il faut bien sûr effectuer un ou des essais pour connaître le comportement exact du produit que l'on travaille. Il faut veiller au sens de laminage des tôles, car le retour élastique est plus important, si l'on plie perpendiculairement au sens de laminage.

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

Le phénomène de retour élastique est quasi inexistant lors du pliage en frappe car on imprime avec force le poinçon dans la pièce, pour dépasser la limite d'élasticité.

La **Figure II.30**, décrit le phénomène du retour élastique :

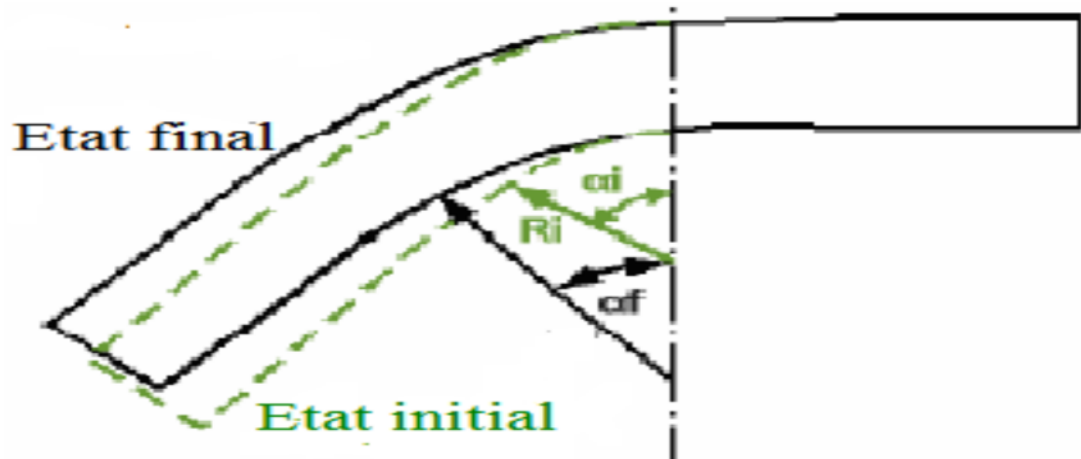


Figure. II.30 : Phénomène du retour élastique.

II.7.4 Paramètres influents sur l'opération de pliage

Les différents paramètres influant sur le pliage sont comme suit :

II.7.4.1 Le rayon de la matrice de pliage

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

(II.7)

$$r \geq 2e$$

II.7.4.2 Le jeu du pliage

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

$$J \geq e + \text{tolérance max}$$

(II.8)

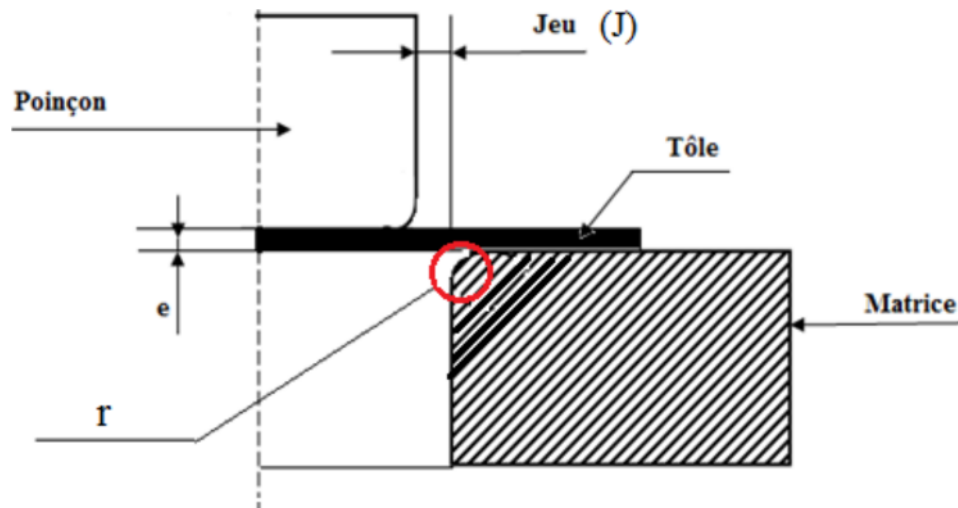


Figure. II.31 : Jeu du pliage et le rayon de la matrice.

II.7.4.3 Effort de pliage

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

$$F = \frac{e \times L \times Rc}{10}$$

(II.9)

e : l'épaisseur de la tôle, (en mm).

L : la longueur de la ligne de cambrage, (en mm).

Rc : Résistance de la tôle au cisaillement, (en daN /mm²).

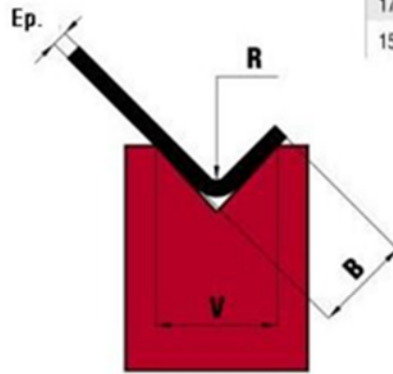
Il faut noter, que l'encombrement des outils utilisés conduit à l'emploi de presses qui exercent un effort nettement supérieur à celui requis.

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

On peut aussi déterminer l'effort nécessaire en pliage grâce au tableau suivant, qui dépend de l'épaisseur, du vé choisi. Les forces ci-après sont données en KN /m.

Tableau II.3: Calcul de l'effort de pliage

V	R	B	Ep	0.5	0.8	1	1.2	1.5	1.8	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25
4	0.7	2.6		4	10.5																
6	1	4		3.5	6	10	13														
8	1.5	5.2		2	5.5	8	11.5	18													
10	1.7	6.5			4.1	6.5	9.5	14.5	21	26											
12	2	7.8				5.5	8	12	17.5	21.5	33.5										
16	2.7	10.4					6	9	13	16	25	36									
20	3.4	13						7.5	10.5	13	20	29	52								
25	4.2	16							8.5	10.5	16	23	41	64							
30	5	20									14	19	34	54	77						
35	6	23										17	30	46	66						
40	7	26										15	26	40	58	103					
45	7.5	29											23	36	52	91					
50	8.5	32											21	32	46	82	128				
55	9	36												30	42	75	117				
60	10	39												27	39	69	107				
65	10.8	42												25	36	63	99	142			
70	11.7	45													33	59	92	132			
75	12.5	49													31	55	86	123			
80	13.5	52													29	52	80	116	180		
85	14	55														49	76	109	170		
90	15	58														46	71	103	160		
100	17	65														41	64	93	144	256	
110	18.5	71															59	84	131	233	
120	20	78															54	77	120	213	333
140	24	91																66	103	183	286
170	29	110																55	85	151	235



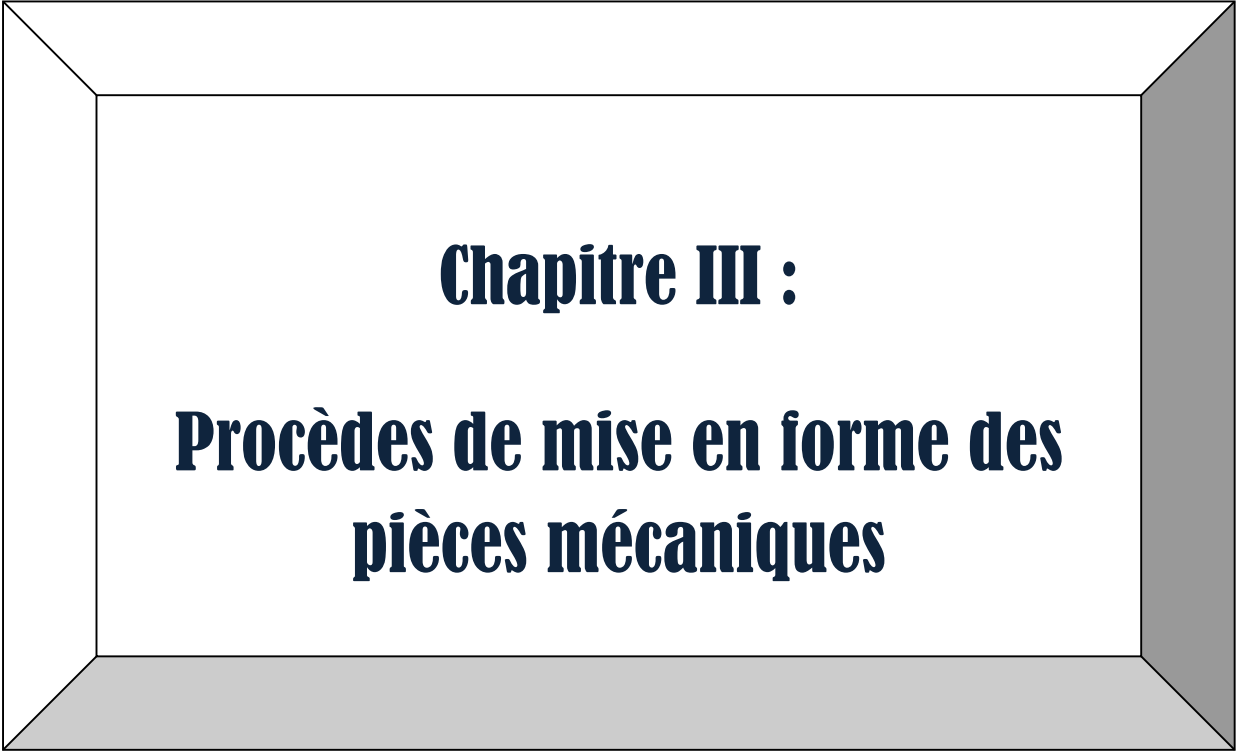
$V = (\text{mm})$
 $R = (\text{mm})$
 $B = (\text{mm})$
 $Ep = (\text{mm})$
 $F = (\text{KN/m})$

II.8 Conclusion

Avant chaque procédé de mise en forme, le métal doit être obtenu en forme de tôles. Cette dernière est obtenue en passant à partir d'une brame (bloc d'acier brut), par différentes étapes successives de laminage.

Les différentes techniques de mise en forme des métaux, par déformation plastique, citées dans le chapitre, ont pour objectif de donner une forme déterminée au métal en forme de tôle, tout en lui imposant une certaine microstructure, afin d'obtenir un produit ayant les propriétés souhaitées.

Ces techniques de mise en forme, sont effectuées sur presses, pour minimiser le coût de production, ainsi avoir un produit de forme géométrique souhaitée.



Chapitre III :

Procèdes de mise en forme des pièces mécaniques

Chapitre III : Généralités sur les équipements de transformation des tôles : Presses & outils

III.1 Introduction

Dans l'industrie, la transformation de métaux en feuilles passent par plusieurs étapes, et cela nécessite des machines spéciales, comme dans le cas de l'emboutissage, poinçonnage, pliage ...etc.

Ces machines sont appelées (presses) qui sont au cœur du projet de développement des pièces découpées et mises en forme sur presses :

- _ Gammes de formage.
- _ Technologies de construction de l'outil.
- _ Liens avec la pièce fabriquée et la machine (presse)
- _ Maintenance de l'outil.

Sa complexité vient aussi d'un savoir-faire très lié aux types de pièces fabriquées, rendant les résultats très liés aux compétences de l'homme de métier.

Ce chapitre propose une vision détaillée des différents aspects de l'outil. Il permettra de mieux aborder le métier de la mise en forme des tôles.

Ces outils constituent généralement de deux parties principales à savoir le poinçon, dans la partie supérieure et dans la partie inférieure on trouve la matrice sur laquelle est usinée une ouverture conique pour faciliter le dégagement de l'ajout.

Ces outils doivent satisfaire, en plus du poinçonnage et du découpage un certain nombre de conditions :

- ▶ Séparer la pièce du déchet.
- ▶ Guider la bande de métal et régler sa position.
- ▶ Assurer une production élevée et la sécurité.
- ▶ Faciliter le changement d'éléments usés et l'affûtage.

La classification de ces outils se fait selon les opérations auxquels ils sont destinés (découpage, pliage, poinçonnage, emboutissage ...etc.). Constituées d'un ensemble d'organes mécaniques conçus pour réaliser différents travaux par déformations plastiques, sur des métaux en feuilles (tôles)

III.2 Les presses

III.2.1 Définition

Les presses sont une famille de machine, conçues pour la réalisation de formes simples et complexes.

Elles sont formées d'une partie fixe (bâti) et d'une partie mobile (coulisseau).

Les outils de presses comportent une partie supérieure fixée au coulisseau (poinçon) une partie inférieure fixée à la table (matrice).

Classification des presses mécaniques :

Leurs classification se fait suivant plusieurs paramètres, les principaux sont

- ✓ Le mode de transmission d'énergie ;
- ✓ Le nombre de coulisseaux ;
- ✓ La forme du bâti.

III.2.1.10 Selon le mode de transmission de l'énergie

On distingue deux types :

A. Les presses mécaniques [1]

Une presse mécanique est une machine qui utilise un mécanisme (commandés mécaniquement) pour faire fonctionner les outils à la vitesse appropriée, et leur donner l'énergie suffisante pour découper, percer, ...etc. cette dernière est ensuite transmise au coulisseau en un mouvement de translation par un volant.

Il est impératif d'utiliser un mécanisme de commande pour obtenir ce mouvement rectiligne à partir d'un mouvement de rotation.



Figure III.1 : Presse mécanique

B. Les presses hydrauliques [9]

Une presse hydraulique 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 un piston avec une surface S_1 et de l'autre côté un piston avec une surface S_2 plus grande que la première. Cela permet d'accroître la force.



Figure III.2 : Presse hydraulique

III.2.1.11 Selon la forme du bâti [12]

C. Presses a col de cygne

La forme de ces presses rend la table et le coulisseau très accessible et sont inclinées de 30° en arrière lui permet l'évacuation facile des pièces par gravité.

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

Elles peuvent supporter au maximum 2000KN d'effort, sous charge le bâti se déforme élastiquement et provoque un déplacement angulaire des deux parties de l'outil, ce qui justifie l'utilisation des tirants (bretelles) pour permettre au bâti une plus grande rigidité, mais réduit l'accessibilité de la table.



Figure III.3 : Presse a col de signe

D. Presses a arcade

Ces machines présentent une rigidité maximale parce qu'elles ont un bâti monobloc coulé ou parfois soudé ce qui lui permet de supporter des efforts beaucoup plus importants ; tout en assurant une plus grande précision dans le guidage des outils. Elles peuvent être simple ou a double effets.

Elles peuvent travailler avec des capacités supérieur ou inférieur à 1000KN pour l'emboutissage et la découpe rapide est de l'ordre de 400coups/min.



Figure III.4 : Presse a arcade

E. Presses a montants droits

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

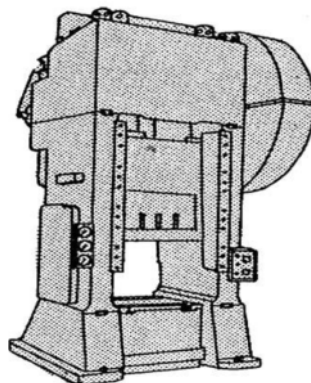


Figure III.5 : Presse a montant droit

F. Presses a colonnes

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



Figure III.6 : Presse a colonnes

G. Presses à table mobile et bigorne

Ces types de presses sont équipées d'une table réglable en hauteur avec une vis de réglage, autorise le montage d'outils très hauts, la table est utilisable par simple rotation, ce qui permet l'utilisation de la bigorne.

La bigorne montée à la place de la table, permet le poinçonnage latéral de gros emboutis.

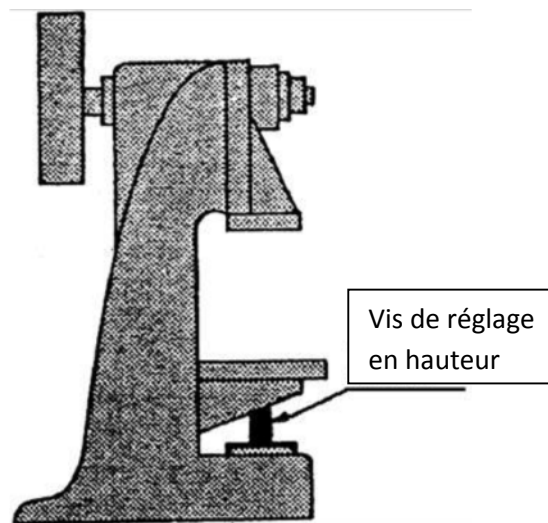


Figure III.7 : Presse a table mobile et bigorne

III.2.1.12 Selon le nombre de coulisseau

H. Presse à simple effet

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

D'une façon générale, ces machines n'acceptent qu'un seul outil ou, au maximum, deux. L'exécution d'une pièce en plusieurs passes nécessite l'utilisation de plusieurs presses.

I. Presse à double effets

Cette presse possède deux coulisseaux l'un dans l'autre, chaque coulisseau est attaché à l'arbre excentrique avec deux jonctions.

Les courses des deux coulisseaux sont différentes et temporisées, le coulisseau extérieur porte le flan et le coulisseau inférieur termine l'opération.

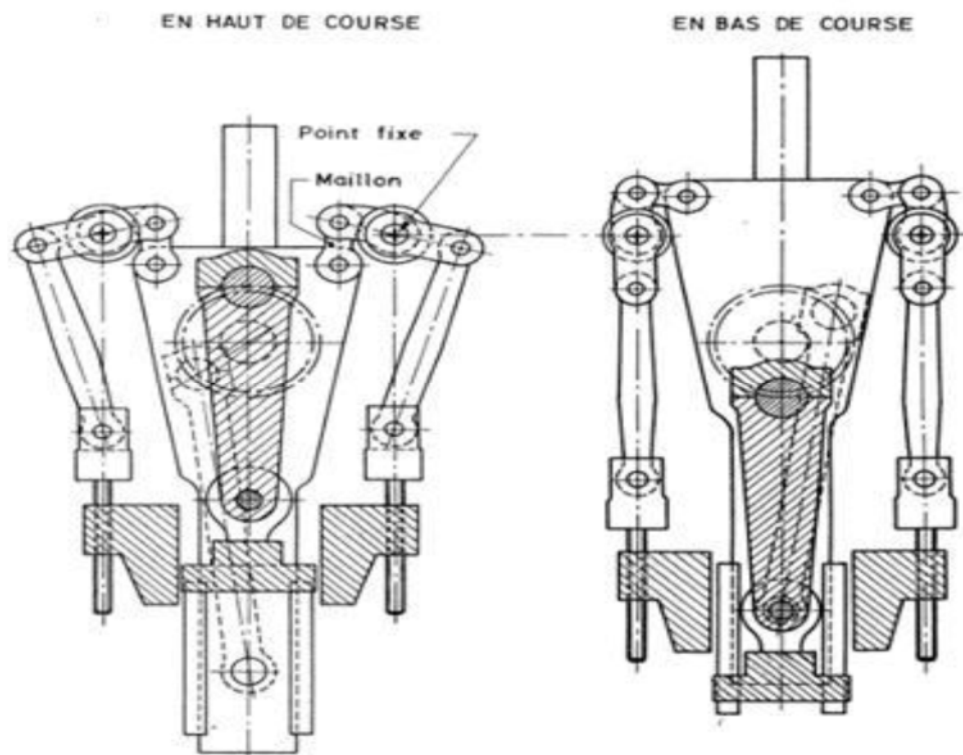


Figure III.8 : Presse a double effet

J. Presse à triple effet

De conception similaire aux presses double effet, elles sont équipées d'un coulisseau inférieur qui possède sa propre cinématique.

Ce type de presse est souvent utilisé pour la réalisation des formes complexes.

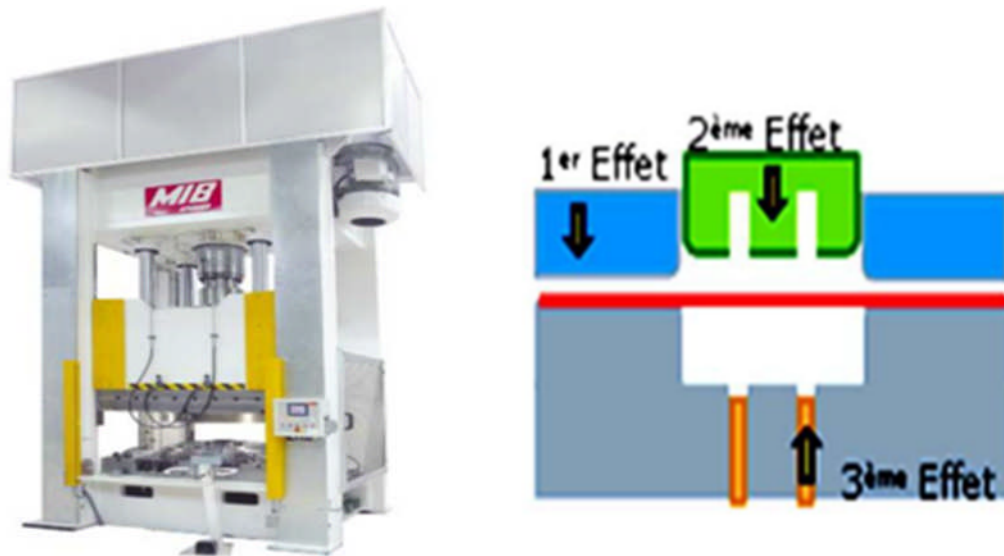


Figure III.9 : Presse à triple effet

III.2.2 Critères de choix d'une presse

Pour choisir une presse sur laquelle on travaille, nous devons prendre en considération les principaux facteurs suivants :

- Type de travail à faire,
- La capacité de la presse qui dépend de l'effort nécessaire pour la réalisation des opérations,
- Les dimensions de l'outil et des pièces,
- La longueur de déplacement des coulisseaux,
- La cadence de production,
- Entretien et mise en œuvre.

III.2.3 Sécurité sur les presses [9]

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

- Alimentation automatique : Le dispositif d'alimentation automatique est indispensable lorsqu'il s'agit de satisfaire les impératifs de sécurité et de la productivité.
- Protection par appareil à bracelets : Protection efficace pour les mains dans la mesure où aucun risque d'accrochage n'est possible.
- Protection optique : la machine s'arrête automatiquement si la main de l'opérateur traverse les rayons lumineux.
- Protection bi manuelle : La commande du coulisseau nécessite l'action, simultanée sur deux boutons
- Protection à l'aide d'une cage qui isole l'opérateur de la zone dangereuse.

III.2.4 Fonctionnement des Presses Mécaniques

Le principe de fonctionnement d'une presse mécanique, est à base d'énergie fournie par un moteur électrique, cette dernière est emmagasinée par un volant. Puis, elle est transmise au coulisseau par l'intermédiaire d'un mécanisme approprié, qui permet son bon Fonctionnement.

III.2.4.10 L'Énergie

Le volant d'inertie, qui a emmagasiné l'énergie fournie par le moteur, en cède une Quantité d'énergie pendant l'opération de formage. Ce qui se traduit par un ralentissement du volant. Au début de l'opération, le volant doit avoir récupéré la totalité de l'énergie Dépensée, sous peine de subir un ralentissement de plus en plus important, pouvant à la limite le conduire à l'arrêt complet.

III.2.4.11 Les Mécanismes de commande

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

1. Système Bielle-Manivelle

Il s'agit d'un système mécanique de transformation de mouvement, qui transmet le mouvement au coulisseau. Ce système se base sur quatre (04) éléments principaux :

- Une bielle ;
- Une manivelle ou bien un vilebrequin.
- Un coulisseau ;
- Un bâti.

La transformation du mouvement se fait par la rotation continue du vilebrequin autour de son axe, qui transmettra ainsi, un mouvement rectiligne alterné, pour le coulisseau.

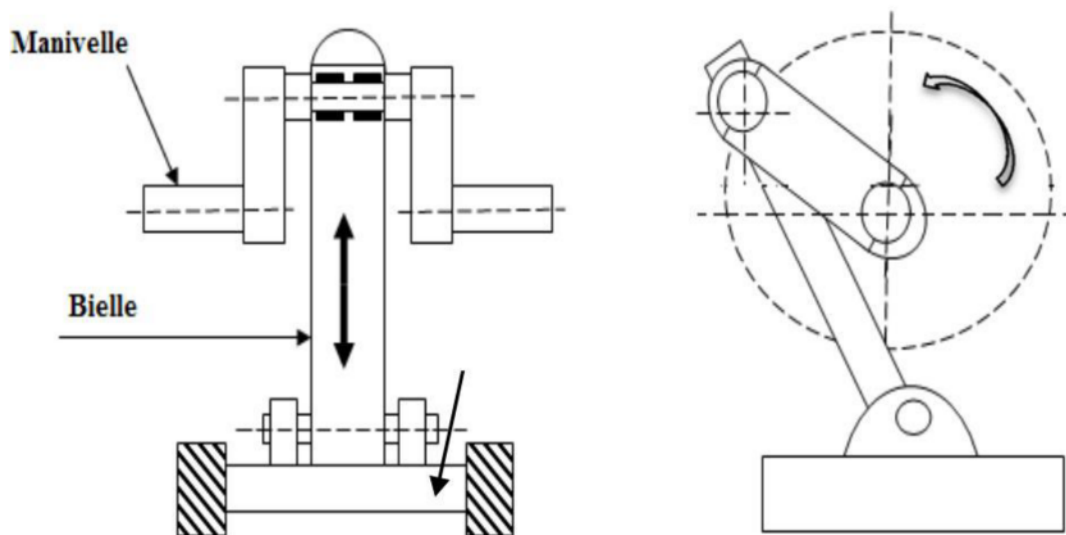


Figure III.10 : Système bielle -manivelle

2. Système Excentrique

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

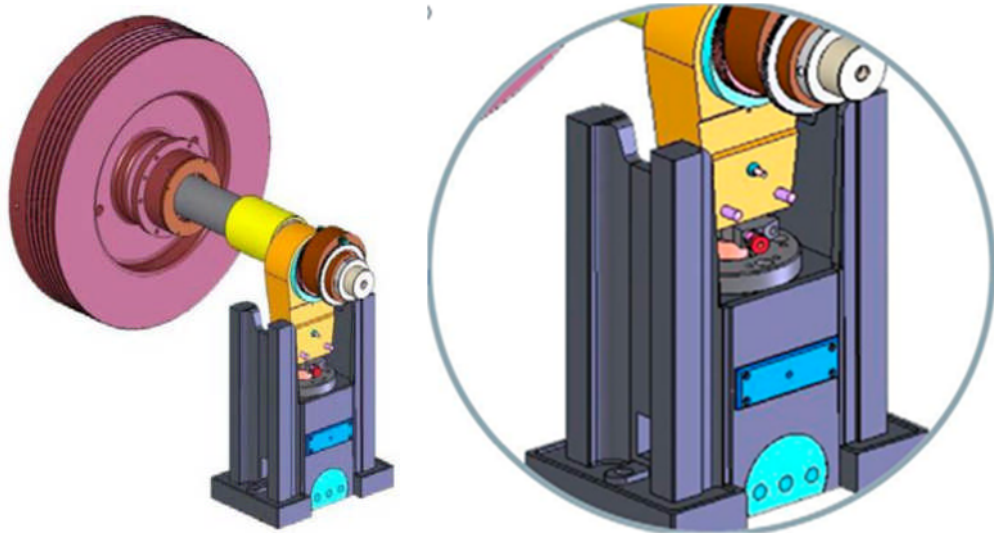


Figure III.11 : *Système excentrique*

3. Système à Genouillère

Le système à genouillère se compose d'un mécanisme de trois (03) éléments, ayant pour objectif d'amplifier l'effort qu'exerce le coulisseau :

- Une bielle ;
- Deux (02) genouillères ;
- Un vilebrequin.

Le vilebrequin entraîne la bielle, en exerçant un mouvement de translation alternatif sur un axe que partagent, les deux genouillères. Chaque extrémité de ces dernières, est fixée à d'autres éléments. L'une d'entre-elles est immobile, et, fixée au bâti, contrairement à l'autre extrémité, celle-ci est mobile, fixée au coulisseau.

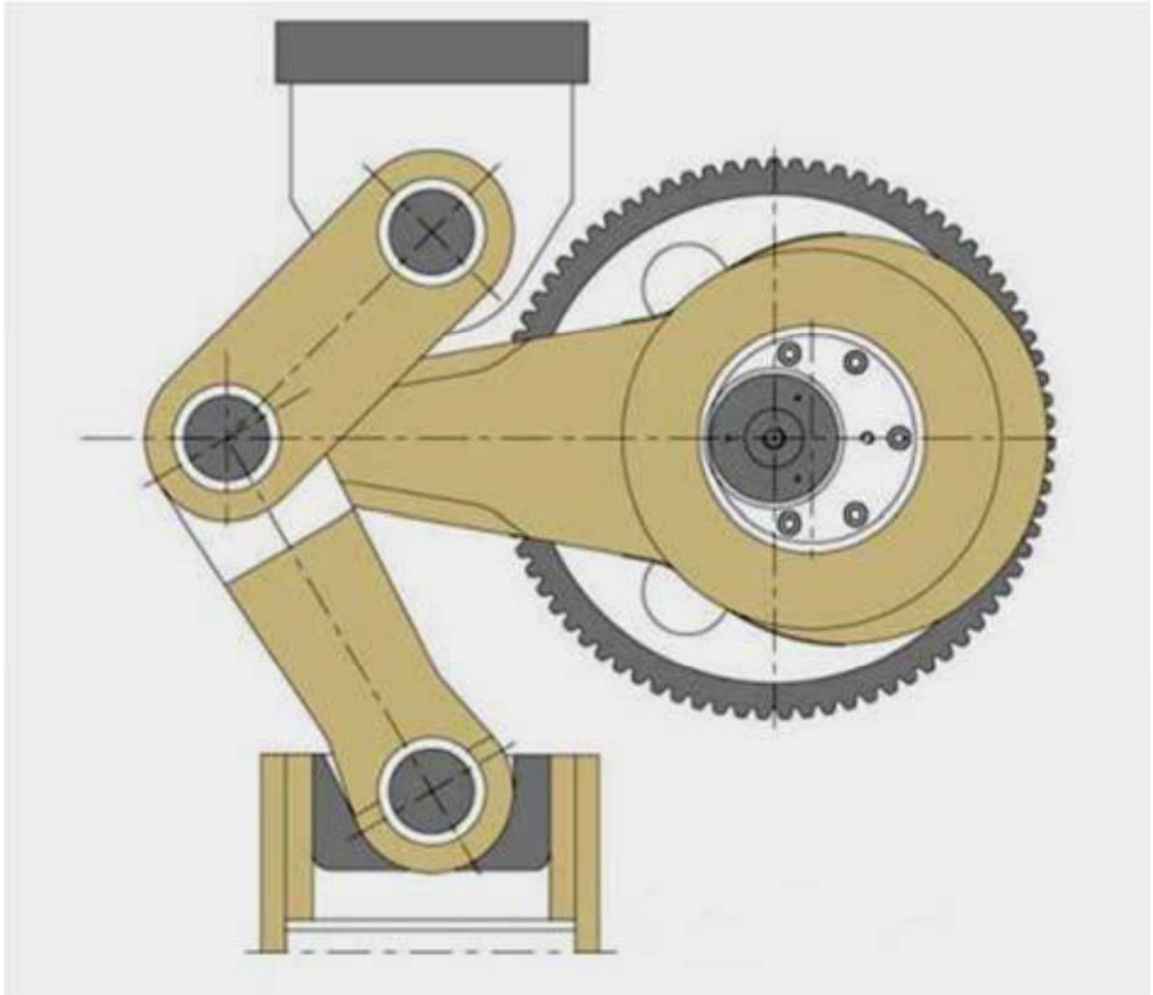


Figure III.12 : Système a genouillère

4. Système à Came

Le système se compose d'un mécanisme qui est constitué, de deux (02) éléments. Une came, de profil vaguement ovoïde (en forme de section d'œuf), est l'élément menant, placé sur un arbre avec un mouvement de rotation, l'autre élément est animé d'un mouvement de translation oscillatoire, cet élément est mené, généralement, dans une presse. Il s'agit du coulisseau. Le but de ce système, est de transformer le mouvement rotatif animé par la came, en un mouvement alternatif de translation du coulisseau, et cela, grâce au profil de la came, plaquée contre l'élément mené.

Le profil de la came est calculé en fonction du mouvement de translation, qui sera transmis à l'élément entraîné.

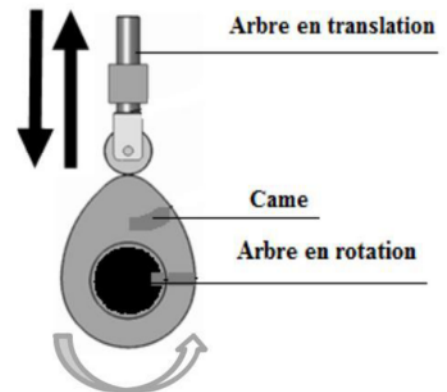
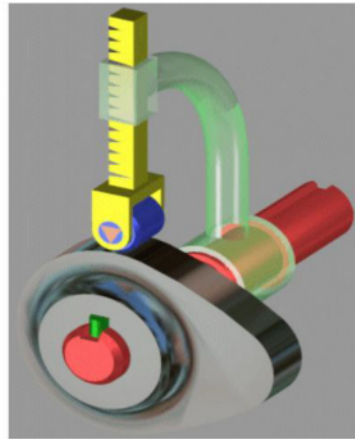


Figure III.13 : Système a came

a. L'Embrayage

Il s'agit d'un actionneur, qui a pour rôle, la transmission de la mise en mouvement, ou, l'arrêt d'un mécanisme. Dans une presse, l'embrayage fait la liaison entre, le moteur et le mécanisme de commande du coulisseau.

Dans l'industrie, on distingue deux (02) types d'embrayages dans les diverses presses :

➤ Embrayage à Clavette Tournante

Il s'agit d'un embrayage dans lequel l'organe d'entraînement est une clavette, montée sur le vilebrequin, et, s'engageant, par rotation, dans des encoches du volant. Lorsque la butée s'éclipse, la clavette est sollicitée par un ressort, elle tourne et s'engage dans l'encoche du volant et provoque l'entraînement du vilebrequin.

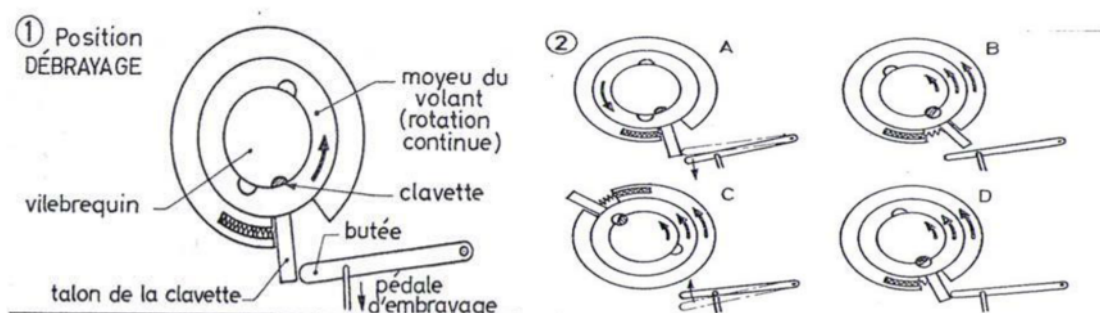


Figure III.14 : système d'Embrayage a clavette tournante

➤ Embrayage à Friction à Commande Électropneumatique

Dans ce cas, l’embrayage se fait lorsqu’un piston pousse une série de disques de friction, contenant des clavettes sur l’arbre contre le volant. Par l’intermédiaire d’un système électrique, et, en manque de pression, les disques de friction sont déplacés par des ressorts de rappel. Ces derniers commandent le freinage à chaque tour du vilebrequin.

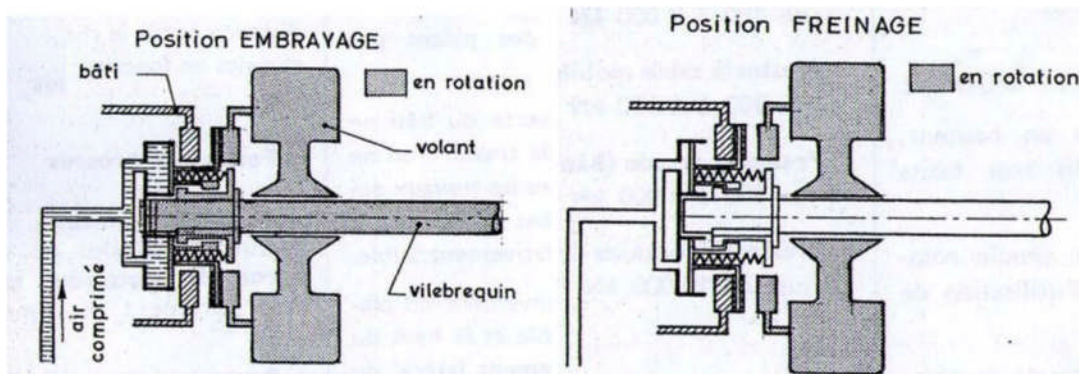


Figure III.15 : Système d'Embrayage à Friction à Commande Électropneumatique.

III.3 Les outils de Presses [10]

L’outil de presse est l’un des équipements essentiels d’une presse, il s’agit d’une construction mécanique de précision, supposé indéformable. En général, il est composé d’une partie mobile supérieure bridée sur le coulisseau qui porte le poinçon, et d’une partie inférieure fixe bridée qui porte la matrice sur la table de la presse. Cet ensemble, parfaitement guidé, permet de travailler la tôle par des opérations successives de découpage, pliage, cambrage, emboutissage..., de façon à obtenir la pièce désirée.

III.3.1 Éléments Principaux des outils de Presse

Les principaux éléments d’un outil de presse sont composés, de deux (02) blocs essentiels :

- Bloc mobile : Il porte le poinçon,
- Bloc fixe : Il porte la matrice.

III.3.1.10 Le Poinçon

Le poinçon est un outil de presse qui permet de laisser une empreinte sur un flan, selon sa forme géométrique. Cette empreinte prise sur le flan est due à la géométrie du poinçon. La vérification du poinçon à la compression, et, au flambement est nécessaire, pour déterminer la longueur idéale pour que le poinçon puisse résister aux efforts de coupe.

III.3.1.11 La Matrice

La matrice est la partie inférieure de l'outil, il s'agit de la partie creuse, support de l'empreinte du poinçon. Cette empreinte représente la forme à créer, réalisée à partir d'un matériau spécifique, qui résiste aux chocs, pour éviter toute déformation. À son axe, la matrice comporte un trou aux formes et dimensions du poinçon, auquel on ajoute un jeu de quelques dixièmes de millimètres. La matrice est dépendante du poinçon, elle sert d'appui à la tôle, et, elle réduit les déformations dues au cisailage.

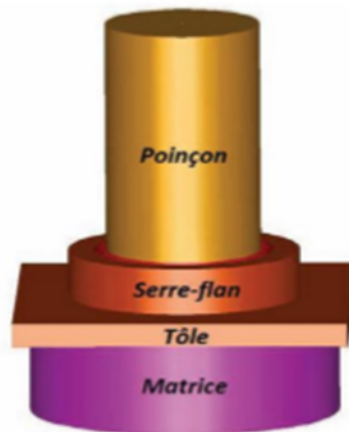


Figure III.16 : L'Ensemble Poinçon - Matrice.

III.3.1.12 La Dépouille

Au-dessous de la partie active de la matrice, un dégagement de matière (dépouille) est nécessaire pour éviter l'entassement des chutes laissées lors du poinçonnage-découpage. Sur 4 à 5 mm de la partie active de la matrice, l'affûtage est permis. Avec une dépouille de 2 à 3°.

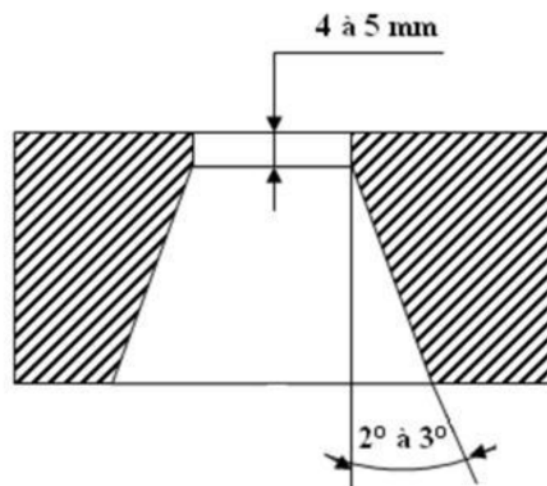


Figure III.17 : Dimensions d'une Dépouille.

III.3.1.13 L’Affûtage

Lorsque les arêtes coupantes d’un outil s’arrondissent et forment des rayons, à l’aide d’une rectifieuse, on affûte les surfaces usées de la matrice et du poinçon par une rectification plane. On élimine ainsi, les rayons formés sur les arêtes coupantes de l’outil, dans le but d’avoir des arêtes vives.

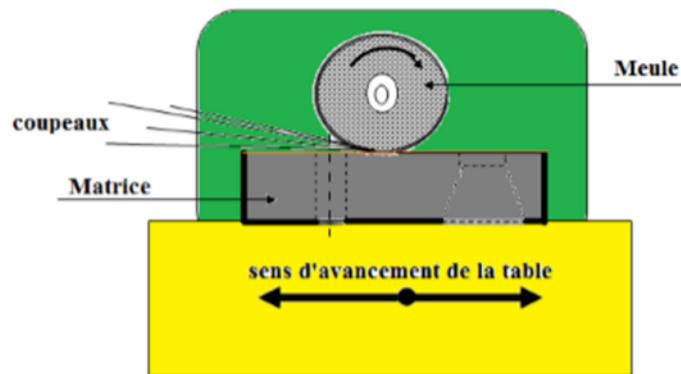


Figure III.18 : Rectification d'une matrice

III.3.2 Différents Types d'Outils de Presse [11]

III.3.2.10 Outils à Découper

1. Outil à Découvert Simple

L’outil à découvert simple, simplement constitué, d’un seul poinçon et d’une seule matrice. Il est conçu pour des travaux à petites unités, ainsi, il décrit bien le principe de découpage, mais ne peut - être employé dans les travaux de série, à cause de la remontée, de la bande de tôle avec le poinçon.

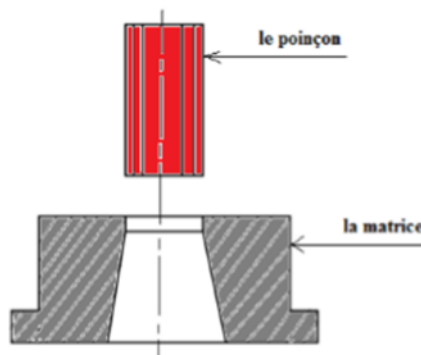


Figure III.19 : Géométrie de l'Outil à Découvert Simple.

2. Outil à Découvert à Butées

L'outil à découvert à butées a pour procédé de découpage des flans circulaires, dont deux(02) butées, placées soigneusement, pour assurer un découpage, réussi. L'une a pour guidage la bande de tôle, et, l'autre butée assure le contrôle de l'avance du flan.

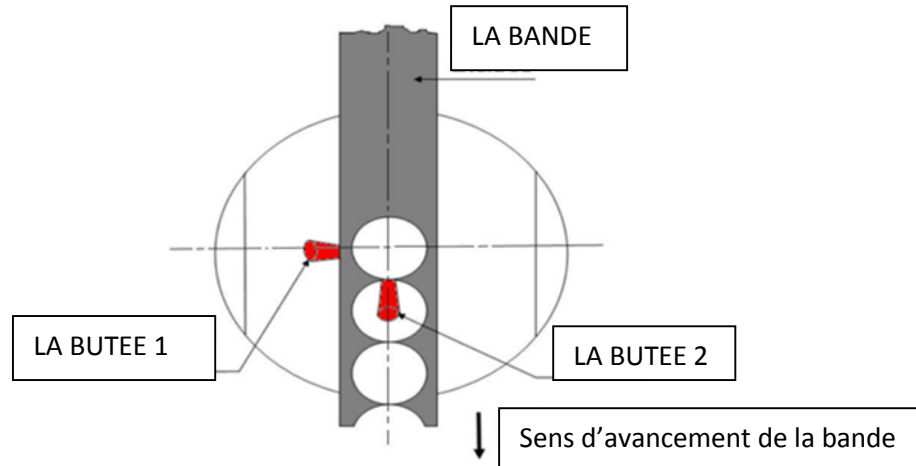


Figure III.20 : Outil à Découvert à Butées.

III.3.2.11 Outil à Contre-plaque

Il existe deux(02) types d'outils à contre-plaque :

1. Outil à Contre-plaque à Engrenages

Employé parfois sur des outils à suivre, le système d'engrenage a pour rôle, de faire avancer le flan par l'intermédiaire d'un engrenage, dont celui-ci tourne en frottant sur la surface du flan, l'entraîne, et, le fait avancer suivant, sa longueur. Á Chaque coup de la presse, la bande est déplacée et accrochée à l'engrenage par l'ajout précédent.

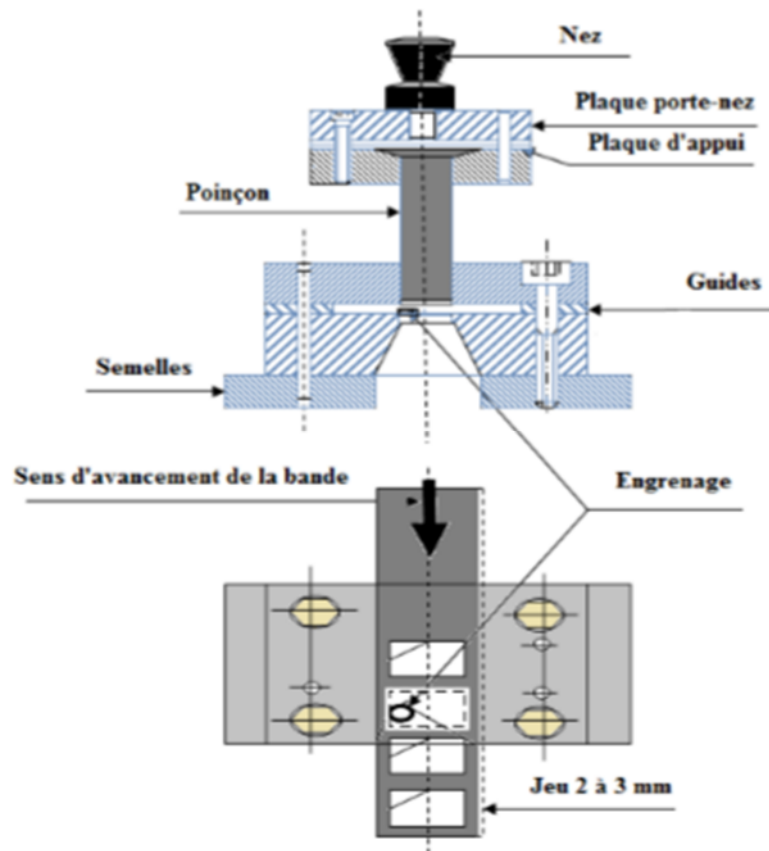


Figure III.21 : Principe de l'Outil à Contre-plaque à Engrenage

2. Outil à Contre-plaque à Couteau

Dans ce cas, l'engrenage est supprimé. Par l'intermédiaire d'un poinçon de pas dit « Couteau », ce dernier a pour rôle, d'assurer l'avance du flan. La longueur du pas est égale à la longueur du couteau, ainsi le déplacement du flan est donné, entre deux (02) coups successifs, de la presse. La bande est translatée et bute sur un guide appelé « Butée », le couteau se détache de la bande, il suffit ensuite de déplacer la bande jusqu'à la butée contre le guide, pour avoir un pas plus précis.

Le couteau ne travaillant que d'un côté, les risques de grippage et de coinçage, sont plus importants. Il convient donc de n'utiliser cette technique, que pour les pièces de faible épaisseur (2mm maxi pour limiter les efforts).

Afin d'augmenter la longévité de l'outillage, la butée est parfois remplacée avantageusement, par un grain (pièce rapportée) en acier trempé. On réduit ainsi l'usure du guide.

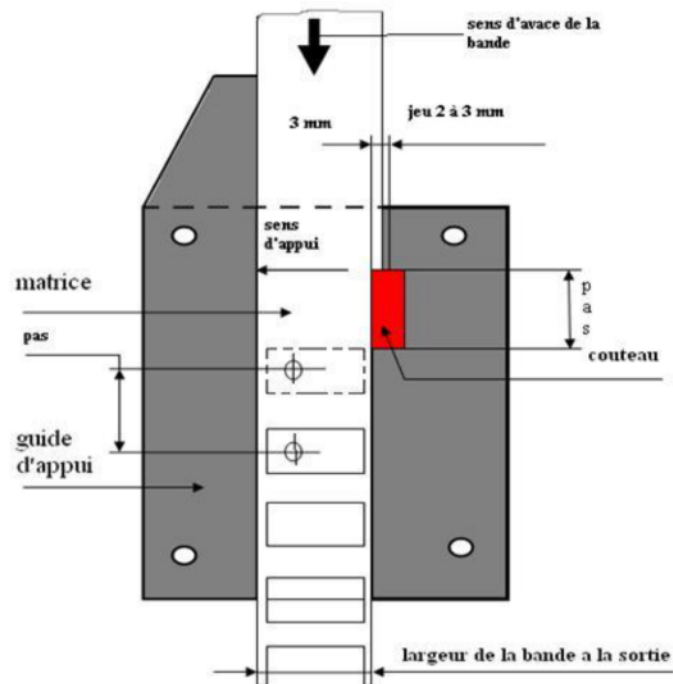


Figure III.22 : Système d'Outil à Contre - Plaque à Couteau.

III.3.2.12 Outil à Presse à Bande

C'est un outil qui possède des colonnes. En remplaçant la contre-plaque par un serre-flan ou presse-bande (dévêtisseur), afin de maintenir la bande de tôle, lors des opérations de (découpage, emboutissage,...etc.), et d'éviter ainsi, toute déformation, de la bande et d'assurer la qualité du produit.

Le guidage de l'outil à presse-bande joue un rôle important, en guidant le poinçon et la matrice dans le même centre d'inertie, cela est assuré par des paires de colonnes de guidage, selon les dimensions de l'outil.

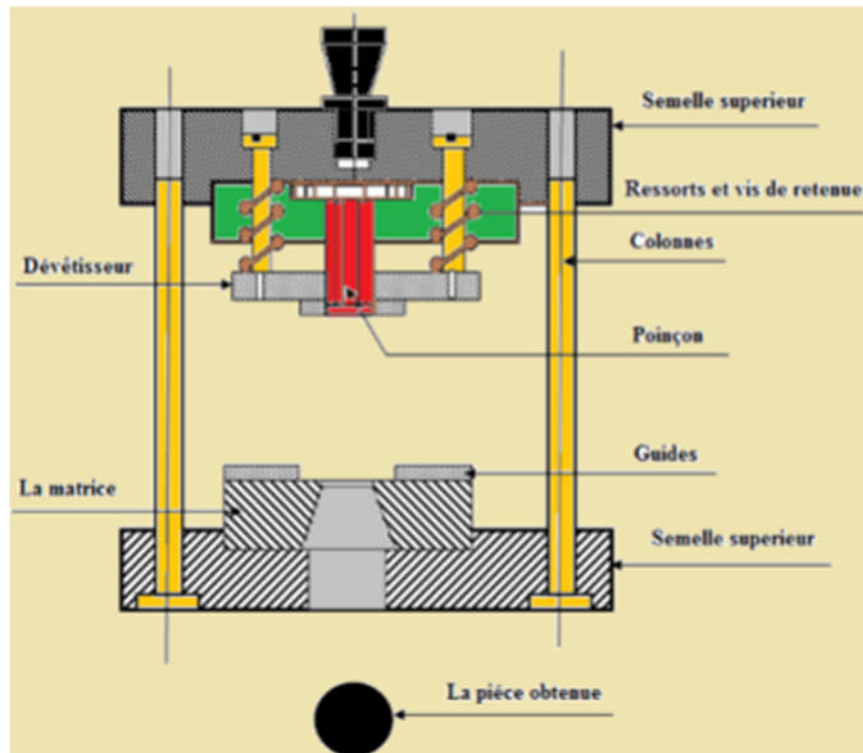


Figure III.23 : Système d'Outil à Contre - Plaque à Couteau.

III.3.2.13 Outil Suisse

L'outil suisse est utilisé essentiellement, pour réaliser des pièces plates de précision, de faible ou de forte épaisseur. La particularité de cet outil est que plusieurs opérations de découpage sont réalisées, sur le même coup de presse, et sur le même poste, sans nécessiter l'avance de la bande, comme pour l'outil, à suivre. Dans ce cas, un coup de presse sur le même poste permet la réalisation de l'ensemble, de la pièce.

Il découpe et poinçonne la pièce en un seul coup de presse. Le transfert d'un poste à l'autre est supprimé, dans le but d'empêcher, l'altération de la précision. Il s'agit d'un outil à dévêtisseur inversé. Le poinçon est sur la partie inférieure, et, la matrice sur la partie supérieure. L'imprécision de l'avance manuelle de la bande, n'affecte pas la pièce. La pièce finie reste dans la matrice, et, elle est extraite, en haut de course par un éjecteur.

Cela a pour avantage, l'obtention de cotes d'ajourage et de détournage, plus précises. En effet, ces cotes ne dépendent que des cotes outils (pas d'imprécisions dues à l'avance de la bande). La planéité de la pièce est également supérieure, à celle qui pourrait être obtenue sur un outil à suivre, afin d'obtenir un meilleur équilibre des efforts de découpage.

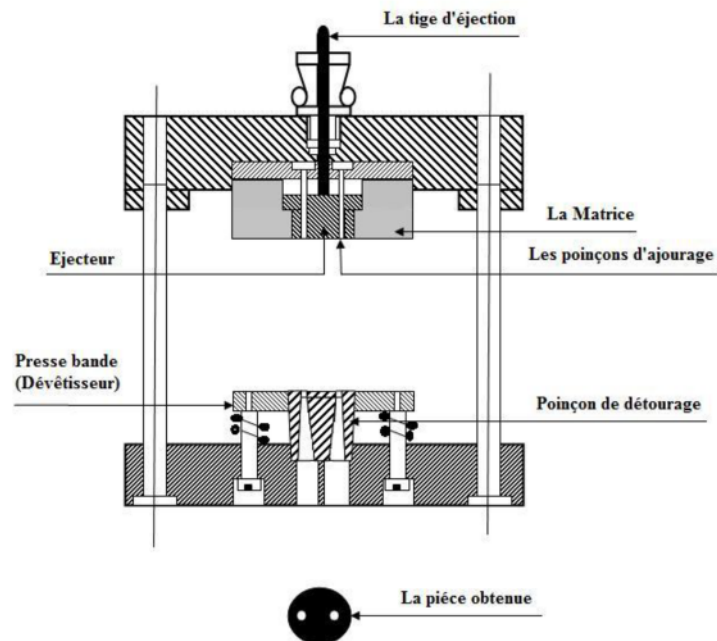


Figure III.24 : Principe d'un Outil Suisse

III.3.2.14 Outils de Reprise

L'outil de reprise fait partie d'un ensemble de plusieurs outils, chacun d'eux, réalise une ébauche de mise en forme de la pièce, à fabriquer. Ces ébauches se succédant une à une, permettent d'obtenir, la pièce finale. On distingue souvent ces outils par les opérations principales réalisées : découpage, cambrage ou pliage, emboutissage, détourage...

Il est utilisé pour reprendre des opérations sur un flan déjà découpé. Généralement, il se monte sur des presses à commande manuelle. Le flan est guidé, et, mis en position dans un drageoir. Ce dernier est guidé, de différentes façons (voir la **Figure. III.25**), par :

- Un cadre.
- Des plaquettes de positionnement.
- Des goupilles de positionnement.

Ce type d'outil est principalement utilisé pour les pièces de petites et moyennes séries.

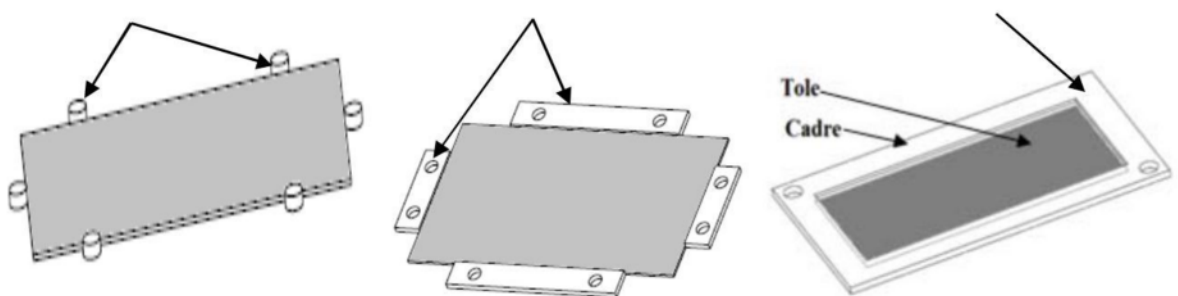


Figure III.25 : Guidage du flan sur un Outil de Reprise par diverses façons.

III.3.2.15 Outils de Détourage

L'outil de détourage a pour rôle, le détourage des pièces obtenues après emboutissage, en enlevant la matière excédentaire (collerettes ou bords irréguliers).

Pour cela, on distingue trois (03) types d'outils de détourage :

1) *Détourage Normal*

Dans le détourage normal, le centreur est reporté, dont le but est de permettre l'affutage du poinçon par rectification plane, après le démontage.

La pièce est dégagée de la matrice par un éjecteur, avec un effort d'éjection qui s'exerce sur la partie résistante à l'évacuation. (Voir la **Figure II.26**).

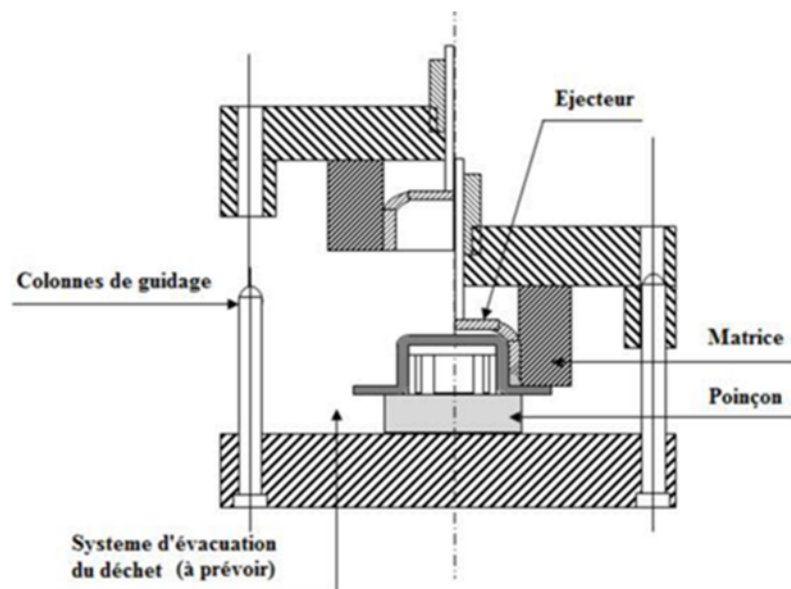


Figure III.26 : Outils de Détourage Normal.

2) *Détourage à Ras*

Il est nécessaire d'effectuer une passe de calibrage avant le détourage, afin d'obtenir un rayon minimal à l'endroit de la coupe.

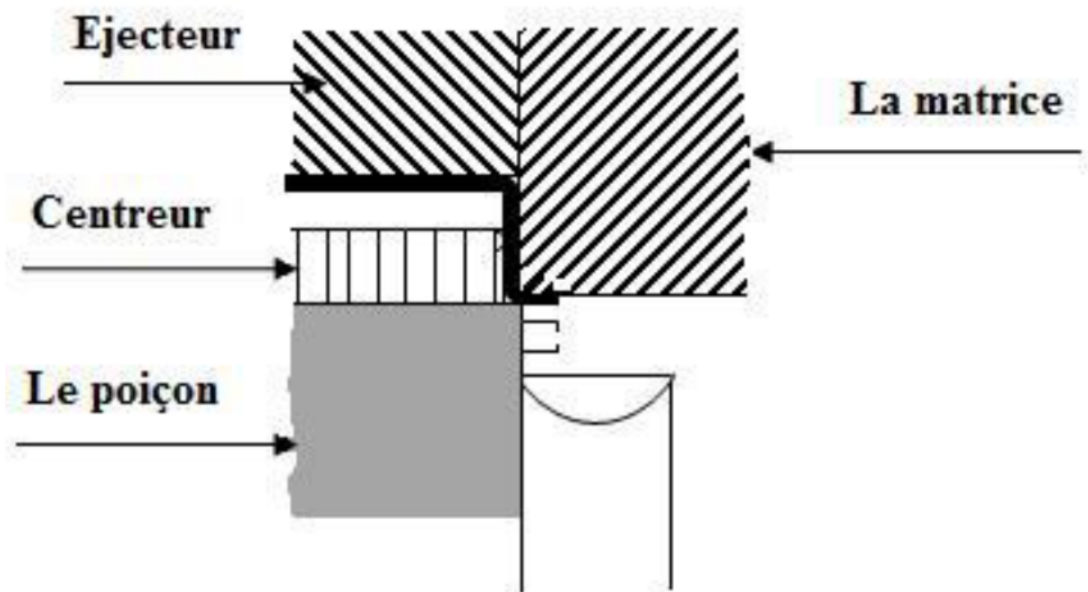


Figure III.27 : Outils de Détourage à Ras.

3) Outil de détourage-poinçonnage

Le palonnier est nécessaire, pour que le poinçon soit dans l'axe de la tige d'éjection.

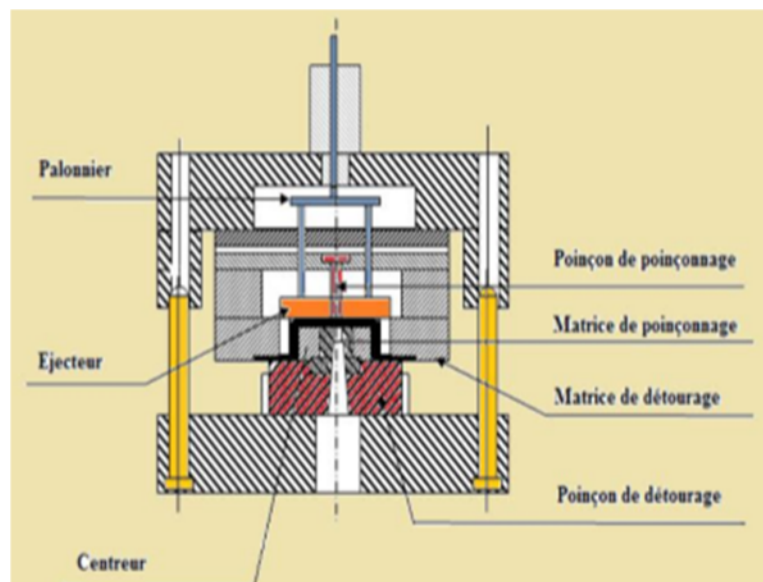


Figure III.28 : Outils de Détourage-Poinçonnage.

III.3.2.16 Outils à Came

Cette conception permet d'ajouter un mouvement particulier à l'outil dont la direction est différente de la direction verticale du coulisseau de la presse, le coulisseau fait un mouvement vertical, qui est repris par une came qui pousse à son tour un coulisseau propre à l'outil dans la direction perpendiculaire.

Les cames sont utilisées dans les outils de poinçonnage ou de cambrage lorsque plusieurs opérations sont simultanées.

L'outil avec poste à came peut se trouver sur tous les types d'outils.

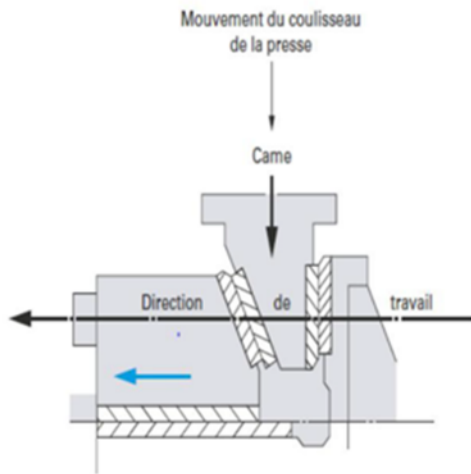


Figure III.29 : Schéma de principe d'un poste à came dans un outil

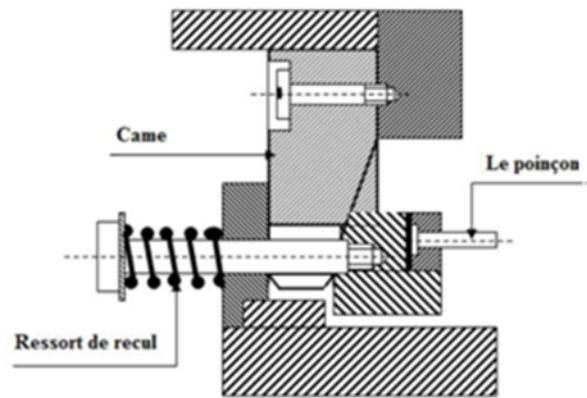


Figure III.30: Outils à Came

III.3.2.17 Outils d'Emboutissage

L'outil d'emboutissage, nous permet de former, et, laisser une empreinte creuse sur un flan, par déformation plastique des métaux en feuille.

On distingue deux (2) types d'outils d'emboutissage :

1. Outil d'emboutissage Sans Serre-Flan

Cette configuration est la plus simple. Elle est composée d'une matrice et d'un poinçon, équipé d'un coussin élastique situé sous la table de la presse. Pour cette technique, les emboutis réalisés sont peu profonds et ne nécessitent pas d'importants efforts de serrage (voir la **Figure III.31**). Cet outil est également appelé, outil d'emboutissage par passe à travers.

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

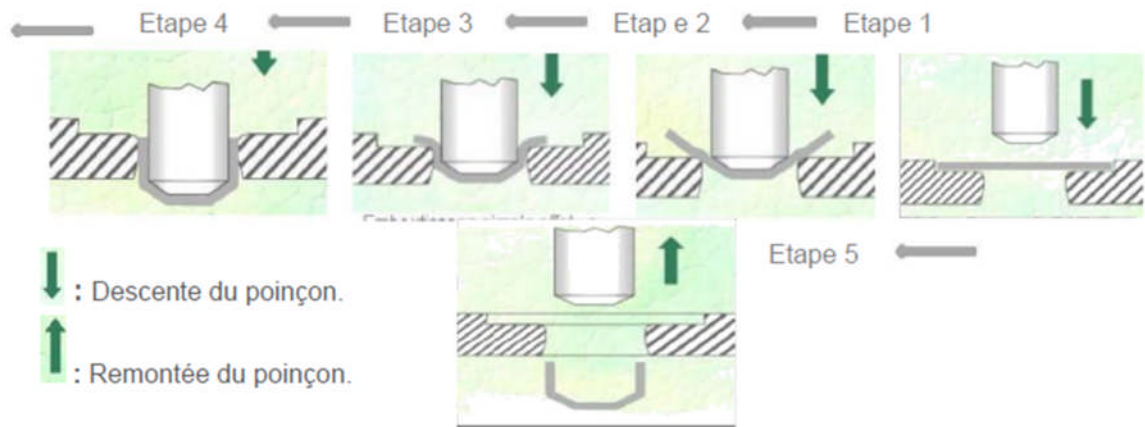


Figure III.31 : Principe du travail d'un Outil d'Emboutissage Sans Serre-Flan.

2. Outil d'Emboutissage à Serre-Flan

On distingue deux (2) types d'outils d'emboutissage à serre-flan :

- **Outil placé sur presse à simple effet**

L'outil est monté sur une presse à simple effet, composé d'un poinçon, une matrice et d'un serre-flan. Ce dernier est souvent actionné par des paires de ressorts de rappels, qui servent à amortir et absorber le choc dû, à l'effort appliqué par la presse.

Dans ce cas, l'outil est inversé, le poinçon et le serre-flan sont situés à la partie inférieure de l'outil, par contre la matrice, est située à la partie supérieure de cet outil.

À la fin de l'emboutissage, la pièce finie (emboutie) reste accrochée à la matrice, et, est poussée par des éjecteurs placés en haut de l'outil d'emboutissage.

Cette technique de formage est la plus répandue dans l'industrie. Ici, les emboutis sont très profonds et les efforts d'emboutissage sont importants. Un serrage très efficace est nécessaire pour ce type d'emboutissage.

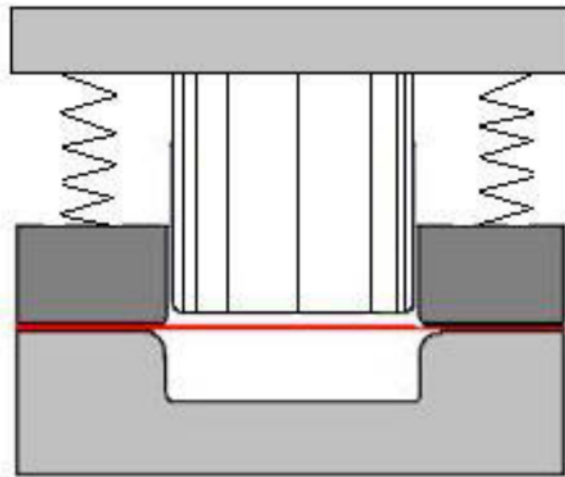


Figure III.32 : Outil d'Emboutissage à Serre-Flan, placé sur une Presse à Simple Effet.

- **Outil placé sur Presse à Double Effets**

La presse à double effets comporte deux (2) coulisseaux (intérieur et extérieur). Dans ce cas, le coulisseau extérieur porte le serre-flan. Ce dernier maintient la tôle pendant que le poinçon fixé au coulisseau intérieur, déforme le métal.

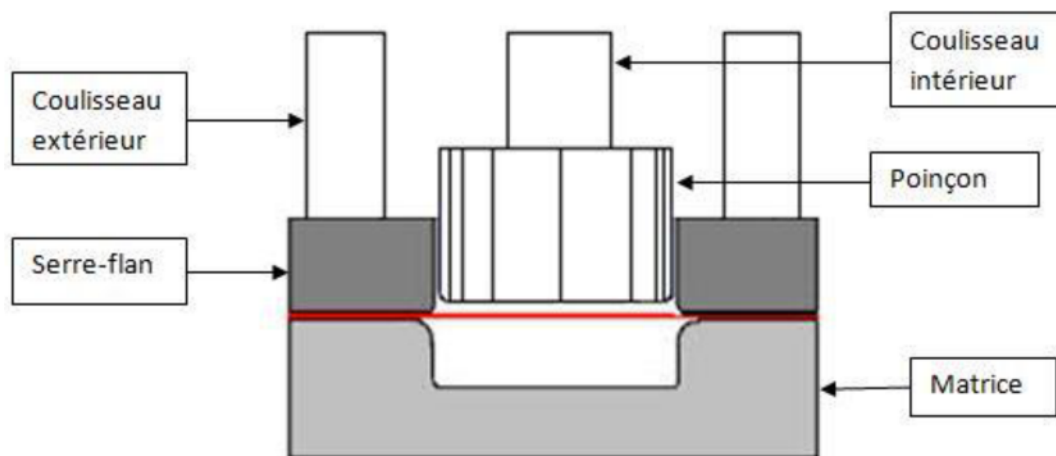


Figure III.33 : Outil d'Emboutissage à Serre-Flan, placé sur une Presse à Double Effets.

III.3.2.9 Outil de Cambrage

Dans l'industrie, il existe divers modèles d'outils de cambrage, on distingue alors trois(03) types de ces derniers :

1) Outil de Cambrage en V

L'outil de cambrage en **V** est composé d'un poinçon et d'une matrice, généralement, utilisé, pour obtenir des pièces en forme de cornière, formants l'angle de la pièce à réaliser (le **V**), équipé aussi d'un drageoir. Ce dernier est fixé sur la matrice, qui centre le flan à cambrer.

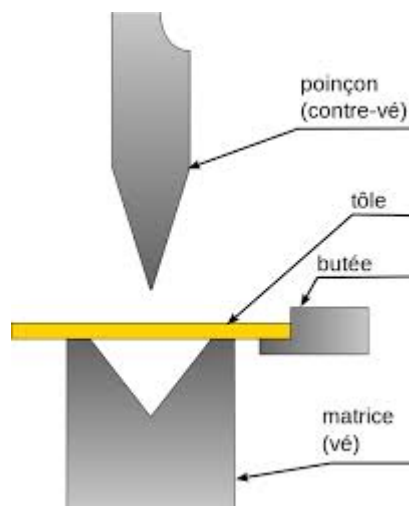


Figure III.34 : Exemple d'Outil de Cambrage en V.

2) Outil de cambrage en U

En appliquant le même principe que celui du cambrage en **V**, l'outil de cambrage en **U** comporte presque les mêmes éléments que le précédent. Ils ne diffèrent que par la forme du poinçon, et de la matrice. Cet outil relève simultanément les deux ailes de **U**. Il travaille par symétrie.

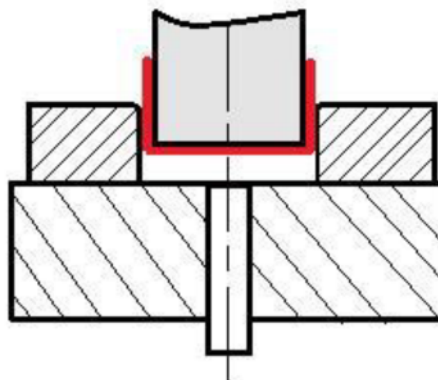


Figure III .35 : Exemple d'Outil de Cambrage en U

3) Outil de Cambrage en Équerre

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

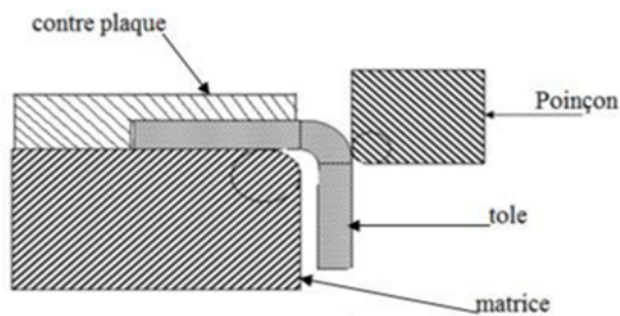


Figure III.36 : Exemple d'Outil de Cambrage en Équerre.

III.3.2.10 Outil à Suivre [10]

Cet outil, encore appelé « **outil à suite** » ou « **outil progressif** », permet de réaliser à chaque coup de presse, une pièce (ou plusieurs) terminée (s), au sens de sa mise en forme. Dans ce cas, toutes les étapes de la mise en forme de la pièce (découpage, emboutissage, pliage), sont réalisées successivement avec le même outil, et, sur la même bande.

La **Figure III.37** montre, la pose sur la partie basse de l'outil, de la bande associée sur laquelle peuvent être visualisées, les différentes opérations, de mise en forme.

L'outil se monte sur une presse automatique (**Figure III.38**), équipée d'un dispositif de déroulage de bobine de tôle, d'un redresseur pour engager dans l'outil, une bande plate et d'un aménage (dispositif de pinçage/d'épincage de la tôle) permettant l'avance, à la cadence de la presse, de la bande dans l'outil.

L'évacuation automatique des pièces est, le plus souvent, réalisée, en utilisant le poids des pièces. Ensuite, ces pièces sont avancées jusqu'aux bacs, dans lesquels elles tombent.

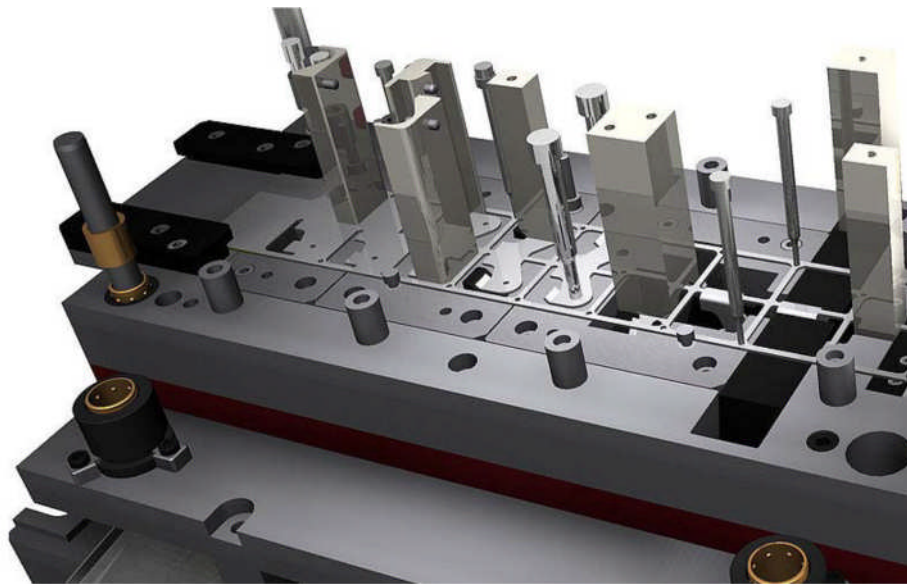


Figure III.37 : Exemple d'un Outil à Suivre avec sa mise en bande.

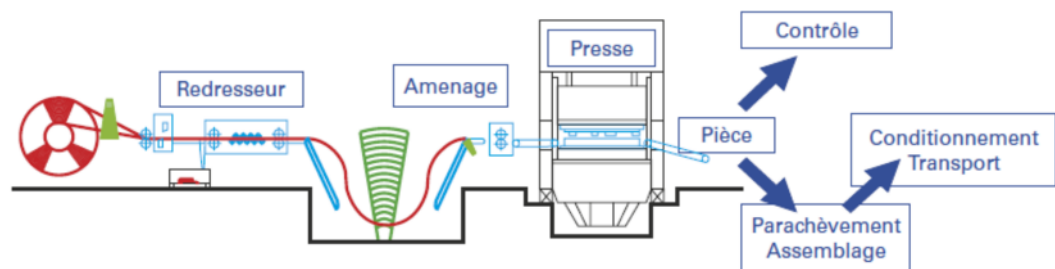


Figure III.38 : Schéma d'une Presse Automatique.

III.3.3 Montage des Outils sur les Presses [9]

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

III.3.3.1 Petite Presse

- **Partie inférieure de l'outil :**

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

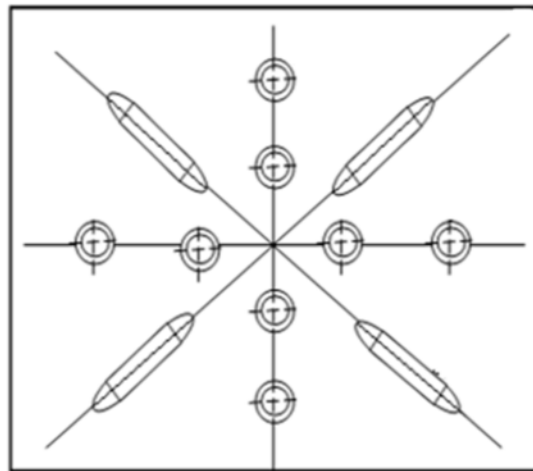


Figure III.39 : Système de fixation

On distingue deux (2) manières de fixations des semelles sur le plateau (**Figure III.39**) :

- ✓ Fixation par vis.
- ✓ Fixation par bridage.

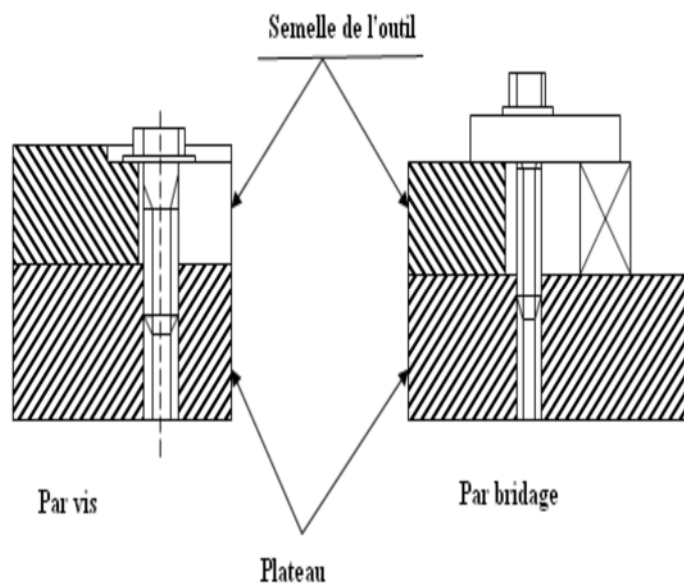


Figure. III.40: Plateau de la presse des semelles sur un plateau de presse.

• Partie supérieure de l'outil

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

Les outils longs peuvent-être aussi, fixés par les trous des oreilles du coulisseau, comme le montre la **Figure. III.41**ci-dessous.

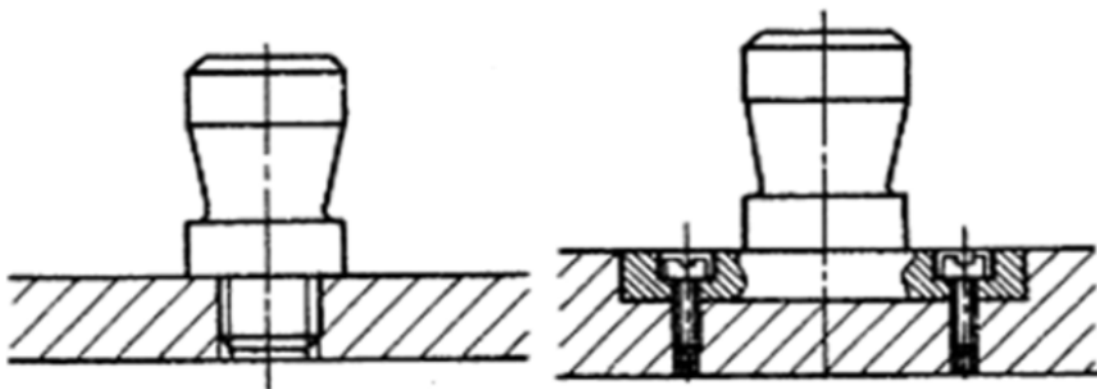


Figure. III.41: Système de fixation de la partie supérieure de l'outil.

III.3.3.2 Grosse Presse

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

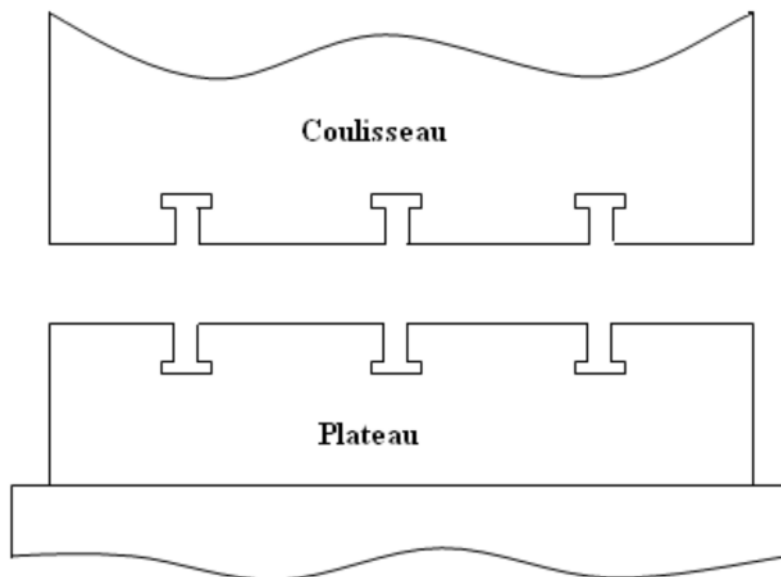


Figure III.42 : Coulisseau et plateau rainurés sur les Grosses Presses.

III.4 Paramètres liés à l'usure de l'outil

III.4.1 Lubrification

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

III.4.2 Matériaux à outil

Du fait des très fortes contraintes appliquées aux outils de découpage, les matériaux utilisés pour fabriquer les poinçons et les matrices sont choisis parmi les plus résistants à l'usure. Généralement, ceux sont des aciers à outil. Ils doivent avoir les caractéristiques suivantes :

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

Tableau III.1 : Les différents matériaux utilisés.

Pièce de l'outil	Observation	Matière
Semelle porte outil, Semelle inférieur, Semelle supérieur, Plaque porte, cales, porte matrice	Acier à la limite d'élasticité dont $Re = 235 \text{ daN/mm}^2$ Une bonne ténacité ($R_{min} = 34 \text{ daN/mm}^2$)	S235 E 24
Serre flan, buté	Acier doux cémenté à 0,22 de Carbone	C22 (XC 18)
Matrices à lames Rapportées, Poinçons.	C'est un acier fortement allié à 2 de carbone et de 12 de chrome. Une bonne résistance à l'usure, aptitude à la trempe, et faible déformation en travail. Une bonne résistance aux chocs ($R_{min} = 218 \text{ daN/mm}^2$) HRC = 61-62 Tr : Rv	X200Cr12 (Z200C12)

Colonnes de Guidage, Bagues.	C'est un extra – dur cimenté à une résistance à l'usure et aux efforts interrompus. $HRC \geq 57$.	C65 (XC65)
Plaque d'appui, Brides.	Une bonne ténacité ($R_{min} = 57 \text{ daN/mm}^2$)	C35 (XC38)

R_{min} : Résistance minimale à la rupture par extension.

Tr : Traitement thermique.

III.4.3 Conclusion

Ce chapitre nous permet d'avoir un aperçu global sur les différents types de presses, leur principe de fonctionnement, et leurs équipements, tels que les différents outils de presses, ainsi que les différents mécanismes entrants. Ce qui nous donnera des idées sur la conception des outils de presses, aussi l'amélioration des systèmes, et les mécanismes montés dans ces machines.

Chapitre IV :
Etude et conception de l'outil a
bande

Chapitre IV: Etude et conception de l'outil à bande

IV.1 Introduction

Pour l'obtention d'une pièce quelconque dans le domaine industrielle ;celle-ci est réaliser a partir de plusieurs machine tel que les presses qui répondent aux besoins des fabricants, pour cela le concepteur de l'outils qui est monté sur la presse doit respecter les dimensions exacte pour quelle soit bien montée sur cette dernière ,son objectif est de réaliser des pièces ayant un minimum de chutes ;pour cela, il doit prendre en compte dans son étude tous les paramètres nécessaires, pour produire dans les meilleurs délais, et a moindre cout de la pièce .

IV.2 Cahier des charges

Notre travaille consiste à étudier est une charnière inferieure d'un réfrigérateur ENIEM FB1 et FB2 qui est réaliser sur une presse dont les caractéristique dimensionnelle et géométriques sont présentées sur les figures ci-dessous.

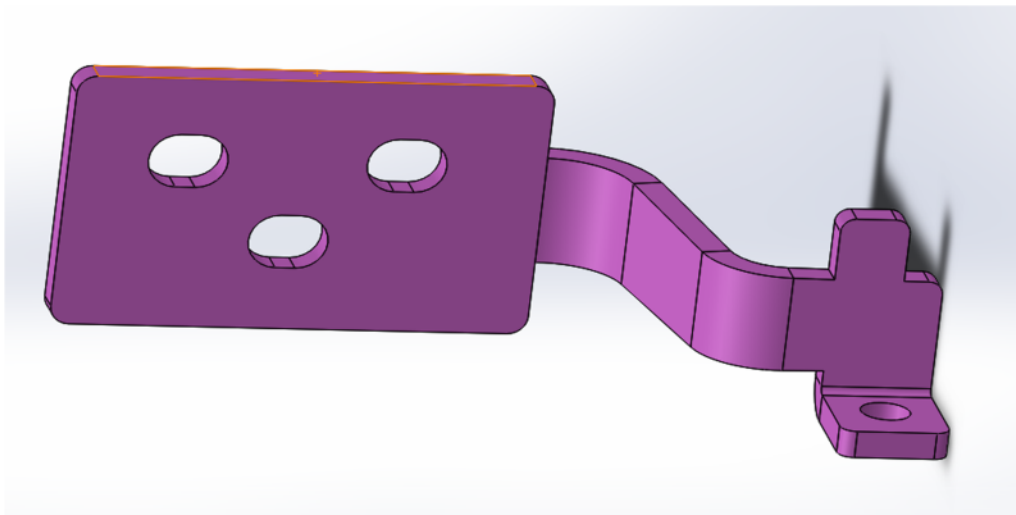


Figure IV .1 : Charnière inferieure d'un réfrigérateur ENIEM

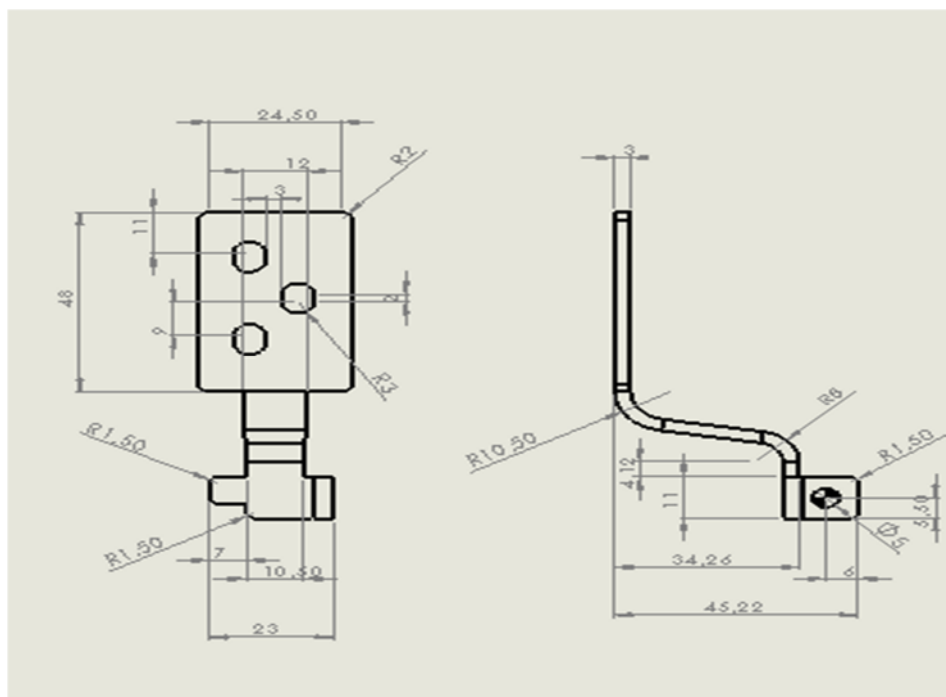
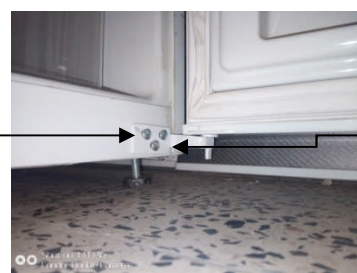


Figure IV.2 : Dessin de définition de la pièce à réaliser

IV.3 Emplacement de la pièce



Réfrigérateur FB1 ENIEM



Charnière
inferieure

Figure IV.3 : Emplacement de la charnière inferieure

IV.4 Travail demandé

IV.4.1 But :

L'ENIEM nous a chargé de réfléchir à une nouvelle conception de la charnière inférieure des nouveaux réfrigérateurs FB1 et FB2 vu que l'ancienne n'a pas trouvé place et a tendance à fléchir lorsque la porte est chargée ; ainsi on a créé un autre pli qui accueillera un pied qui sera visser sous la porte ainsi absorber la charge de la porte et cela l'empêchera de fléchir .

Remarque : Une opération de filetage est, nécessaire au niveau du perçage.

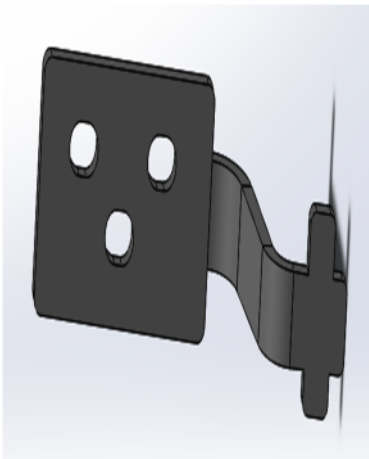


Figure IV.4 : Ancienne charnière

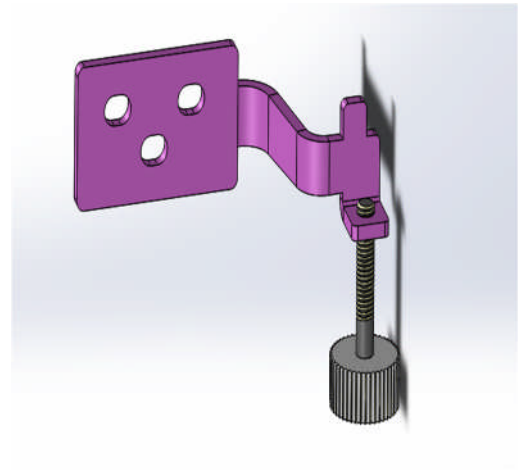


Figure IV.5 : Nouvelle charnière

IV.4.2 Processus de fabrication

Le processus de fabrication de cette charnière passe par :

1^{ère} étape : Elle consiste en un refendage en largeur et en longueur selon le besoin, à partir de la tôle en acier inoxydable (**X8 Cr17**), fournie en format commercial standard, sous forme de bobines de 2 Tonnes.

2^{ème} étape : C'est une opération de détourage qui consiste à ajuster la largeur de la bande et avoir le pas de la pièce, suivie d'une opération de perçage celle-ci nous permettra de guider la bande à l'intérieure de l'outil à l'aide des poinçons pilotes.

3^{ème} étape : C'est une opération de grugeage à l'aide d'un poinçon qui nous permet d'avoir la forme géométrique de la charnière voulu.

4^{ème} étape : Cette opération de perçage qui va accueillir par la suite une vis qui fera office de pied qui maintien la charge de la porte.

5^{ème} étape : Le premier pliage de la charnière avec un angle intérieure de 140° pour le pli supérieur et de 100° pour la partie inférieure.

6^{ème} étape : Le second pliage qui consiste a donné la forme finale de la charnière avec des ongles intérieurs de 100° .

7^{ème} étape : Ce sont 3 trous de perçage de forme ovale qui serviront au passage des vis pour maintenir la charnière sur l'armoire du réfrigérateur.

8^{ème} étape : Un pliage de 90°

9^{ème} étape : Après que toutes ces opérations terminées, une dernière opération de découpage qui consiste en la séparation de la charnière du flan.

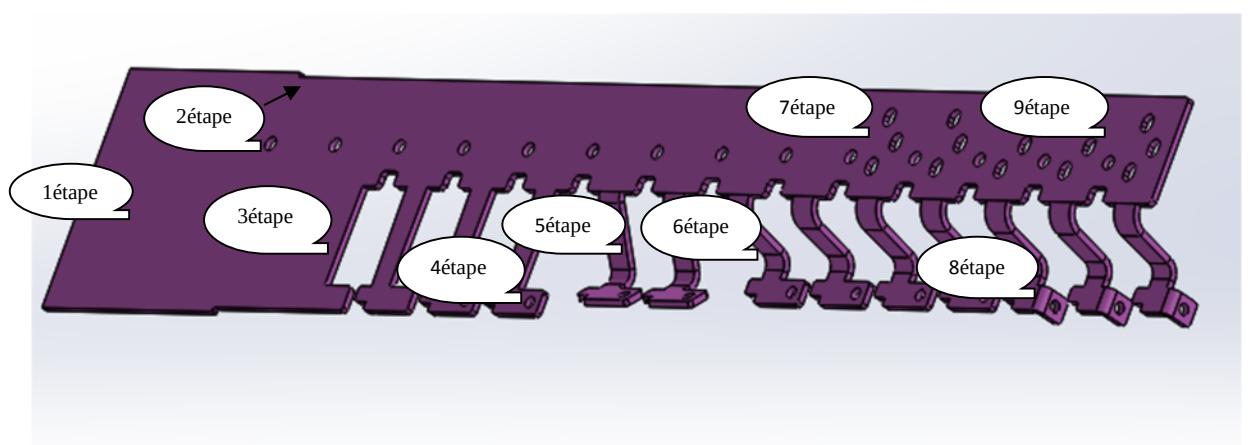


Figure IV.6 : Etapes du processus de la fabrication de la charnière inférieure

IV.5 Calcul des efforts de coupe et de pliage

La bande de la tôle est en acier inoxydable **X8 Cr17** :

Avec :

Re = 270 Mpa **Rm** = (450-600) Mpa **A%** = 20%

En tenant compte de tous les périmètres, les efforts de coupe se calculent, selon la loi suivante :

$$F = P.e.R_c$$

Avec :

F : effort de coupe, (en daN).

P : le périmètre de coupe, (en mm).

Rc : la résistance au cisaillement de la bande de tôle, en (MPa).

e : épaisseur de la bande de tôle d'acier, (en mm)

Pour assurer un bon fonctionnement de l'outil et une bonne résistance aux efforts, on prend une valeur moyenne **Rm**=500MPa (Résistance de la tôle)

Généralement, on admet que la résistance de cisaillement (**Rc**), correspondant a (8 /10) de la résistance a la rupture (**Rm**) :

$$R_c = 0.8 \times R_m$$

$$R_c = 0.8 \times 500 = 400\text{Mpa}$$

$$R_c = 400\text{Mpa}$$

▪ **Calcul des périmètres de coupe « P »**

❖ P1 : Etant le périmètre du poinçon de perçage de guidage :

$$P1 = 2 \times \pi \times R1$$

Application Numérique :

$$P1 = 2 \times 3.14 \times 3$$

$$P1 = 18.84m$$

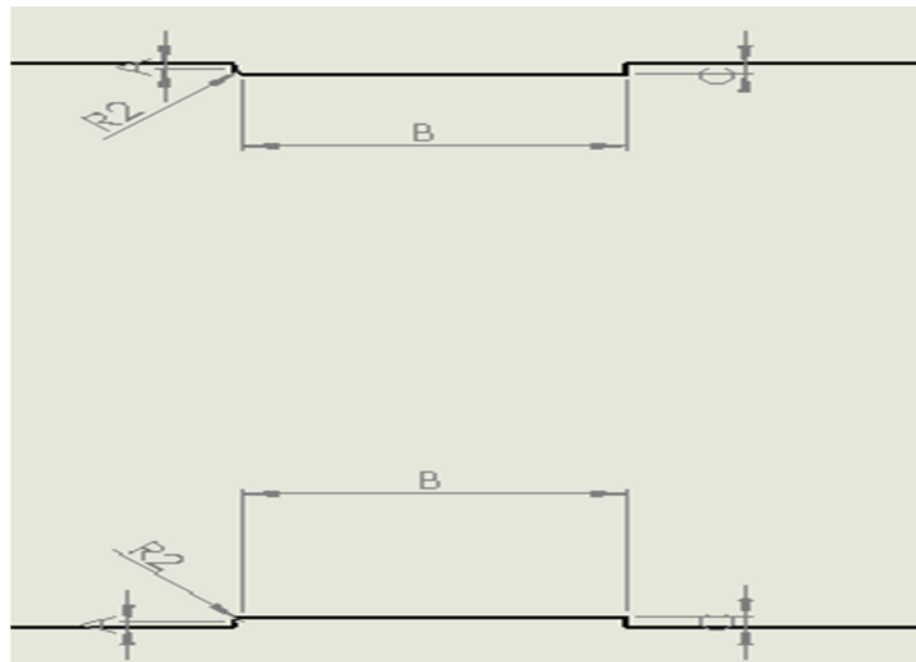
❖ P2 : Etant le périmètre de la ligne de coupe du pas :

$$P2 = [A + B + C + (\pi \times R2) / 2] \times 2$$

Application Numérique:

$$P2 = [1 + 37 + 2 + (3.14 \times 1) / 2] \times 2$$

$$P2 = 83.14mm$$



FigureIV .7 : Le périmètre de la ligne de coupe du pas

❖ P3 : Etant le détourage initiale :

$$P3 = 2 \times D + E + F + G + H + I + J + 2 \times K + L + M + N + 5 \times (\pi \times R3) \div 2 + 4 \times (\pi \times R4) \div 2$$

Application Numérique:

$$P3 = 2 \times 44.51 + 6.25 + 3 + 3 + 5.5 + 6.25 + 14 + 2 \times 5.5 + 8 + 4 + 2.5 + 5 \times (3.14 \times 1.5) \div 2 + 2 \times (3.14 \times 2)$$

$$P3 = 176.85 \text{ mm}$$

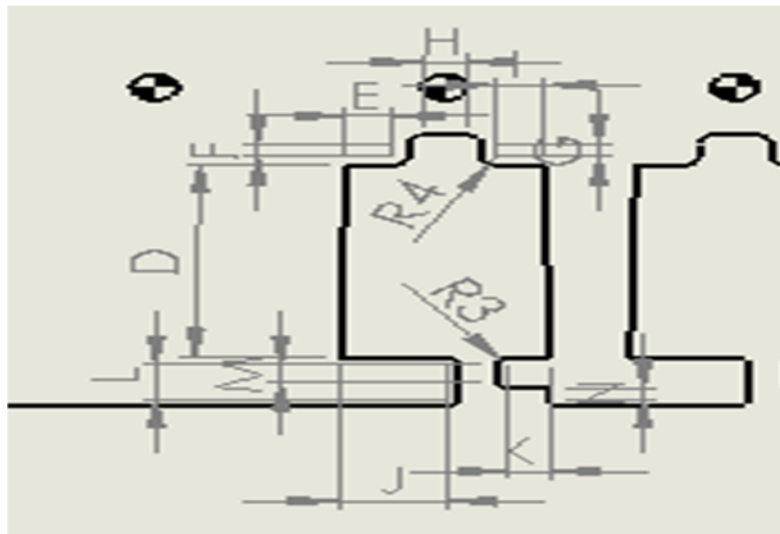


Figure IV.8: Le détourage initial

❖ P4: Etant le périmètre du poinçon de perçage :

$$P4 = 2 \times \pi \times R5$$

Application Numérique:

$$P4 = 2 \times 3.14 \times 2.5$$

$$P4 = 15.7 \text{ mm}$$

❖ P5 : Etant le périmètre des trois poinçons de perçage :

$$P5 = [(2 \times \pi \times R6) + 2 \times P] \times 3$$

Application Numérique:

$$P5 = [(2 \times 3.14 \times 3) + 2 \times 2] \times 3$$

$$P5 = 68.52$$

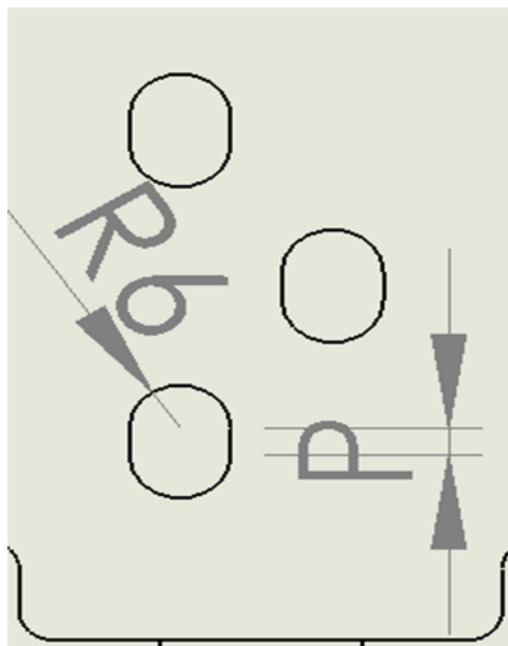


Figure IV.9 : périmètre des trois poinçons de perçage

❖ P6= Etant le périmètre du poinçon de détournage finale :

$$P6 = S + T + 2 \times Q + 4 \times (\pi \times R7) \div 2$$

Application Numérique:

$$P6 = 5.5 + 13.5 + 2 \times 41 + 4 \times (\pi \times 2) \div 2$$

$$P6 = 113.56 \text{ mm}$$

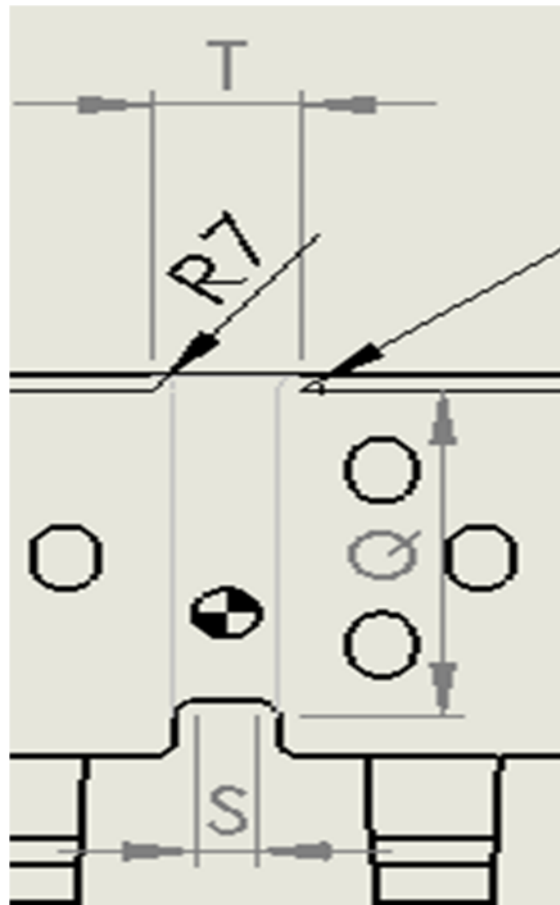


Figure IV.10 :Périmètre du poinçon de détournage finale

IV.6 Calcul de l'effort de chaque poinçon :

❖ Poinçon de percage :

$$F1 = P1 \times e \times Rc$$

Application numérique :

$$F1 = 18.84 \times 3 \times 400$$

$$F1 = 2260.8 \text{ daN}$$

❖ poinçon du pas :

$$F2 = P2 \times e \times Rc$$

Application numérique :

$$F2 = 83.14 \times 3 \times 400$$

$$F2 = 9976.8 \text{ daN}$$

❖ Poinçon de détournage initial :

$$F3 = P3 \times e \times Rc$$

Application Numérique :

$$F3 = 176.85 \times 3 \times 400$$

$$F3 = 21222 \text{ daN}$$

❖ Poinçon de perçage :

$$F4 = P4 \times e \times Rc$$

Application Numérique :

$$F4 = 15.7 \times 3 \times 400$$

$$F4 = 1884 \text{ daN}$$

❖ Poinçon des trois perçages :

$$F5 = P5 \times e \times Rc$$

Application Numérique :

$$F5 = 68.52 \times 3 \times 400$$

$$F5 = 8222.4 \text{ daN}$$

❖ Poinçon du détournage final :

$$F6 = P6 \times e \times Rc$$

Application Numérique :

$$F6 = 113.56 \times 3 \times 400$$

$$F6 = 13627.2 \text{ daN}$$

IV.7 Détermination de l'effort de pliage

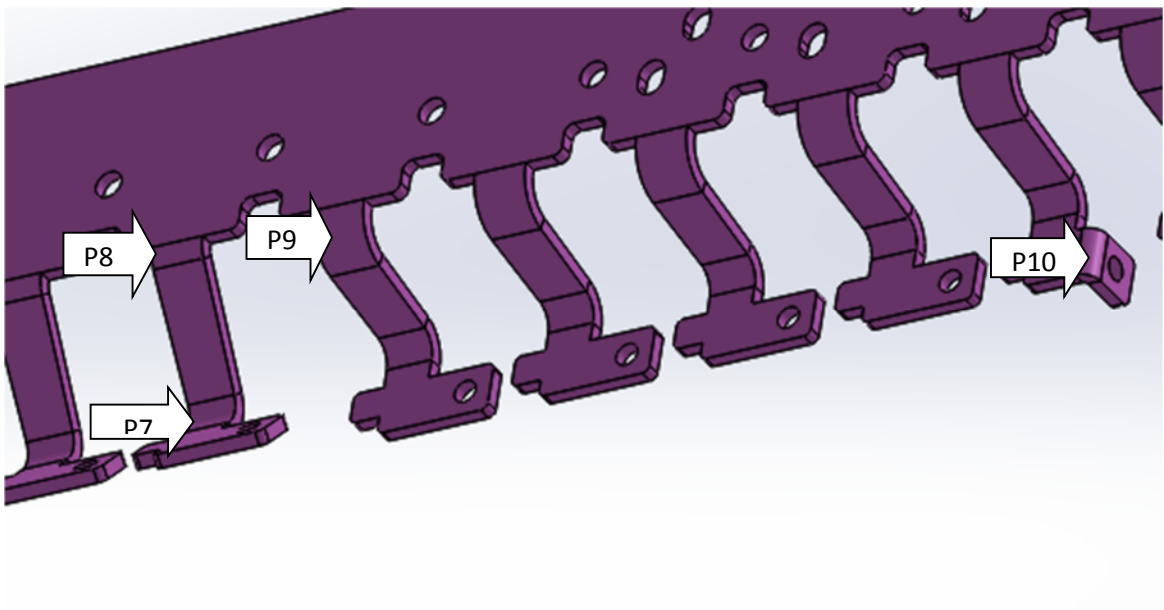


Figure IV.11 : les plis figurent sur la charnière

❖ F7 : Effort appliqué au niveau du pli 7 (P7)

$$F7 = \frac{[e \times L \times Rc]}{10}$$

Application Numérique :

$$F7 = \frac{3 \times 10.79 \times 400}{10}$$

$$F7 = 129.48 \text{ daN}$$

❖ F8 : Effort appliqué au niveau du pli 8 (P8)

$$F8 = \frac{e \times L \times Rc}{10}$$

Application Numérique :

$$F8 = \frac{3 \times 11.94 \times 400}{10}$$

$$F8 = 143.28 \text{ daN}$$

❖ F9 : Effort appliqué au niveau du pli 9 (P9)

$$F9 = \frac{e \times L \times Rc}{10}$$

Application Numérique :

$$F9 = \frac{3 \times 11.79 \times 400}{10}$$

$$F9 = 141.48 \text{ daN}$$

❖ F10 : Effort appliqué au niveau du pli 10 (P10)

$$F10 = \frac{e \times L \times Rc}{10}$$

Application Numérique :

$$F10 = \frac{3 \times 11 \times 400}{10}$$

$$F10 = 132 \text{ daN}$$

✓ **Calcul de l'effort de pliage total:** (la somme des pliages)

$$F_p = F_7 + F_8 + F_9 + F_{10}$$

$$F_p = 546.24 \text{ daN}$$

IV.8 Calcul de l'effort total de coupe

L'effort total F_d nécessaire au découpage et au pliage de la pièce est égal à la somme des efforts de chaque poinçon

$$F_d = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + 3 \times F_5 + F_6 + F_p$$

Application Numérique :

$$F_d = 2260.8 + 9976.8 + 21222 + 1884 + 3 \times 8222 + 13627.2 + 546.24$$

$$F_d = 57739.04 \text{ daN}$$

IV.9 Calcul de l'effort de dévêissage (Extraction) [16]

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

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

- Pour un découpage en plein tôle, donc avec d'importants déchets, l'effort d'extraction est égal à 7% de l'effort de découpage :

$$F_{\text{dév}} = 7\% F_{\text{découpage.}}$$

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

$$F_{\text{dév}} = 2\% F_{\text{découpage.}}$$

$$F_{\text{dév}} = (2 \text{ à } 7)\% \cdot F_d$$

Dans notre cas, comme on a une grande perte en métal alors on choisit

$$F_{\text{dév}} = 4.5\% \times F_d$$

Application Numérique :

$$F_{\text{dév}} = 0.045 \times 57739.04$$

$$F_{\text{dév}} = 2514.25 \text{ daN}$$

IV.10 Calcul de l'effort d'éjection [16]

C'est l'effort nécessaire pour extraire (éjecter) la bande de tôle

$$F_{\text{éj}} = 1.33\% \times F_d \Rightarrow 0.0133 \times F_d$$

Application Numérique :

$$F_{\text{éj}} = 0.0133 \times 57739.04$$

$$F_{\text{éj}} = 767.93 \text{ daN}$$

IV.11 Calcul de l'effort total que doit fournir la presse

La force produite provient de la presse à utiliser, elle doit produire un effort supérieur à la somme des efforts (effort total de l'outil).

$$F_{\text{pr}} > F_d + F_{\text{dév}} + F_{\text{éj}}$$

Avec :

F_{pr} : Effort de la presse, (en daN),

F_d : Effort total de découpage-poinçonnage et pliage, (en daN),

$F_{\text{dév}}$: Effort de dévêtissage, (en daN),

$F_{\text{éj}}$: Effort d'éjection, (en daN).

Application Numérique :

$$F_{\text{pr}} > 57739.04 + 2598.25 + 767.93$$

$$F_{\text{pr}} > 61105.22 \text{ daN}$$

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

$$F_{\text{pr}} > 61.10 \text{ Tonnes - force}$$

IV.12 Nombre et choix de ressorts [14]

L'encombrement de l'outil, nous a permis de définir le nombre de ressorts à utiliser. Le nombre de ressorts est de dix [10].

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

Avec :

F_{ressort}: La force d'un seul ressort, (en daN),

F_{dév}: La force d'extraction des poinçons, (en daN),

N: Le nombre de ressorts (N=10 ressorts).

Application Numérique :

$$F_{\text{ressort}} = \frac{2514.25}{10}$$

$$F_{\text{ressort}} = 251.425 \text{ daN}$$

IV.12.1 Calcul de la raideur des ressorts :

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

Avec :

K : La raideur du ressort, (en N/mm).

x : La course de compression du ressort (X = 12mm).

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

Application Numérique :

$$K = \frac{2514.25}{12}$$

$$K = 209.5 \text{ N/mm}$$

La course du ressort comprimé est égale à la course de l'outil.

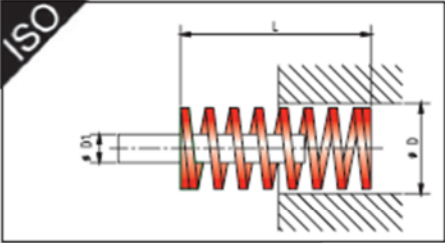
Une règle générale à observer dans le choix d'un ressort, est de toujours utiliser autant de ressorts que la matrice peut adapter, ce qui fournira la charge recherchée, avec une déflexion minimum. En découlera, une augmentation de la durée de vie du ressort, réduire les risques de rupture et l'arrêt des machines, des pertes de production et l'augmentation des frais de maintenance. [15]

Pour le dimensionnement du ressort qui supportera l'effort F_{ressort} , il est nécessaire de consulter des abaques. Ces abaques classent les ressorts par couleur, ce qui correspond au type de charge, comme la montre les figures ci-dessous.

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

Figure IV.12 : Classification des ressorts par couleur.

Tableau IV.1 : Ressort à couleur rouge (charge forte). [14]

RESSORT CHARGE FORTE COULEUR ROUGE										REF. 357
ISO 10243										
										
REF. 357 D=40 L=127 → 357-40-127										
D	D1	L	K	A 20 %		B 30 %		C Approximatif		REF. 357
mm	mm	mm	N/mm	N	mm	N	mm	N	mm	
32	16	38	388	2949	7,6	4423	11,4	5044	13	
		44	324	2851	8,8	4277	13,2	5184	16	
		51	272	2774	10,2	4162	15,3	4896	18	
		64	212	2714	12,8	4070	19,2	4876	23	
		76	172	2614	15,2	3922	22,8	4644	27	
		89	141	2510	17,8	3765	26,7	4653	33	
		102	122	2489	20,4	3733	30,6	4758	39	
		115	107	2461	23	3692	34,5	4601	43	
		127	93	2362	25,4	3543	38,1	4371	47	
		139	86	2391	27,8	3566	41,7	4386	51	
		152	78	2371	30,4	3557	45,6	4290	55	
		178	67,2	2392	35,6	3588	53,4	4637	69	
		203	59,1	2399	40,6	3599	60,9	4787	81	
		254	46,4	2357	50,8	3536	76,2	4594	99	
		305	38	2318	61	3477	91,5	4522	119	
40	20	51	350	3570	10,2	5355	15,3	6300	18	
		64	269	3443	12,8	5165	19,2	6725	25	
		76	219	3329	15,2	4993	22,8	6570	30	
		89	190	3382	17,8	5073	26,7	6840	36	
		102	163	3325	20,4	4988	30,6	6683	41	
		115	142	3266	23	4899	34,5	6674	47	
		127	128	3251	25,4	4877	38,1	6784	53	

D'après le **Tableau IV.1**, on a opté pour des ressorts dont les caractéristiques sont les suivantes :

Tableau IV.2 : Caractéristiques du ressort choisi, (voir la Figure IV.12).

D (mm)	D1 (mm)	L (mm)	K (N/mm)	A (mm)	F _{ressort} (N)
16	32	64	212	12.8	2714

IV.12.2 Le choix de la presse à utiliser

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

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

Pour notre cas, il s'agit d'un pliage, poinçonnage et détournage. Une presse mécanique est mieux indiquée.

À partir de l'effort que nous avons calculé, nous avons opté pour une presse TP 30 col de cygne de construction Allemande, qui a les caractéristiques, présentées dans le Tableau suivant:

Tableau. IV.3 : Caractéristiques de la presse à utiliser.

Capacité de la presse	100 Tonnes
Dimension de la porte matrice	1100 × 700 mm ²
Dimension du coulisseau	620 × 520 mm ²
Hauteur de l'outil fermé	352 mm

IV.12.3 Calcul du flambement des poinçons

Une poutre longue et rectiligne, est soumise à deux efforts axiaux F , directement opposés, augmentant progressivement.

Le flambement est un phénomène qui se produit pour une certaine valeur de la charge appelée, charge critique P_{cr} .

Si :

► $F < P_{cr}$: Avec une stabilité, la poutre reste rectiligne et ne subit qu'un faible raccourcissement ΔL , dû à la compression.

► $F > P_{cr}$: Avec aucune stabilité, la poutre se déforme et se plie, les déformations deviennent très importantes, et il y'aura une intervention brusque et rapide d'une rupture de cette poutre.

P_{cr} : Charge critique de flambement en (daN), se calcule comme suit

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

Avec :

F : effort du poinçonnage, (en daN),

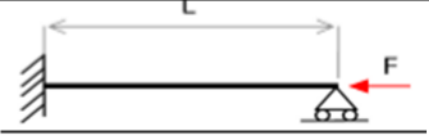
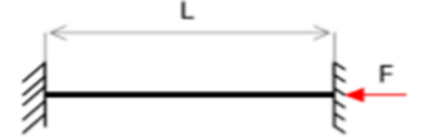
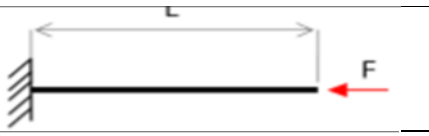
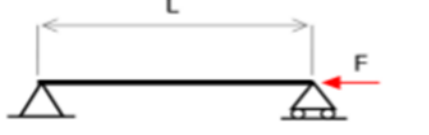
E : Module d'élasticité, $E = 210.000 \text{ N/mm}$,

I : Moment d'inertie, (en mm⁴),

l : Longueur libre de flambement, (en mm).

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

Tableau. IV.4 : Valeurs de la longueur du flambage en fonction de la longueur réelle L .

Longueur libre du flambement		
Types de liaison	Figure	Valeur de l
Encastré - pivot		$l = 0.7L$
Encastré des deux cotés		$l = 0.5 L$
Encastré - libre		$l = 2 L$
Pivot des deux cotés		$l = l$

Dans le cas de notre outil, les poinçons sont encastrés d'un côté, et libres de l'autre côté, la longueur libre du flambement est donc égale à : $2L$ ► $l = 2L$

❖ Poinçon de perçage (guidage)

Le poinçon est de forme cylindrique, de diamètre $D = 6\text{mm}$, et de longueur $L = 100\text{mm}$.

$$I = \frac{\pi \times D^4}{64}$$

Application Numérique :

$$I = \frac{3.14 \times 1296}{64}$$

$$I = 63.58 \text{ mm}^4$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 63.58}{(2 \times 100)^2}$$

$$P_{cr} = 3291.21 \text{ daN}$$

On a : $F_1 = 2260.8 \text{ daN}$ (Effort du poinçon de perçage initial)

$$F1 < P_{cr}$$

Le poinçon va résister

❖ Poinçon de perçage

Le poinçon est de forme cylindrique, de diamètre $D = 5\text{mm}$, et de longueur $L = 100\text{mm}$.

$$I = \frac{\pi \times D^4}{64}$$

Application Numérique :

$$I = \frac{3.14 \times 625}{64}$$

$$I = 30.66 \text{ mm}^4$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 30.66}{(2 \times 100)^2}$$

$$P_{cr} = 1987.05 \text{ daN}$$

On a : $F4 = 1884\text{daN}$ (Effort du poinçon de perçage initial)

$$F4 < P_{cr}$$

Le poinçon va résister

❖ poinçon de forme 1(poinçon de pas)

$$I = 33016.79 \text{ mm}^4 \quad (\text{Mesuré à partir du logiciel de CAO SOLIDWORKS})$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 33016.79}{(2 \times 92)^2}$$

$$P_{cr} = 2019192.81 \text{ daN}$$

On a : $F2 = 9976.8 \text{ daN}$ (Effort du poinçon de pas)

$$F2 < P_{cr}$$

Le poinçon va résister

❖ **poinçon de forme 2(poinçon de détourage)**

$$I = 707579.17 \text{ mm}^4$$

(Mesuré à partir du logiciel de CAO SOLIDWORKS)

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 707579.17}{(2 \times 92)^2}$$

$$P_{cr} = 43273097.61 \text{ daN}$$

On a : $F3 = 21222 \text{ daN}$ (Effort du poinçon détourage initial) $F3 < P_{cr}$ Le poinçon va résister❖ **poinçon de perçage**

$$I = 267.51 \text{ mm}^4$$

(Mesuré à partir du logiciel de CAO SOLIDWORKS)

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 267.51}{(2 \times 73)^2}$$

On a : $F5 = 8222.4 \text{ daN}$ (Effort du poinçon de perçage)

$$P_{cr} = 25984.41 \text{ daN}$$

 $F5 < P_{cr}$ Le poinçon va résister❖ **poinçon de forme 3 (détourage finale)**

$$I = 107867.44 \text{ mm}^4$$

(Mesuré à partir du logiciel de CAO SOLIDWORKS)

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 107867.44}{(2 \times 92)^2}$$

$$P_{cr} = 6596799.98 \text{ daN}$$

On a : $F_6 = 13627.2 \text{ daN}$ (Effort du poinçon de détournage final)

$F_6 < P_{cr}$ Le poinçon va résister

D'après les résultats précédents, les efforts dus au poinçonnage, détournage, sont inférieurs aux charges critiques de flambement, donc les poinçons sont sollicités uniquement en compression.

IV.12.4 Calcul de la résistance des poinçons à la compression [10]

On dit qu'un corps est sollicité à la compression, si les forces extérieures se réduisent à Deux(2) forces égales, et directement opposées, qui tendent à raccourcir le corps.

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

Avec :

$R_e = 750 \text{ Mpa}$ (La limite élastique de l'acier Z200 C12), les poinçons sont fabriqués à partir de ce matériau.

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

F : effort de poinçonnage, (en N),

S : section du poinçon, (en mm^2).

❖ Poinçon de perçage 1:

$$S_1 = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Application numérique :

$$S_1 = \frac{\pi \times 6^2}{4} = 28.26 \text{ mm}^2$$

$$S_1 = 28.26 \text{ mm}^2$$

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

Application numérique :

$$\sigma_{com1} = \frac{2260.8}{28.26} = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{com1} = 80 \text{ N/mm}^2$$

❖ **Poinçon de pas :**

$$S2 = 265.79 \text{ mm}^2$$

(Mesurer à partir du logiciel CAO SOLIDWORKS)

$$\sigma_{com2} = \frac{F2}{S2}$$

Application numérique :

$$\sigma_{com2} = \frac{9976.8}{265.79} = \sigma_{com2} = 37.53 \text{ N / mm}^2$$

$$\sigma_{com2} = 37.53 \text{ N / mm}^2$$

❖ **Poinçon de détournage initial :**

$$S3 = 1590.57 \text{ mm}^2$$

(Mesurer à partir du logiciel CAO SOLIDWORKS)

$$\sigma_{com3} = \frac{F3}{S3}$$

Application numérique :

$$\sigma_{com3} = \frac{21222}{1590.57} = \sigma_{com3} = 13.34 \text{ N / mm}^2$$

$$\sigma_{com3} = 13.34 \text{ N / mm}^2$$

❖ Poinçon de perçage 2 :

$$S_4 = \frac{\pi \times D^4}{4}$$

Application numérique :

$$S_4 = \frac{\pi \times 5^2}{4} = 19.62 \text{ mm}^2$$

$$S_4 = 19.62 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\text{com}4} = \frac{F_4}{S_4}$$

Application numérique :

$$\sigma_{\text{com}4} = \frac{1884}{19.62} = 96.02 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{com}4} = 96.02 \text{ N/mm}^2$$

❖ Poinçon de perçage 3:

$$S_5 = 40.27 \text{ mm}^2$$

(Mesurer à partir du logiciel CAO SOLIDWORKS)

$$\sigma_{\text{com}5} = \frac{F_5}{S_5}$$

Application numérique :

$$\sigma_{\text{com}5} = \frac{8222.4}{40.27} = 204.18 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{com}5} = 204.18 \text{ N/mm}^2$$

❖ Poinçon de détournage final:

$$S_6 = 488.17 \text{ mm}^2$$

(Mesurer à partir du logiciel CAO SOLIDWORKS)

$$\sigma_{com6} = \frac{F_6}{S_6}$$

Application numérique :

$$\sigma_{com6} = \frac{13627.2}{488.17} = 27.91 \text{ N / mm}^2$$

$$\sigma_{com6} = 27.91 \text{ N / mm}^2$$

On déduit que toutes les contraintes σ_{com} sont inférieure au R_e donc les poinçons résisterons.

IV.13 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons réussi à faire une étude, et à concevoir un outil à bande qui sert à la réalisation d'une charnière inférieure des nouveaux réfrigérateurs (FB1) ENIEM. Les différents calculs que nous avons effectués successivement, nous ont permis d'avoir les dimensions approximatives du flan théorique, la capacité de la presse à utiliser après le calcul de toutes les forces et la position adéquate de l'outil sur la table de la presse. Un calcul de vérification au flambement de tous les poinçons n'est pas épargné. Les résultats des efforts appliqués sur les poinçons ainsi trouvés sont loin des valeurs critiques.

IV.14 Détail de l'outil à bande

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

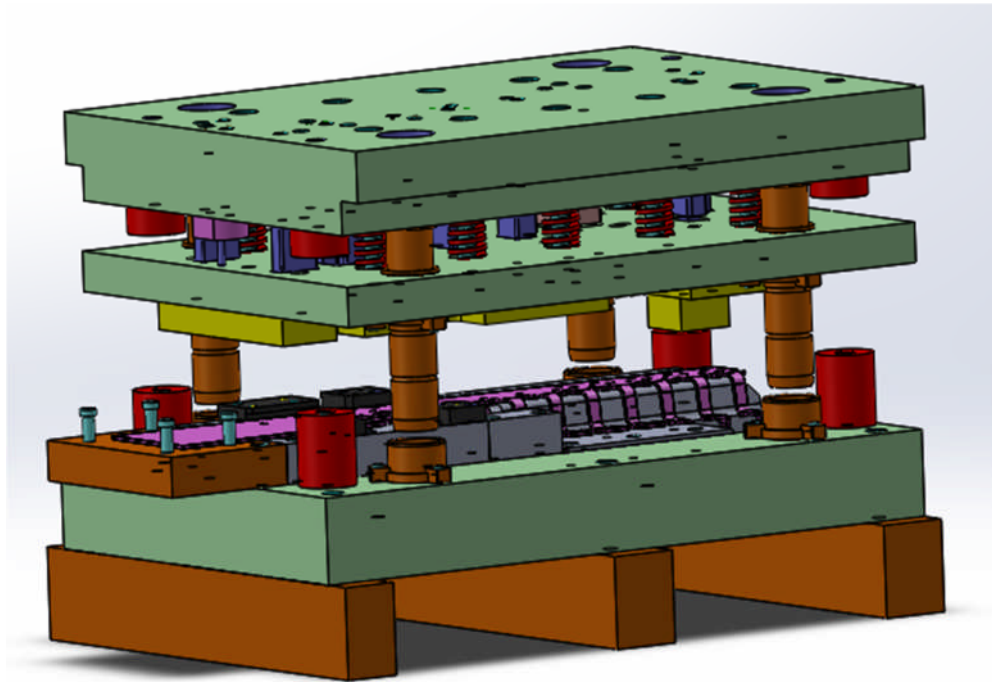


Figure IV.12: outil a bande

► **Semelle supérieure :**

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

► **Plaque d'appui :**

Elle sert à protéger la semelle supérieure des déformations au cours du travail, et à absorber les chocs dus au poinçonnage.

► **Porte poinçon :**

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

► **Poinçons :**

Ce sont les éléments qui travaillent le plus au sein de l'outil. Un calcul au flambement de ces poinçons de faible section est inévitable. Pour éviter ce phénomène, nous avons eu

recours à l'utilisation des chemises dans les quelles sont insérées ces dernières, qui sont fixées directement au porte poinçon.

► **Chemise porte poinçon :**

La chemise a pour le rôle de protéger un poinçon de faibles dimensions, contre le flambement, et à la compression. Dans notre cas, la chemise joue un double rôle, elle sert à protéger le poinçon de perçage contre le flambement, ainsi pour le rôle d'épouser la forme géométrique de la rondelle lors du poinçonnage, afin d'éviter toutes déformations de la pièce, et d'avoir un poinçonnage réussi.

► **Serre flan :**

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

► **La matrice :**

Elle doit résister aux différents efforts tels que le découpage et l'emboutissage. Elle doit être suffisamment épaisse pour supporter l'effort du sert flan et d'éviter les déformations.

► **La butée :**

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

► **Les glissières :**

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

► **les éjecteur :**

Dans un outil à suivre à bande, le rôle des éjecteurs est d'extraire la bande de tôle après l'opération d'emboutissage, pour permettre ensuite l'avance du flan, et, continuer les opérations restantes.

► **Semelle inférieure :**

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

► **Embase :**

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

► **Colonnes de guidage :**

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

Conclusion générale

Le travail sur le thème de ce mémoire, nous a permis d'avoir une excellente maîtrise de l'outil informatique, notamment les outils de conception (CAO). Participer à un projet d'une grande entreprise nationale du secteur industriel. Suivre les procédés de fabrication des diverses formes de pièces mécaniques, m'ont permis d'apprendre des techniques, et des méthodes de conception. C'est une occasion pour nous d'aborder un des domaines essentiels de l'ingénierie, afin d'accéder à la vie professionnelle.

De nos jours, les procédés de mise en forme des pièces, à partir d'une tôle d'acier, sont très connus dans l'industrie moderne, en utilisant des machines spéciales à fonctions multiples. Ce qui permet l'obtention, des produits en grandes séries, à moindre coût.

La partie essentielle de ce travail, est la conception de l'outil à bande qui va servir, à la réalisation d'une charnière inférieure pour les réfrigérateurs FB1 de l'ENIEM. Ce travail est réalisé en utilisant le logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO - Solidworks), qui a permis la détermination des caractéristiques dimensionnelles et géométriques des différents éléments de l'outil.

La solution que nous avons proposé pour cette conception devait répondre au cahier des charges, faciliter la réalisation du produit, en tenant compte de la qualité et de minimiser le coût.

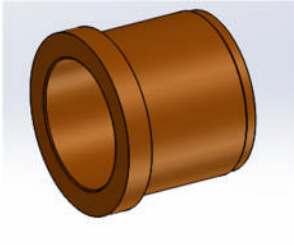
Au cours de cette étude, nous avons conçu un outil de petites dimensions, qui répond bien sûr, aux cahiers des charges, selon les dimensions de la machine, qui convient pour l'outil. Le choix des dimensions de chaque élément de l'outil à bande, est selon les conditions de résistances, et les contraintes sollicitées sur les poinçons, ainsi selon le calcul des efforts fourni par la presse, que peut supporter l'outil.

Nous avons réussi à concevoir cet outil, nous avons pris les dimensions exactes des éléments essentiels, selon les normes exigées. (Voir la figure de la perspective de notre outil, dans la partie « Objectif »). Notre travail a été réalisé avec un immense plaisir, il reste ouvert aux critiques, ainsi qu'aux propositions allant dans un sens positif, de son éventuel amélioration.

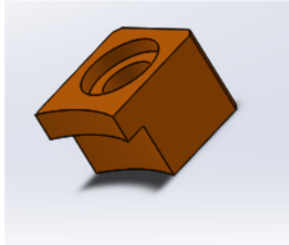
Au cours de ce projet, j'ai eu la chance d'être en contact avec l'équipe d'ingénieurs, et de techniciens travaillant au service Bureau d'Études. De ce fait, je suis très reconnaissant pour l'aide, qui m'a été apporté par le personnel de l'entreprise.

Perspectives: Aucun travail d'expertise ou de recherche n'est jamais terminer. On est très content d'avoir travaillé à l'échelle industrielle, et d'avoir trouvé une solution à un problème de l'entreprise ENIEM. Donc, on espère que notre travail servira à d'autres étudiants qui vont essayer de réaliser d'autres outils pour réaliser d'autres pièces des différents appareils électroménagers. Vu la crise économique, c'est très important d'étudier un problème des côtés: qualité et coût.

Les annexes



Bague de guidage



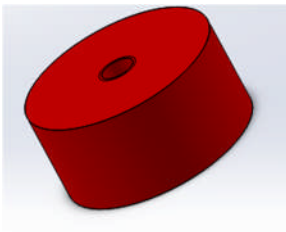
Douille



Poinçon 8



cylindrique



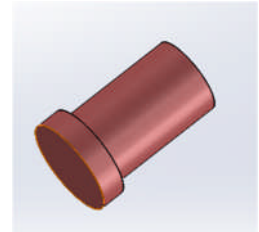
Celane bloque



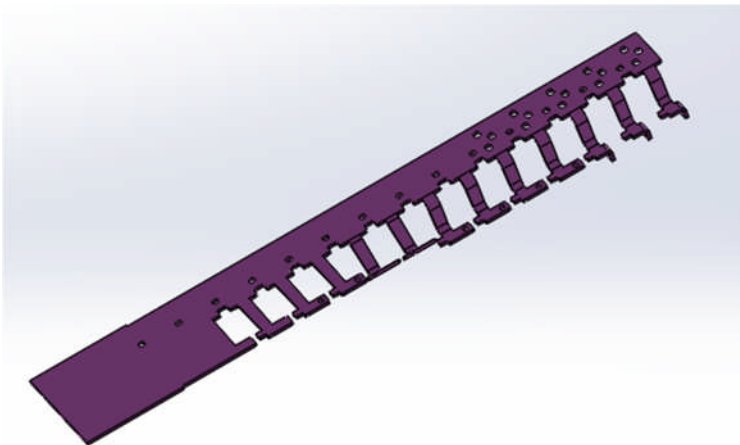
Canon 1



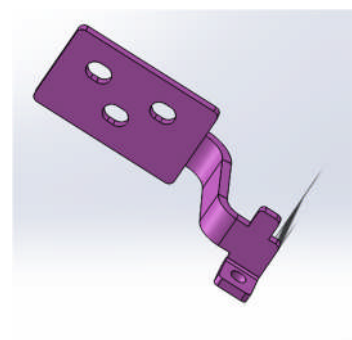
Calle



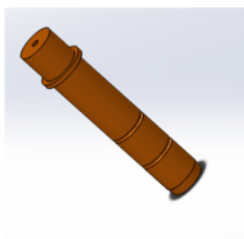
Ejecteur



Le flan



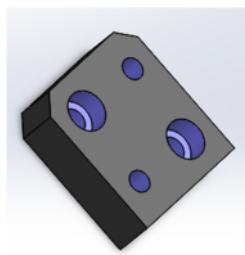
Charnière



Colonne de guidage



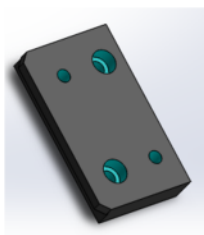
Bague de guidage 2



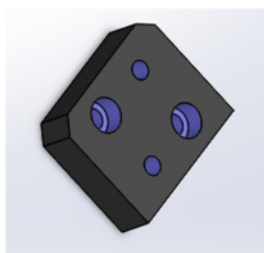
Butée 1



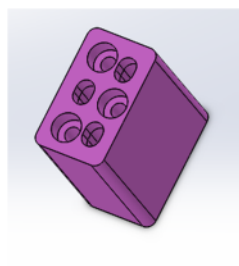
Glissière droite



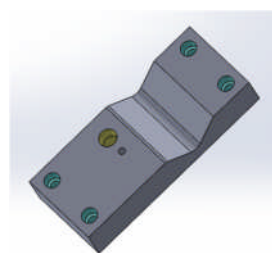
Glissière gauche



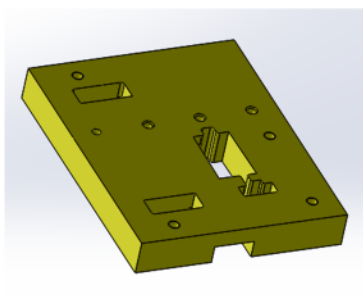
Butée 2



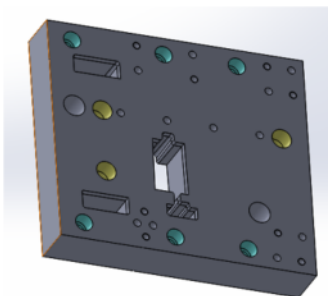
canon 3



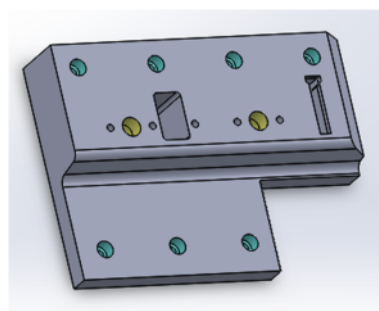
matrice2



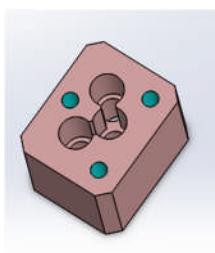
Serre flan 1



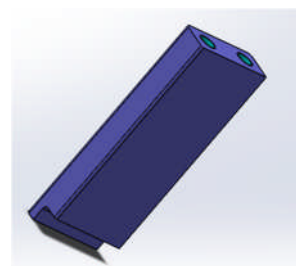
Matrice 1



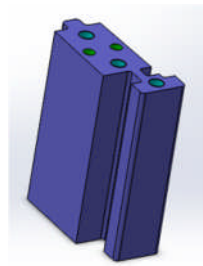
Matrice 3



Porte poinçon 3



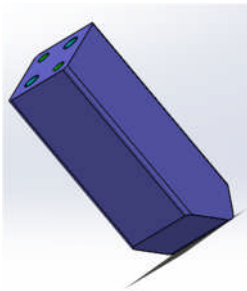
Poinçon3



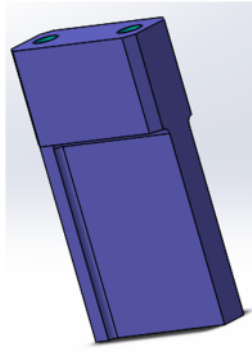
Poinçon 4



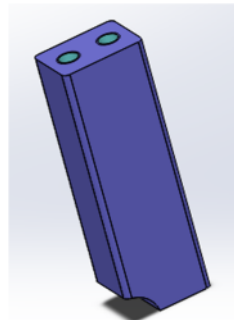
Poinçon 1



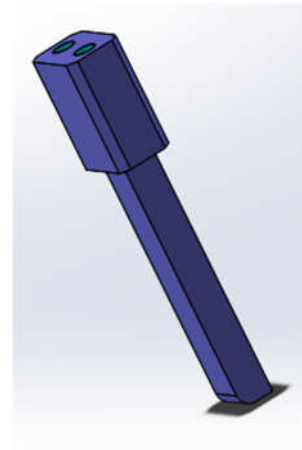
Poinçon 6



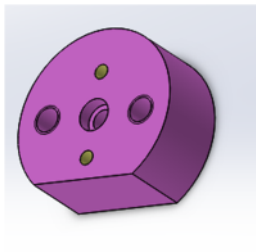
Poinçon 10



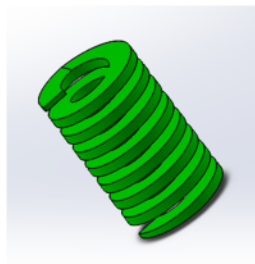
Poinçon 7



Poinçon 9



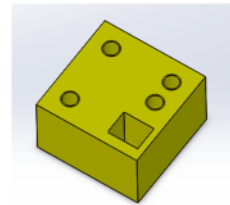
Porte poinçon 1



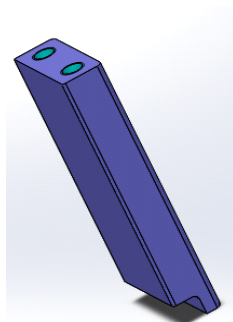
Ressort 2



Ressort 1



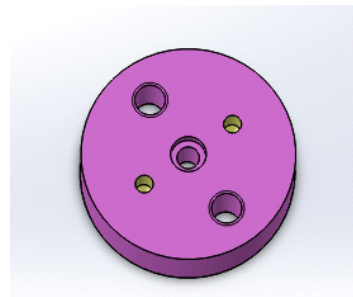
Serre-flan 6



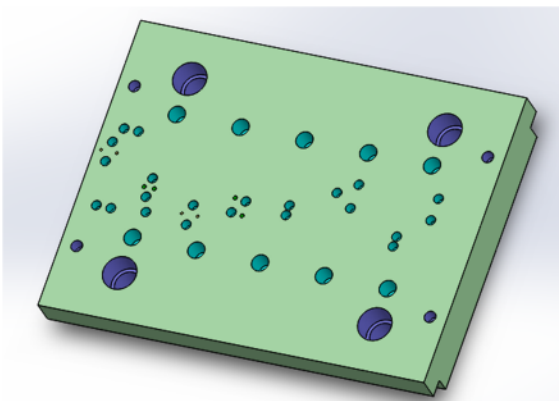
Poinçon 2



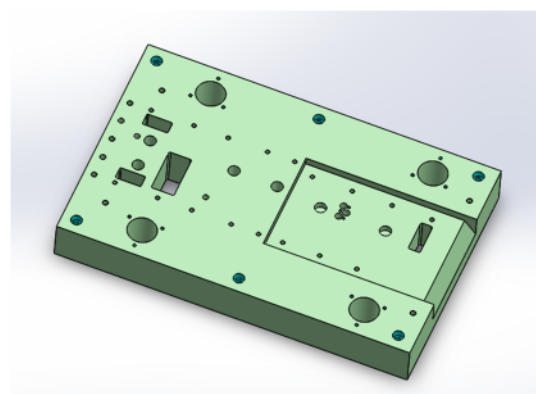
Poinçon 5



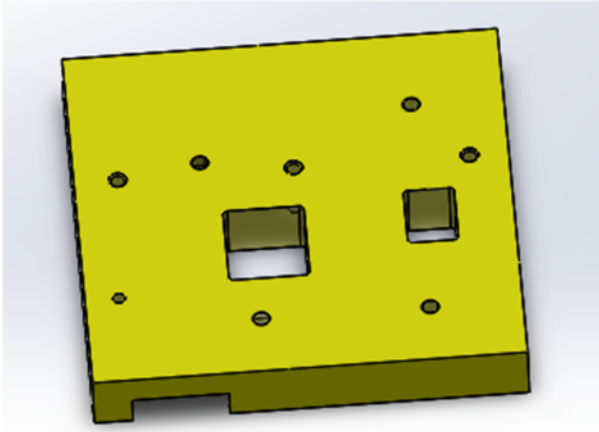
Porte poinçon 5



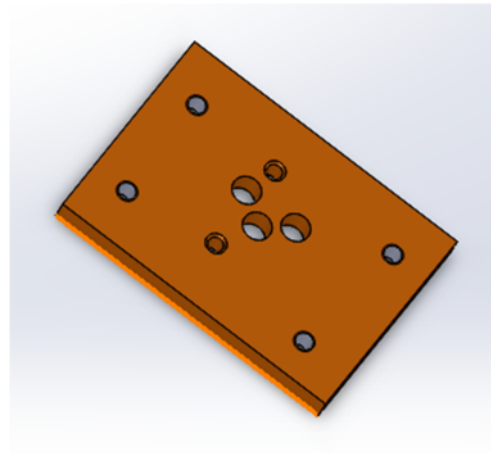
Semelle supérieure



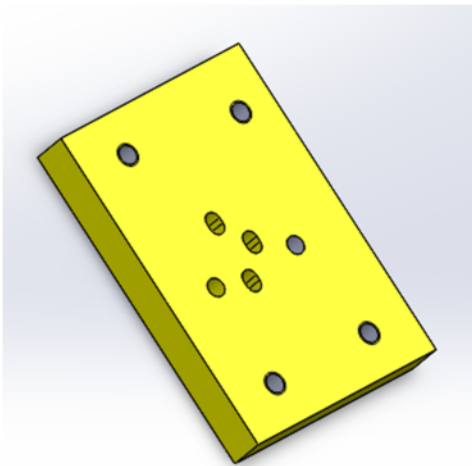
Semelle inférieure



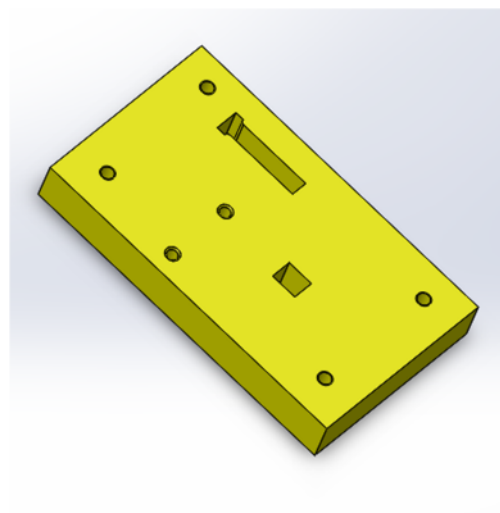
Serre flan 2



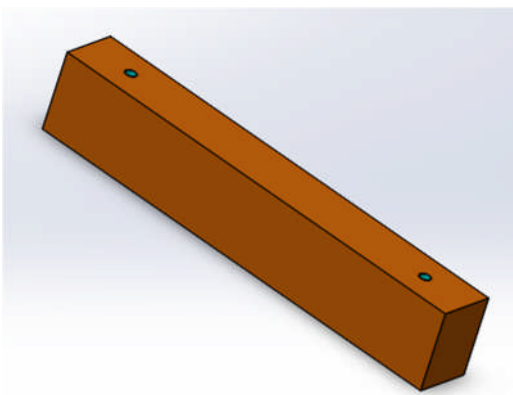
Serre flan 4



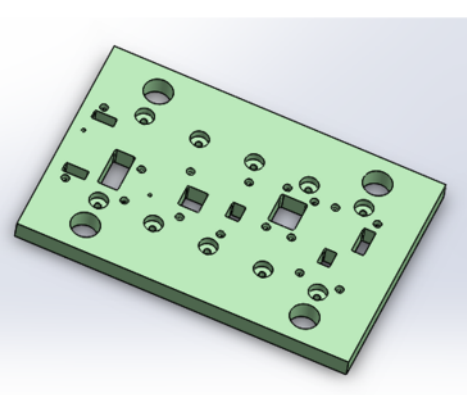
Serre flan 3



Serre flan 5



Tasseau



Porte poincons

Bibliographie

[1] : Documents E.N.I.E.M.

[2] : Précis de métallurgie.

[3] : Les articles d'expert, [http:// :www.construiracier.fr](http://www.construiracier.fr)

[4] :C.CAUSSIN, G.HILLY, Métallurgie : élaboration des métaux, 4ème édition mir, MOUSCOU(1986)

[5] : Guide de Dessinateur Industriel « Chevalier », édition 2004.

[6] : BENALIA Kamel ; REZGUI Karima : thèse d'ingénieur (étude comparative de l'aptitude à l'emboutissage profond des TOLESEN acier inoxydables austénitique X5CrNi18-10 et ferritique X6Cr17) UMMTO TO promotion 2012/Gérard MAEDER

[7] : Younes HADDADOU, Étude Et Conception D'un Outil À Bande Pour La Réalisation D'une Rondelle De Fixation De La Vitre Intérieure Du Four De La Cuisinière ENIEM, Mémoire De Master2, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Année 2016

[8] : [/all%20mémoire/chapitre-3-etude-du-diagramme-fer-carbone.pdf](#)

[9] : Etude et conception d'un outil à bande pour la réalisation de la patte de fixation de la nouvelle poignée cuisinière.

Réalisé par : Mr O.TEBANI, Mr L.MEGHENEM et Mr S.LOUNAS

[10] : Technique de l'ingénieur (Mise en forme des métaux en feuilles). (SNDL)

[11] : S. LARBI PACHA, S.HIDER, Étude et conception d'un outil à suivre à bande, Thèse D'ingénieur, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Année 2012.

[12] : Thèse de Souleymane RAMDE le 16 /12/2010 université de Toulouse 3. PAUL SABATIER

Titre : simulation numérique d'une opération de découpage et méthodologie de calcul pour optimiser la qualité de la pièce découpée et les sollicitations de l'outillage.

[13] : Eric GILDEMYN, Caractérisation des procédés de fabrication des pièces de sécurité automobile ; Optimisation multi-objectifs de la mise en forme, Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Paris Tech, 19 Novembre 2008

[14] : Composants de construction mécanique, RABOURDIN industrie, [http:// :www.rabourdin.fr](http://www.rabourdin.fr)

[15]: ISO Die Springs, [http:// :www.assocspring.co.uk](http://www.assocspring.co.uk)

[16]: DIEMUNSCH Nicolas, Dossier de conception détaillée, BTS conception industrialisation en microtechniques, Académie de Versailles, Année 2008.

[17] :<https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mecanique-th7/mise-en-forme-des-metaux-en-feuilles-42191210/decoupage-des-toles-a-la-presse-bm7500/>