

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DE MOULOUZ MAMMERI TIZI-OUZOU

FACULTÉ DE GÉNIE DE LA CONSTRUCTION

DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER ACADÉMIQUE

EN GÉNIE MÉCANIQUE

OPTION : CONSTRUCTION MÉCANIQUE

### **THEME :**

ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL D'EMBOUTISSAGE -  
POINÇONNAGE POUR LA FABRICATION DE LA PARTIE MOBILE  
D'UN SUPPORT PARE CYCLISTE DEMONTABLE

**PRÉSENTÉ PAR :**  
**M<sup>LLE</sup>. OUMEHRAZ LYDIA**

**PROPOSÉ PAR :**

**LEMARECHAL CARROSSERIE**

**DIRIGÉ PAR :**

**MR. BEHTANI AMAR**

**MR. BENSERAYE KHALED**

**PROMOTION 2019/2020**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۱۴۱۸

The image displays the Basmala (Bismillah) in a highly stylized, bold black calligraphic font. The text is arranged in a slightly curved, horizontal orientation. Each letter is meticulously annotated with small numbers and arrows, indicating the correct stroke order and direction for writing. The numbers range from 1 to 10. A small, elegant signature is visible at the bottom center of the calligraphic piece. To the left of the signature, the year '۱۴۱۸' is written in a smaller, simpler script. The entire composition is set against a plain white background.



## *Remerciement*

*Je tiens à remercier tout d'abord, le bon dieu le tout puissant pour m'avoir donné la force de bien mener ce travail de recherche.*

*Mes remerciements s'adressent également à :*

*Mon promoteur Mr. Behtani Amar pour ses conseils ses orientations, de m'avoir transmis les enseignements nécessaires à la réalisation de ce travail, et son aide durant l'encadrement.*

*Je remercie également les membres de jury, pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de lire et d'évaluer ce travail.*

*Je tiens aussi à remercier l'ensemble du personnel de l'entreprise « Lemarechal carrosserie industriel » et mon Co-encadreur Mr Senseraye Khalel pour leurs aides tout au long de ce travail.*

*Sans oublier mes enseignants et le personnel administratif du département de génie mécanique de l'université de Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.*

*Ainsi toute personne qui m'a aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*



*Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes très chers parents Mohand et Rachida  
pour leur amour inconditionnel et leurs sacrifices.*

*A mes chers frères Zousseila et Gaya que j'aime*

*A ma petite sœur adorée Tanina*

*A mes tantes et cousins (es)*

*A mes chères amies Zahra, Zahina et Lydia.*

*Une spéciale dédicace à Phabane qui m'a toujours  
soutenu.*

*Oumehraz Lydia*



**Remerciement**

**Dédicaces**

**Sommaire**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des symboles**

**Introduction générale.....01**

**Présentation de l'entreprise**

1.Présentation de l'entreprise .....	03
2.L'organisation des activités de l'entreprise.....	03
3.La gamme de carrosserie de l'entreprise.....	03
4.L'objectif de l'entreprise.....	04
5.Organisation générale de l'entreprise.....	04

**Chapitre I : Approche générale sur les matériaux et les aciers**

I.1- Introduction .....	05
I.2-Définition du matériau.....	05
I.2.1-Les grandes familles des matériaux .....	05
I.3-Généralités sur les aciers .....	07
I.3.1-Définition .....	08
I.3.2-La microstructure d'un acier .....	09
I.3.2.1 -Caractéristiques du fer et du carbone .....	09
I.3.2.2- Alliages fer-carbone .....	09
I.3.2.3- Diagramme d'équilibre fer-carbone .....	09
I.3.2.3.1- Diagramme d'équilibre métastable .....	09
I.3.2.3.2- Description du diagramme .....	10
I.3.2.3.3- Diagramme Fer-carbone stable ou à graphite .....	12
I.3.2.3.4- Le système fer – carbone dans l'industrie.....	12
I.3.2.3.5- Les éléments d'additions.....	12
I.3.2.3.6- Influence d'éléments d'additions .....	13
I.3.3- Traitements thermiques des aciers .....	13
I.4- Classification des aciers.....	13

I.4.1-Aciers non alliés .....	14
I.4.1.1- Acier d’usage général.....	14
I.4.1.1.1- Les désignations des aciers d’usage général .....	14
I.4.1.2-Les aciers spéciaux (type C) .....	15
I.4.1.2.1- Désignations des aciers spéciaux type (C).....	15
I.4.2-Acier alliés .....	15
I.4.2.1- Les aciers faiblement alliés .....	15
I.4.2.1.1- Désignations des aciers faiblement alliés.....	15
I.4.2.1.2- Les aciers aux carbonés.....	16
I.4.2.1.3- Les aciers à traitements thermiques .....	16
I.4.2.2- Les aciers fortement alliés.....	16
I.4.2.2.1- Désignations des aciers fortement alliés .....	16
I.4.2.2.2- Les aciers inoxydables .....	17
I.4.2.2.3- Les aciers à outils .....	17
I.5- Conclusion .....	18

## **Chapitre II : Présentation de la pièce et les procédés de sa mise en forme**

II.1- Introduction .....	19
II.1.1- Définition du pare cycliste.....	19
II.1.2 - Assemblage des composants du pare cycliste.....	20
II.2- Procédés de mise en forme de la pièce.....	21
II.2.1- Moulage .....	21
II.2.1.1- Définition .....	21
II.2.1.2 -Les types de moulages .....	22
II.2.2-Poinçonnage.....	26
II.2.2.1 -Définition .....	26
II.2.2.2-Principe d’opération de poinçonnage.....	26
II.2.2.3 : Avantages et inconvénients du poinçonnage .....	26
II.2.2.4 : Outils de poinçonnage.....	27
II.2.2.5 : Contraintes sur les poinçons .....	28
II.2.2.6- Effort de poinçonnage.....	29
II.2.2.7-Le jeu de découpage .....	30
II.2.3- L’emboutissage .....	31

II.2.3.1- Définition .....	31
II.2.3.2- Outillage.....	31
II.2.3.3-Principe de l’emboutissage .....	31
II .2.3.4-Les techniques d’emboutissage .....	33
II .2.3.4.1- L’emboutissage à froid .....	33
II .2.3.4.2- L’emboutissage à chaud.....	34
II .2.3.5- Différents types d’outil d’emboutissage .....	35
II.2.3.6- Les différentes utilisations d’emboutissage .....	35
II.2.3.7- Evaluation des efforts .....	35
II.2.3.7.1- Effort d’emboutissage cylindrique.....	35
II.2.3.7.2.- Efforts de serrage cylindrique.....	36
II.2.3.7.3- Effort d’emboutissage rectangulaire .....	36
II.2.3.7.4-Efforts de serrage rectangulaire .....	37
II.2.4- Le Pliage .....	37
II.2.4.1- Définition .....	37
II.2.4.2-Principe de pliage.....	38
II.2.4.3 - Les différents modes de pliage .....	38
II.2.4.3.1- Pliage en V .....	38
II.2.4.3.2-Pliage en U .....	40
II.2.4.3.3- Pliage en L .....	40
II.2.4.4- Le retour élastique.....	41
II.2.4.5-Déformation du pli.....	41
II.2.4.6- Le rayon du pliage .....	42
II.2.4.7- Condition de l’opération de pliage.....	42
II.2.4.8- L’effort de pliage .....	43
II.3- conclusion générale .....	43

### **Chapitre III : Vue sur les presses et leurs différents outils**

III.1- Introduction.....	44
III.2- Définition d’une presse .....	44
III.2.1- Types de machine de presse.....	44
III.2.2- Les types de presses selon leurs modes de transmission d’énergie .....	44
III.2.2.1- Les presses hydrauliques.....	44

III.2.2.1.1- Le fonctionnement de la presse hydraulique.....	45
III.2.2.1.2- Les avantages et les inconvénients de la presse hydraulique.....	45
III.2.2.2-Les presses mécaniques .....	46
III.2.2.2.1- Principe de fonctionnement d’une presse mécanique .....	46
III.2.2.2.2- Le mécanisme de commande .....	46
III.2.2.3- Les presses pneumatiques et leurs fonctionnements.....	49
III.2.2.3.1- Les avantages et inconvénients d’une presse pneumatique .....	50
III.2.3- Les types de presses selon leurs formes de bâti.....	50
III.2.3.1-Les presses à col à cygne .....	51
III.2.3.2-Les presses à arcade .....	51
III.2.3.3-Les presses à colonne .....	52
III.2.3.4-Les presses à montants droit .....	52
III.2.3.5- Presse à table mobile et bigorne .....	53
III.2.4- Les types de presses selon le nombre de coulisseaux .....	53
III.2.4.1- Les presses simples effets .....	53
III.2.4.2- Les presses doubles effets .....	53
III.2.4.3- Presse à triples effets.....	54
II.3- Les critères de choix d’une presse.....	55
II.3.1- Sécurité sur les presses .....	55
III.4 - les outils de presses .....	55
III.4.1- Les éléments principaux de l’outil de presse .....	56
III.4.1.1-Le poinçon .....	56
III.4.1.2-La matrice .....	56
III.4.1.3-La dépouille .....	57
III.4.1.4-L’affutage.....	57
III.4.2- Les différents types d’outils de presses .....	58
III.4.2.1- L’outil à découper .....	58
III.4.2.1.1-Outil simple découvert .....	58
III.4.2.1.2- Outil butée à découvert .....	58
III.4.2.2- Outils à emboutissage .....	59
III.4.2.2.1- Outil d’emboutissage sans serre flan .....	59
III.4.2.2.2- Outil d’emboutissage avec serre-flan .....	59
III.4.2.3 : Outils de détournage .....	60

III.3.2.4- Outil de pliage.....	62
III.3.2.5- Outil contre plaque.....	63
III.3.2.6- Outil de presse à bande .....	64
III.3.2.7- Outil suisse .....	65
III.3.2.8- Outil à suivre ou outil à suite .....	66
III.3.3- Montage des outils sur les presses .....	66
III.3.3.1- Les petites presses.....	67
III.3.3.2- Les grosses presses .....	68
III.4- Conclusion .....	68

### **Chapitre IV : Etudes et conceptions**

IV. 1- Introduction.....	69
IV.2- But de projet .....	69
IV .3- Le cahier des charges.....	70
IV.3.1- Définition .....	70
IV.3.2- Propriétés mécaniques de la pièce .....	70
IV.3.3- Compositions chimiques de la pièce .....	70
IV.3.4- Emplacement de la pièce .....	71
IV.4-Étude de l’outil .....	71
IV.4.1- Calculs des efforts de poinçonnage .....	71
IV.4.2- Calculs des efforts d’emboutissage.....	73
IV.4.3-Choix de la presse .....	77
IV.4.4-Choix de ressort d’outil de presses.....	78
IV.4.5- Calcul de résistance des poinçons au flambement .....	80
IV.4.6- Calcul de résistance des poinçons et la matrice à la compression.....	83
IV.4.7- Jeu entre le poinçon et la matrice .....	86
IV.5-Calcul de barycentre de l’outil .....	87
IV.6- Conception de l’outil .....	90
IV.7-Conclusion .....	99
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>100</b>

## Liste des figures

Figure I.1 : Les matériaux métalliques.....	05
Figure I.2 : les matériaux organiques .....	06
Figure I.3 : roche de verre. ....	06
Figure I.4 : classification des matériaux.....	07
Figure I.5 : Diagramme Fer-carbone. ....	10
Figure I.6 : Microstructures des aciers. ....	11
Figure II.1 : les rails de protection latéraux.....	19
Figure II.2 : support articulé de fixation. ....	20
Figure II.3 : verrou pour support.....	20
Figure II.4 : Kit de fixation des rails. ....	20
Figure II. 5 : Capuchons d'extrémités des rails.....	21
Figure II.6 : assemblage des composant de pare cyclistedémontable. ....	23
Figure II.7 : moulage en sable. ....	24
Figure II.8 : Moulage en carapace.....	24
Figure II.9 : moulage en cire perdue. ....	24
Figure II.10 : moulage par centrifugation. ....	25
Figure II.11 : Poinçonnage. ....	26
Figure II.12 : poinçon.....	27
Figure II. 13 : matrice et poinçon. ....	28
Figure II.14 : flambement d'un poinçon. ....	29
Figure II .15 : jeu entre le poinçon et la matrice. ....	30
Figure II.16 : Opération d'emboutissage.....	34
Figure II.17 : Distances a et b, dans le cas du rectangle. ....	37
Figure II.18 : Le pliage.....	38
Figure II.19 : Pliage en V. ....	39
Figure II.20 : Pliage en U. ....	40
Figure II.21: pliage en L.....	40
Figure II. 22 : le retour élastique. ....	41
Figure II.23 : rayon intérieur de pliage.....	42
Figure II.24 : jeu de pliage .....	43
Figure III.1 : différents modèles de presses. ....	45

Figure III.2 : presse mécanique.....	46
Figure III.3 : Système bielle manivelle .....	47
Figure III.4 : système excentrique.....	47
Figure III.5: système genouillère.....	48
Figure III.6 : Système à came.....	49
Figure III.7 : une presse pneumatique .....	50
Figure III.8 : presse à col à cygne .....	51
Figure III.9 : presse à arcade .....	52
Figure III.10 : presse à colonne .....	52
Figure III.11 : presse à simple effet.....	53
Figure III.12 : presse à double effets.....	54
Figure III.13 : presse à triple effets .....	54
Figure III.14 : L'ensemble matrice et poinçon .....	56
Figure III.15 : La dépouille dans la partie active de la matrice.....	57
Figure III.16 : principe d'affutage.....	57
Figure III.17 : Outil simple découvert.....	58
Figure III.18 : Outil butée à découvert.....	58
Figure III.19 : outil placé sur une presse a simple effet .....	59
Figure III.20 : Outil placé sur presse à double effet.....	60
Figure III.21 : outil de détournage normal. ....	60
Figure III.22 : outil de détournage à Ras.....	61
Figure III.23 : outil de détournage-poinçon. ....	61
Figure III.24 : pliage en V .....	62
Figure III.25 : pliage en U .....	62
Figure III.26 : pliage en équerre .....	63
Figure III.27 : Outil contre plaque à engrenage. ....	64
Figure III.28 : Outil contre plaque à coteau .....	64
Figure III.29 : Outil de presse à bande. ....	65
Figure III.30 : outil suisse .....	66
Figure III.31 : outil à suivre .....	66
Figure III.32 : plateau de presse. ....	67
Figure III.33 : les modes de fixation de la semelle au plateau. ....	67
Figure III.34 : fixation de la partie supérieure de l'outil.....	68
Figure III.35 : Les rainures sur le coulisseau et le plateau.....	68

Figure IV.1 : Emplacement de la pièce.....	71
Figure IV.2 : Mesure de périmètre du poinçon d'emboutissage.....	74
Figure IV.3 : Mesure de périmètre du flan.....	75
Figure IV.4 : Ressort de charge hyper forte Réf : 359.....	79
Figure IV .5 : Caractéristiques du ressort de charge hyper forte Réf : 359.....	79
Figure IV.6 : Position des centres de gravité .....	88
Figure IV.7: Pied d'appuis.....	90
Figure IV.8 : Semelle inférieure.....	90
Figure IV.9 : Matrice inférieure .....	91
Figure IV.10 :Canons .....	91
Figure IV.11 : Butée.....	92
Figure IV.12 : Embase .....	92
Figure IV.13: Colonne de guidage .....	93
Figure IV. 14 : partie fixe de l'outil.....	93
Figure IV.15 : Semelle supérieure.....	94
Figure IV.16 : porte poinçon.....	94
Figure IV.17 : poinçons.....	95
Figure IV.18 : Ressort.....	95
Figure IV.19 : Dévêtisseur .....	96
Figure IV.20 : nez de fixation .....	96
Figure IV.21 : vis d'épaulement.....	97
Figure IV.22 : goupille .....	97
Figure IV.23 : partie mobile de l'outil .....	98
Figure IV.24 :outil complet assemblé.....	98

## Liste des tableaux

Tableau I.1 : caractéristique du fer .....	08
Tableau I.2 : caractéristique du Carbon.....	08
Tableau II.1 : Les types de moulage en fonction de la nature de l'alliage coulé .....	22
Tableau IV.1 : dimensions de la pièce.....	70
Tableau IV.2 : Propriétés mécaniques de la pièce.....	70
Tableau IV.3 : compositions chimiques de la pièce. ....	70
Tableau IV.4 : choix de coefficient d'ajustement des calculs k .....	73
Tableau IV.5 : Caractéristiques de la portique hydraulique presse HP-300.....	78
Tableau IV.6 : Longueur libre de flambage .....	81
Tableau IV.7 : les centres d'inertie des efforts des poinçons.....	89

## Liste des symboles

- $F_p$  : effort de poinçonnage.
- $P_{\text{poinçon}}$  : périmètre du poinçon.
- $e$  : Epaisseur de la tôle.
- $R_m$  : Larésistance de la tôle.
- $K$  : coefficient d'ajustement.
- $P_{\text{flan}}$  : périmètre de flan.
- $F_{\text{serre-flan}}$  : effort de serre- flan.
- $F_{P \text{ total}}$  : effort total de poinçonnage.
- $F_{E \text{ total}}$  : effort total d'emboutissage.
- $F_{\text{presse total}}$  : effort total de la presse.
- $N$  : nombre de ressort.
- $A$  : course de ressort.
- $L$  : longueur de ressort.
- $D_I$  : diamètre intérieur du ressort.
- $D$  : diamètre extérieure de ressort.
- $E$  : module de Young ou module d'élasticité.
- $I$  : moment d'inertie.
- $l$  : longueur libre de flambement.
- $F_{cr}$  : charge critique.
- $\sigma_{\text{comp}}$  : Effort de compression.
- $F$  : Effort de poinçonnage.
- $S$  : Section du poinçon.
- $F_t$  : effort de total de poinçonnage et emboutissage.
- $X_G$  : centre de gravité suivant X.
- $Y_G$  : centre de gravité suivant Y.

Les accidents de la route demeurent un véritable fléau au niveau mondial.

90 % des décès sur les routes surviennent dans les pays à revenu faible ou intermédiaire. Annuellement, l'Organisation mondiale de la santé (L'OMS), publie un rapport complet sur l'accidentologie et la mortalité routière de tous les pays du monde. L'Algérie occupe la 98<sup>ème</sup> place dans le classement mondial des accidents de la circulation routière, et la 42<sup>ème</sup> position au niveau africain.

À noter qu'à l'échelle mondiale, presque la moitié des décès sur les routes touchent les usagers qui sont les moins protégés tels que les motocyclistes. Rappelant que les camions les véhicules à remorque sont surreprésentés dans les cas de collision qui entraînent des blessures graves, pour cela des mesures de sécurité ont été prises pour diminuer le taux de mortalité.

Étant donné que la sécurité a toujours été une préoccupation majeure pour les entreprises de fabrication des carrosseries afin de diminuer le sinistre taux de mortalité. Lemarechal carrosserie industriel, une entreprise pionnière en Algérie lutte pour améliorer ses produits pour répondre à toute exigence. Pour cela, une tâche nous a été confiée, celle de concevoir un outil qui nous permet de réaliser les opérations de **poinçonnage et d'emboutissage** au niveau de la partie mobile du support de fixation d'un **pare cycliste démontable**. Ce dernier est un dispositif physique qui comble l'espace vide entre la cabine et les roues arrière du véhicule afin d'éviter qu'un cycliste ou un piéton situé trop près du véhicule ne se retrouve sous les roues par suite d'une manœuvre de virage ou en cas de chute.

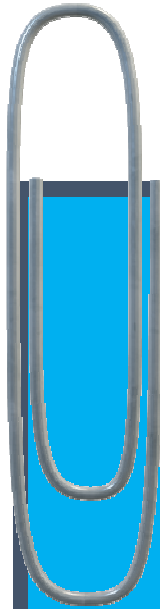
Cette étude offre un certain nombre de points de vue importants sur les accidents et la sécurité routière. Simultanément, il nous a permis d'exploiter nos compétences, nos capacités et nos gains dans notre domaine en tant que constructeurs pour atteindre notre objectif qui est la conception d'un outil d'emboutissage-poinçonnage pour la fabrication de ce dispositif de sécurité. Ce travail demande de satisfaire certaines exigences tel que la qualité, la durée de vie, un prix bas de revient et un montage-démontage facile. Pour cela nous avons fait quelques études nécessaires et nous avons effectué des calculs de vérifications ainsi que la conception de l'outil en utilisant un logiciel approprié à la conception assistée par ordinateur fonctionnant sous Windows nommé SOLIDWORKS. Ce dernier permet aux utilisateurs de concevoir des objets en 3D de manière très précise et donne des résultats meilleurs.

Afin de traiter notre sujet d'étude, nous avons établi un plan de travail qui débutera par une introduction générale suivie d'une présentation de l'entreprise «**Lemarechal carrosserie industriel** ».

Ensuite nous entamerons notre travail commençant par la partie théorique qui est divisée en trois chapitres. Le 1<sup>er</sup> chapitre est consacré à l'étude des différents matériaux et les aciers appropriés pour la réalisation de notre outil. Dans le 2<sup>ème</sup> chapitre, nous allons présenter notre pièce et les divers procédés qu'elle subit afin de la finaliser. En finira cette partie par le 3<sup>ème</sup> chapitre qui présente les types de presses et leurs différents outils.

La seconde partie du travail, c'est la partie pratique qui est englobée en un seul chapitre consacré à l'étude et la conception de l'outil, les différents calculs et le choix de la presse à utiliser pour réaliser notre pièce.

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



# **Présentation de l'entreprise**

**« Lemarechal carrosserie  
Industriel »**

### 1. Présentation de l'entreprise

Lemarechal carrosserie est une entreprise algérienne à responsabilité limitée créée en 2007 sur la base d'une société de fait en activité depuis 1989. Située à la zone d'activités de Draa Ben Khedda à Tizi Ouzou. Elle est spécialisée dans le secteur de carrosserie industrielle pour tous types de véhicules.

Cette entreprise est désormais agréée par le ministère de l'industrie et des mines (Résolution du 15/03/2018).

### 2. L'organisation des activités de l'entreprise

Plusieurs ateliers sont répartis sur une superficie totale de 6500m<sup>2</sup> comme suit :

- Un atelier de production ;
- Un atelier de montage ;
- Un atelier de menuiserie et une salle de peinture ;
- Un atelier de machines ;
- Un magasin de stockage.

### 3. La gamme de carrosserie de l'entreprise

Par l'acquisition de nouvelles machines numériques et la mise en œuvre d'un bureau d'études utilisant le logiciel C.A.O, l'entreprise a réussi à mieux contrôler la précision et la qualité de ses produits qui sont :

- Conteneur (Métallique / Isotherme / poly-Wood / frigorifique) ;
- Remorques ;
- Plateau à Bâche coulissante (Fourniture et Réparation) ;
- Brasseurs, transport de boissons (Métallique / Bâché) ;
- Plateau Ridelle ;
- Plateau en Aluminium ;
- Maraicher ;
- Benne basculante ;
- Porte voiture à Deux niveaux / Un niveau ;
- Magasin mobile ;
- Transport de personnel ;
- Aménagement des véhicules pour personne à mobilité réduite ;

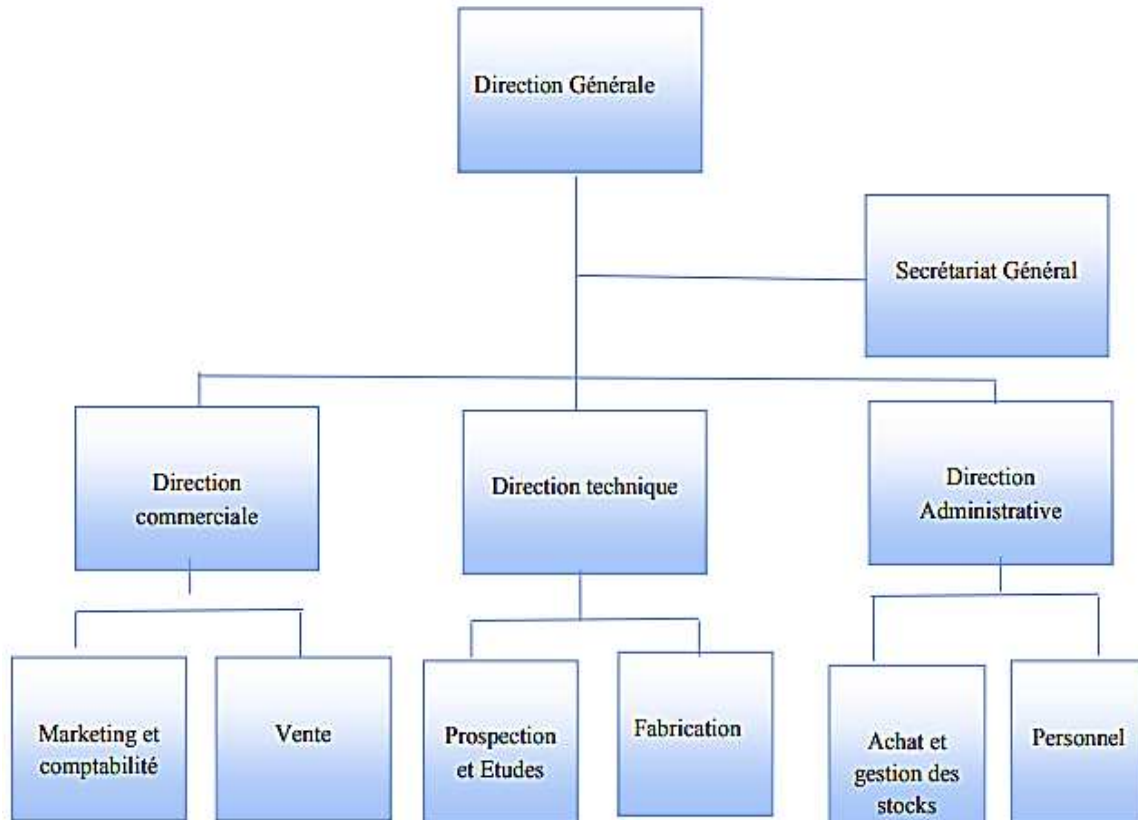
- Cabines Sahariennes ;
- Restaurant Mobile.

### 4.L'objectif de l'entreprise

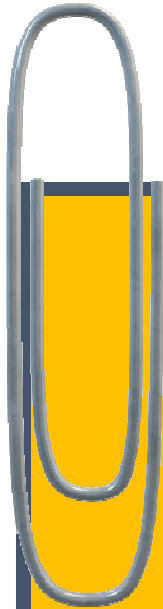
L'entreprise Lemarechal a plusieurs objectifs qu'elle cherche à atteindre, qui se présentent dans :

- Créer de la valeur ajoutée afin de dégager un profit et assurer sa pérennité ;
- La maîtrise des couts de production ;
- La valorisation du potentiel humain et de la production ;
- L'amélioration de la qualité de produit et de la production ;
- Assurer la cohérence entre les différentes fonctions de l'entreprise ;
- Assurer la satisfaction de ses clients, par le respect des délais de fabrication et le respect de la qualité ;
- La contribution au développement social et économique au niveau national et au niveau régional.

### 5.Organisation générale de l'entreprise



Source : documentation interne de l'entreprise



## Chapitre I

Approche générale sur les  
matériaux et les aciers

## I.1- Introduction

Depuis toujours, les matériaux font partie de la vie quotidienne de l'homme. Ils servent à fabriquer des objets, construire des bâtiments et des machines etc. Chaque matériau a ses propres caractéristiques qui le distinguent des autres soit physique, chimique ou mécaniques. Donc pour chaque projet industriel, il faut choisir avec soin le matériau approprié, cela à base de certains critères comme leurs performances techniques, leur durabilité et leur facilité d'entretien.

Dans ce chapitre nous allons étudier les différents matériaux plus précisément ceux qui rentrent dans notre projet d'études comme les matériaux de l'outil que nous allons réaliser et le matériau de la pièce à obtenir.

## I.2- Définition du matériau

Un matériau est une matière d'origine naturelle ou artificielle qu'on utilise dans la fabrication et la construction. Il compose tous les objets qui nous entourent son choix dépend des besoins et propriétés voulues pour l'objet.

### I.2.1- Les grandes familles des matériaux

On distingue trois familles des matériaux sont :

#### a- Les matériaux métalliques

Sont les métaux comme (le fer et le cuivre) et les alliages métalliques comme l'acier ;



Figure I.1 : Les matériaux métalliques.

**b- Les matériaux organiques (polymères) :**

Sont les matériaux d'une source végétale ou animale comme le bois, papier et coton.

## Des matériaux organiques



**.Polymères synthétiques**  
(les « matières plastiques »)

**.Polymères naturels**



**Figure I.2 : les matériaux organiques.**

**c- Les matériaux inorganiques (céramique)**

Dit aussi matériaux minéraux comme les roches et les verres.



**Figure I.3 : roche de verre.**

Classification des matériaux est faite selon leurs domaines d'emplois et selon leurs propriétés principales. Dans le cas de notre projet d'étude l'acier est le matériau approprié.

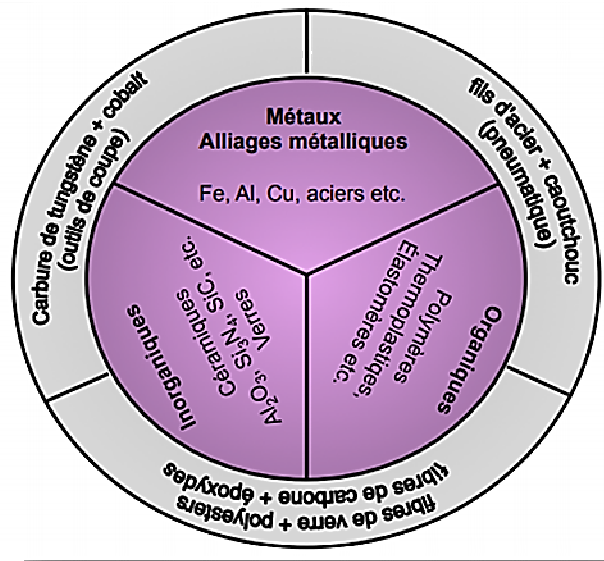


Figure I.4 : classification des matériaux

### I.3-Généralités sur les aciers

#### I.3.1-Définition

L'acier est un alliage métallique composé essentiellement du fer (Fe) plus un faible pourcentage de carbone (C) qui peut varier de 0,005% à 1,5% en masse voir exceptionnellement 2%. Cette valeur est la teneur limite qui sépare l'acier de la fonte en termes de propriétés mécaniques. Il contient aussi une faible proportion d'autres éléments comme le phosphore et le soufre considérés comme des impuretés. On peut modifier cette proportion au cours de l'élaboration pour obtenir des propriétés particulières.

#### I.3.2-La microstructure d'un acier

La connaissance de la microstructure d'un acier est très importante. Car Son comportement et ses propriétés mécaniques comme (la limite élastique, coefficient de Poisson, coefficient de dilatation, la conductivité thermique et la résistivité électrique) dépendent de cette microstructure. Cette dernière porte des informations sur la structure cristalline et le réseau cristallin du matériau.

On appelle structure cristalline l'arrangement des atomes d'une manière régulière sur un cristal. Et on appelle un réseau cristallin le résultat de la répétition dans les trois directions de l'espace d'un motif appelée maille.

### I.3.2.1 -Caractéristiques du fer et du carbone

#### a-Caractéristiques du fer (Fe) :[1]

Le fer est un métal gris de structure cristalline avec les caractéristiques suivantes :

**Tableau I.1 : caractéristique du fer**

Symbole	Fe
Nombre atomique	26 avec les isotopes : 54 - 56 - 57 - 58
Masse molaire	55,845 g /mol
Masse volumique	7.8g/mol
Température de fusion	1536 °C
Température d'ébullition	2861 °C
Résistivité	$9,7.10^{-8}\Omega.m$

En plus de ces propriétés on a : [2]

- Le fer est un métal très ductile et malléable ;
- Très sensible à la corrosion ;
- Le fer se limite aux degrés d'oxydation +2 et +3.

#### b-caractéristiques du carbone (C) [3]

Le carbone est un élément chimique non-métallique qui se trouve dans tous les coups vivants ses caractéristique sont :

**Tableau I.2 : caractéristique du Carbone**

Symbole	C
Numéro atomique	6
Masse volumique	2.2 g/cm <sup>3</sup>
Masse atomique	12,011 g.mol <sup>-1</sup>
température de Fusion	3652 °C
Point d'ébullition	4827 °C
Rayon atomique	0,091 nm

### I.3.2.2- alliages fer-carbone

Les alliages fer-carbone, sont des alliages à base du fer allié avec du carbone. Les atomes de ce dernier remplissent les vides lissés entre les atomes du fer de chaque maille. Ce qui modifie la structure de base du fer, puis on aura soit une fonte ou un acier selon le taux du carbone ajouté. Comme on peut avoir de la cémentite  $Fe_3C$  dans le cas où le carbone se mélange avec du fer sans dissolution avec un pourcentage de 6.67% qui est un pourcentage maximal d'absorption.

### I.3.2.3- diagramme d'équilibre fer-carbone [4]

Le diagramme Fer-carbone permet de comprendre le comportement et les propriétés des aciers et fontes et leurs traitements thermiques. Il existe deux types de diagramme :

- diagramme d'équilibre métastable ;
- diagramme d'équilibre stable.

#### I.3.2.3.1- diagramme d'équilibre métastable

Appelé aussi diagramme d'équilibre Fer-cémentite. Ces alliages contiennent du carbone sous forme d'une combinaison  $Fe_3C$  correspondent à un état métastable permettant l'étude des aciers et les fontes blanches.

Il est limité à droite par la cémentite (6.67% C, matériau fragile, cassant, très dur) et fait apparaître les deux grandes familles de métaux ferreux :

- Les aciers (entre 0.008 et 1.7% C),
- Les fontes (de 1.7% à 6.67% C).

Ce diagramme permet de connaître la nature des phases et les constituants de l'alliage considéré pour chaque température et chaque teneur en carbone. Or qu'il ne nous donne aucun renseignement sur la structure micrographique.

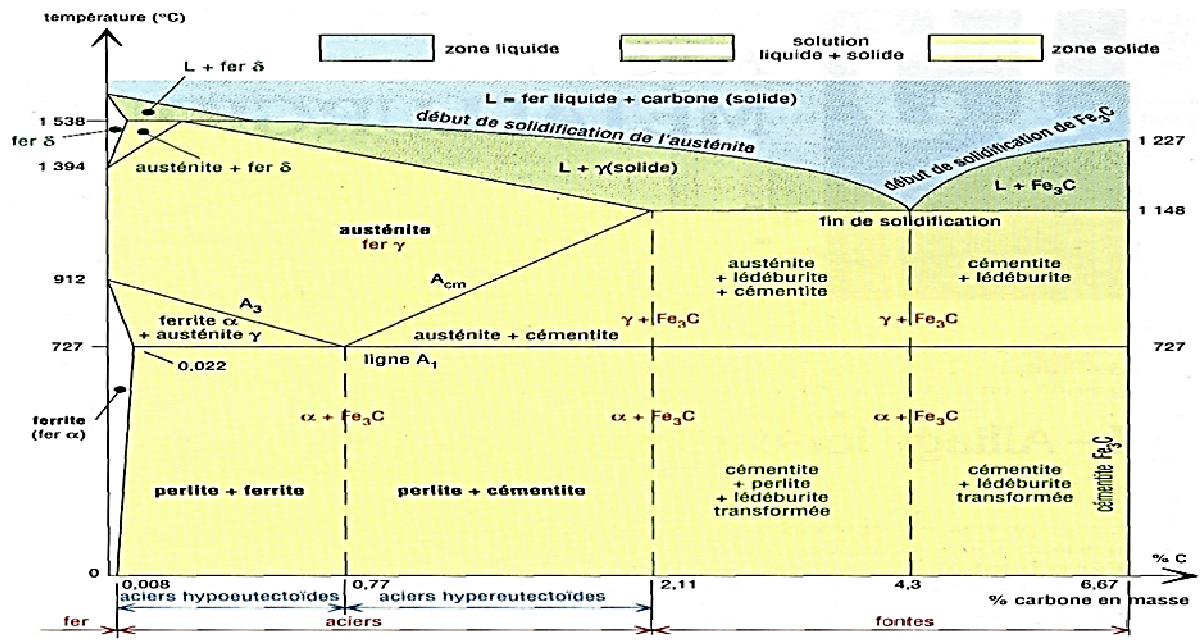


Figure I.5 : Diagramme Fer-carbone

### I.3.2.3.2- Description du diagramme

#### a- les lignes

- Ligne A<sub>1</sub> (727°C) : Elle marque la fin de la solidification de la perlite, mixture de fer contenant 0,77% C, en austénite ; Au-dessus de 727°C la perlite n'existe plus.
- Ligne A<sub>3</sub> : Elle précise la fin de la transformation de la ferrite en austénite ; la ferrite n'existe plus au-dessus de cette ligne.
- Ligne A<sub>cm</sub> : Elle indique la fin de la dissolution, aux normes internationales. Après dissociation, de la cémentite dans l'austénite lorsque celle-ci existe.

#### b- les phases [4], [5]

- Ferrite α : est une solution solide du carbone dans l'allotropie α du fer. Le terme ferrite désigne en effet l'acier à très faible teneur en carbone et faible résistance mécanique.
- l'austénite : est une solution solide d'insertion du carbone dans le fer γ.
- la ferrite δ : C'est une solution solide d'insertion du carbone dans le fer δ.
- cémentite (Fe<sub>3</sub>C) : La cémentite Fe<sub>3</sub>C, est la combinaison du fer (Fe) et du carbone (C). Elle est très dure mais aussi fragile à cause de sa forte teneur en Carbone qui est 6,67% C

- la perlite : est un composant biphasé présent dans l'acier et la fonte. C'est un agrégat formé de 88,9 m.% de ferrite et 11,1 m.% de cémentite.
- la lédéburite : C'est un mélange eutectique entre l'austénite  $\gamma$  et la cémentite ( $Fe_3C$ ).

D'après le diagramme Fer-carbone et suivant la teneur en carbone, on définit les types d'aciers et les fontes blanches :

**a- les aciers**

- Aciers eutectoïdes : un acier dit eutectoïde si sa teneur en carbone est 0,77 %C.
- Aciers hypoeutectoïdes : on parle d'un acier hypoeutectoïde si sa teneur en carbone varie entre (0,008- 0,77 % C).
- Aciers hypereutectoïde : on dit qu'un acier est hypereutectoïde si sa teneur en carbone est supérieure à 0.77%C et inférieure à 2.11%C.

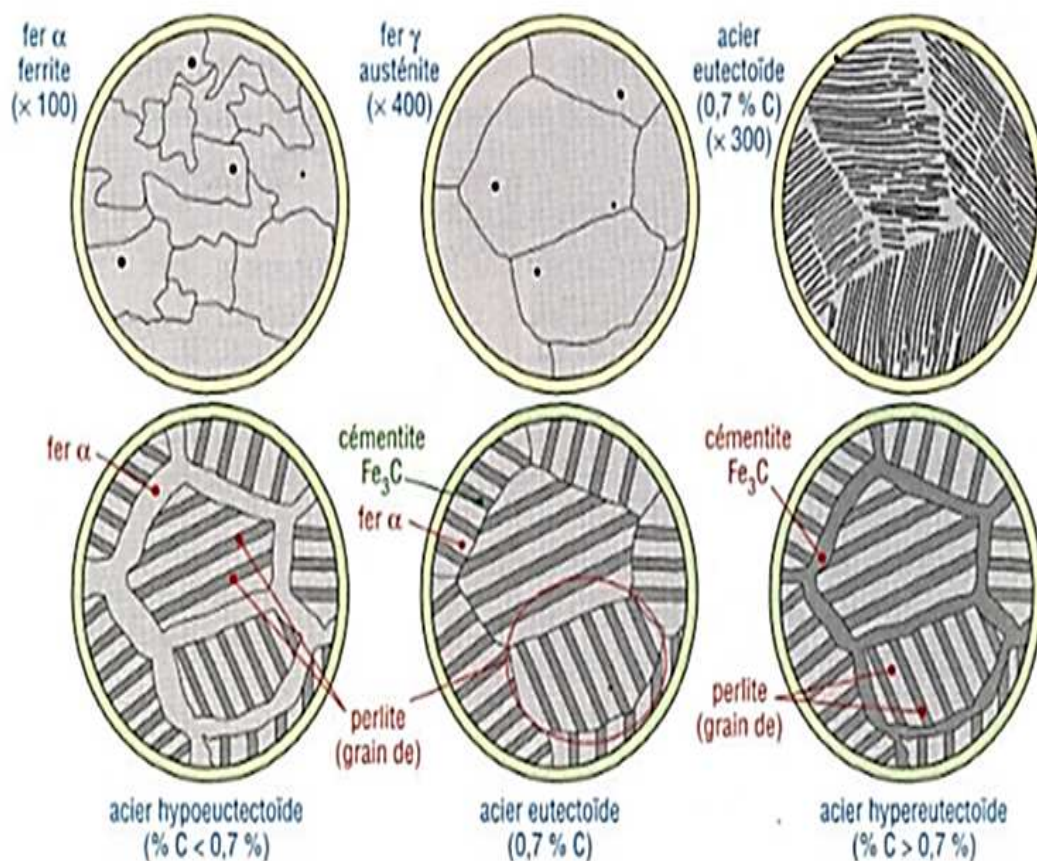


Figure I.6 : Microstructures des aciers

**b-Les fontes blanches**

On dit qu'une fonte est :

- Eutectique : si sa teneur en carbone est égale à 4.3% C.
- Hyper eutectique : si sa teneur en carbone varie entre (4.3%-6.67%) C.
- Hypo eutectique : si sa teneur en carbone varie entre (2.11%-4.3%) C

**I.3.2.3.3- Diagramme Fer-carbone stable ou à graphite[6]**

La description du diagramme du Fer-graphite est similaire à celle du diagramme Fer-cémentite. Mais les températures de l'eutectique et l'eutectoïde sont augmentés par rapport à celle au diagramme Fer-cémentite. Et les teneurs en carbone aussi sont légèrement diminués. Nous devons noter aussi que ce diagramme n'est pas limité à 6.7% du carbone mais plutôt à 100%.

**I.3.2.3.4- Le système fer – carbone dans l'industrie**

L'industrie moderne œuvre pour répondre à toutes les exigences de la vie quotidienne. Cela nécessite la disponibilité des machines et des outils de haute qualité.

Généralement ces machines subit des fortes concentrations de contrainte et une température (haute ou basse) ce qui provoque la rupture et la dégradation de leurs fiabilités. Pour éviter ces conséquences il faut modifier les propriétés des matériaux ferreux ordinaires par l'ajout d'un ou plusieurs éléments d'alliage afin d'améliorer leurs caractéristiques tel que la dureté, la résistance et l'élasticité et développer leurs nuances. Pour effectuer ces modifications il faut bien comprendre le comportement des matériaux et leurs traitements thermiques Grâce au diagramme fer-carbone.

**I.3.2.3.5- les éléments d'additions**

L'acier est un matériau qui rentre dans plusieurs constructions. Il est élaboré pour résister à des différentes sollicitations soit mécanique ou chimique et améliorer ses propriétés et caractéristiques par l'ajout d'un ou plusieurs éléments chimique (nickel, molybdène, chrome, manganèse...) appelés les éléments d'additions.

Le choix de l'élément d'addition se fait selon les nouvelles propriétés de l'acier qu'on veut obtenir et selon son domaine d'utilisation.

### I.3.2.3.6- influence d'éléments d'additions

Le diagramme fer-carbone est modifié par suite des éléments d'additions ajoutés à l'acier. Ces modifications résident dans l'apparition d'un domaine dans lequel les deux variétés allotropiques du fer (CC) et (CFC) peuvent coexister en équilibre. D'après le diagramme fer-carbone on a deux types d'éléments d'additions sont :

- Les éléments alpha gènes : Les éléments alphagènes sont (chrome, silicium, molybdène, vanadium, tungstène, titane) ils stabilisent la ferrite  $\alpha$  aux dépens de l'austénite  $\gamma$ .
- Les éléments gamma gènes : Les éléments gamma gènes sont essentiellement (le carbone et le nickel) plus (l'azote N, le cobalt Co et le manganèse Mn, ainsi que le chrome Cr) à faibles tenures du carbone. Ils stabilisent l'austénite  $\gamma$  aux dépens de la ferrite  $\alpha$ .

### I.3.3- Traitements thermiques des aciers

Afin d'améliorer les caractéristiques des matériaux comme (la dureté, ductilité et la limite d'élasticité), l'acier doit subir des traitements thermiques, qui résident dans un certain nombre de processus combinés de chauffage et de refroidissement.

Il Ya trois types de traitements thermiques sont [7]

- La trempe : c'est la première étape de traitement thermique qui consiste à chauffer une pièce d'acier à une température appropriée (austénitisation), puis la refroidir d'une manière très rapide soit dans l'eau, l'huile ou l'aire dans le but d'obtenir des aciers très durs.
- La température de trempe dépend de la teneur en carbone de l'acier.
- Le revenu : c'est l'étape qui suit la trempe, c'est-à-dire c'est un traitement qui s'effectue à une basse température (150 à 650 °C) pour éliminer les contraintes et la fragilisation provoquées par la trempe.
- Recuit : c'est un traitement thermique destiné à rendre à un acier ses constituants d'équilibre et d'éliminer ou réduire les contraintes résiduelles du métal liées à une action antérieure (déformation, soudure, etc.) ou un traitement thermique antérieur.

#### I.4- classification des aciers

Notre étude est basée sur une plaque d'acier non- allié, donc nous avons pris le dernier critère qui est le pourcentage du carbone pour tirer deux grandes familles d'aciers :

- Aciers non alliés ;
- Aciers alliés.

##### I.4.1-Aciers non alliés

Sont des aciers composés uniquement de fer et du carbone. Ils sont destinés à la construction soudée, à l'usinage, au pliage, etc.

- les aciers d'usage général ;
- les aciers spéciaux (type C).

##### I.4.1.1- acier d'usage général :

Sont des aciers non alliés à très faible teneur en éléments d'additions et ils ne contiennent pas suffisamment du carbone ce qu'ils empêchent de subir des traitements thermiques. Ils sont utilisés dans de multiples constructions comme, les charpentes métalliques, construction navales, mécanique générale, chemins de fer.

##### I.4.1.1.1- Les désignations des aciers d'usage général :

Les désignations des aciers d'usage général commencent par la lettre S ou E suivie de la valeur de  $R_e$  min.

##### Exemple :

- **S 185** : Acier non allié d'usage général de limite d'élasticité minimale  $R_e$  mini = 185 Mpa (anciennement A33).
- **E 360** : Acier non allié de construction mécanique de limite d'élasticité minimale  $R_e$  mini = 360 Mpa.
- **S235** : Acier non allié d'usage général de limite d'élasticité minimale  $R_e$  mini = 235 Mpa.
- **S275** : Acier non allié d'usage général de limite d'élasticité minimale  $R_e$  mini = 275 Mpa (c'est l'acier approprié dans notre projet, voir plus de détails dans le chapitre IV)

### **I.4.1.2-les aciers spéciaux (type C)**

Sont des aciers destinés à un traitement de trempe et revenu. Leurs teneurs en manganèse est  $< 1\%$ , aucun de ses éléments d'alliage ne dépasse  $5\%$  de masse. Ils sont destinés pour fabriquer des forêts (perceuses), ressorts, arbres de transmission, matrices (moules)...

#### **I.4.1.2.1- désignations des aciers spéciaux type (C)**

Leurs désignations comprennent la lettre C suivie de la teneur en carbone multipliée par 100. S'il s'agit d'un acier moulé, on précède la désignation de la lettre G.

#### **Exemples :**

- **C45** : acier non allié comportant un taux de  $0,45\%$  de carbone ;
- **GC22** : acier moulé non allié comportant un taux de  $0,22\%$  de carbone.

### **I.4.2-Acier alliés**

Un acier est dit "allié" lorsque sa teneur en éléments d'alliage est supérieure aux limites fixées pour les aciers non alliés. On distingue deux types d'acier alliés selon leurs teneurs en éléments d'alliage sont :

- Les aciers faiblement alliés ;
- Les aciers fortement alliés.

#### **I.4.2.1- les aciers faiblement alliés**

Sont des aciers qui contiennent peu d'éléments d'alliage c'est-à-dire aucun élément d'addition n'atteint la teneur de  $5\%$ .

##### **I.4.2.1.1- Désignations des aciers faiblement alliés**

Ces désignations s'effectuent en plusieurs étapes sont :

- on commence par un nombre entier qui est égale à cent fois de pourcentage de la teneur moyenne en carbone.

- Les symboles chimiques des éléments d'addition ou d'alliage dans l'ordre des teneurs décroissantes.
- Une suite de nombres à côté des éléments d'addition rangés avec ces derniers avec le même ordre tel que chaque nombre indique le pourcentage de la teneur moyenne de chaque élément.

**Exemple :**

- **35 Cr Mo 4S** acier faiblement allié soudable avec :

- 0.35% de Carbone ;
- 1% de chrome ;
- Moins de 1% de Molybdène.

Selon la teneur en carbone (faible, moyenne ou forte) on trouve plusieurs types d'aciers faiblement alliés comme :

**I.4.2.1.2- Les aciers aux carbones [8]**

L'acier au carbone est un acier dont le principal composant d'alliage est le carbone plus d'autres éléments d'additions sont en quantité très faible. Ya trois classes d'acier au carbone sont :

- Les aciers doux ou à faible carbone (<0,20% C) servant comme matériaux de base pour la construction en général, les pipes, réservoirs, équipements agricoles, etc.
- Les aciers à moyen carbone (0,30-0,50% C) pour des pièces mécaniques, telles que les engrenages et les arbres mécaniques
- Les aciers à haut carbone (0,60-0,80% C) utilisés pour les lames de scie, les rails de chemin de fer, etc.

**I.4.2.1.3- Les aciers à traitements thermiques**

Sont des aciers à une moyenne teneur en carbone et une faible teneur en éléments d'additions. Ils sont moins résistants et moins ductile pour cela un traitement thermique est nécessaire pour améliorer leurs propriétés chimique et mécanique.

**I.4.2.2- les aciers fortement alliés**

On dit qu'un acier est fortement allié lorsqu'on retrouve au moins un élément d'alliage dans sa composition chimique dont le taux est égal ou supérieur à 5%.

#### **I.4.2.2.1- désignations des aciers fortement alliés :**

Les désignations des aciers fortement alliés s'effectuent comme suites :

- On commence par la lettre « X » ;
- Un nombre égal à 100 fois la teneur en carbone ;
- Les symboles chimiques des éléments d'addition dans l'ordre des teneurs décroissantes ;
- les teneurs des principaux éléments dans le même ordre.

#### **Exemple :**

**X6 Cr Ni Mo Ti 17-12** c'est un acier fortement allié avec :

- 0.06% de Carbone ;
- 7% de Chrome ;
- 12% de Nickel, du Molybdène et du Titane (moins de 12%).

Parmi les aciers fortement alliés on a :

#### **I.4.2.2.2- Les aciers inoxydables**

Sont des alliages métalliques de Fer (Fe) environ 50% et du chrome d'une teneur ( $Cr \geq 12\%$ ) auxquels on ajoute d'autres éléments d'additions comme le nickel environ 8% et le manganèse. Ils caractérisent principalement par leur aptitude de résister à l'oxydation et à la corrosion dans des milieux agressifs variés et par leurs ductilités ce qui rend leurs mises en forme très faciles.

Les aciers inoxydables sont utilisés dans plusieurs secteurs comme : la médecine et la chirurgie, la fabrication des accessoires ménagers...etc.

#### **I.4.2.2.3- les aciers à outils**

Les aciers à outils sont des aciers fortement alliés contenant de grandes quantités d'éléments d'alliage tels que le chrome, le nickel, le vanadium, le tungstène ou le molybdène ce qui leur donne une résistance à la température, à la corrosion de contact où le contact est fréquent, la stabilité pour ne pas subir de changement d'ingénierie, une bonne ténacité et

flexibilité ...etc. L'objectif est de pouvoir réaliser des outils avec une durée de vie plus longue.

L'acier à outils a de nombreuses nuances et sa température d'utilisation lui permet d'être calibré comme suit :

Les aciers rapides :sont des aciers destinés à la réalisation d'outils à coupe à grande vitesse, d'où leur nom. Après un traitement de trempe ils conservent leurs caractéristiques de dureté même à haute température.

**Exemple :** acier Z85WDCV 6-5-4-2.

Les aciers pour travail à chaud : Destiné aux applications où la température est généralement supérieure à 200 ° C.

**Exemple :** acier Z38CDV5, 55NCDV7... etc.

Les aciers pour travail à froid : Destiné aux applications où la température est généralement inférieure à 200 ° C. Ce sont les aciers appropriés dans notre projet.

**Exemple :** acier Z200 C12, Z160CDV12, 90MV8...etc.

Les aciers à outils ont de nombreuses applications mais sont principalement utilisés là où il y a une production de masse, en particulier dans le secteur automobile.

### **I.5- Conclusion**

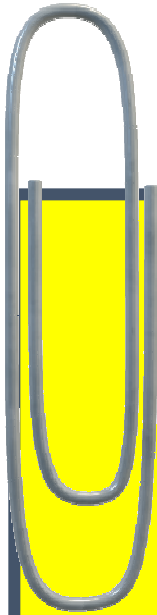
Ce chapitre est consacré à l'étude des différents matériaux généralement utilisé dans divers domaines. Parmi ces matériaux l'acier est le matériau que nous avons étudié d'une manière précise puisqu'il est le plus important dans notre étude.

Les aciers sont des alliages à base du fer et du carbone, Ce qui les distingue des autres alliages ce sont leurs propriétés mécaniques et chimiques et leurs comportements qui dépendent de leurs microstructures. Cette dernière peut être modifiée par l'ajout d'autres éléments d'additions à leurs composition (fer et carbone) et parfois par un traitement thermique afin d'obtenir des nouvelles propriétés d'acier pour s'adapter à une application donnée.

L'acier est de nombreux types et avec des propriétés différentes, nous les avons classés selon plusieurs paramètres comme leur composition chimique, leur teneur en carbone et leurs

domaines d'utilisation ce qui donne une désignation pour chaque acier selon les normes international.

Cette étude nous a permis de connaître et comprendre le comportement des différentes familles d'acier afin de mieux choisir celui qui convient bien pour chaque application et le bon pour mener à bien notre projet.



## **Chapitre II**

**Les procédés utilisés  
pour la fabrication de la  
pièce.**

## II.1- Introduction

Le dispositif de protection latéral (pare cycliste) cité en haut dans l'introduction générale se compose de plusieurs pièces assemblées. Parmi ses pièces, nous allons nous concentrer sur la partie mobile du support de fixation de ce pare cycliste. Dans ce chapitre nous allons voir un aperçu global sur cette pièce et les différents procédés qu'elle subit afin de la finalisée.

### II.1.1- Définition du pare cycliste

Est un accessoire de carrosserie fixé sur chaque côté de la remorque, il sert à assurer une sécurité et protection latérale aux cyclistes.

Plusieurs pièces sont assemblées pour former ce dispositif de sécurité qui sont :

- Les rails latéraux ;



Figure II.1 : les rails de protection latéraux.

- Les supports de fixation ;

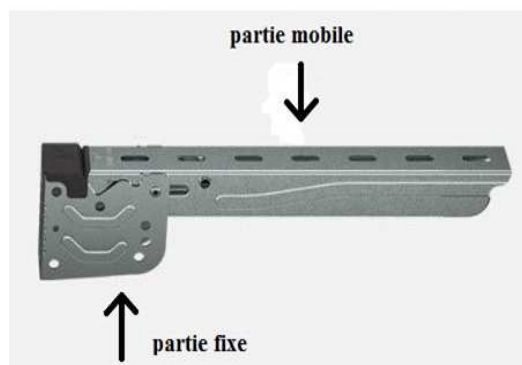


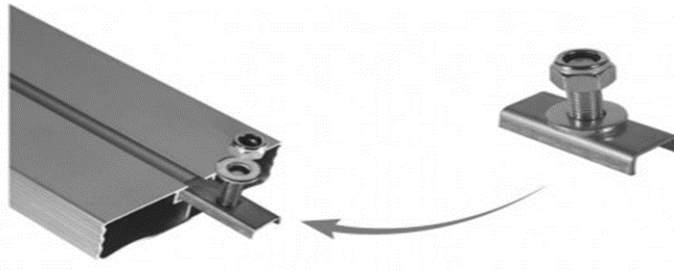
Figure II.2 : support articulé de fixation.

- Les goupilles de fixation (verrou pour support) ;



**Figure II.3 : verrou pour support.**

- Kit de fixation des rails latéraux aux supports (cales et visserie (vis+ écrou+ rondelle)).



**Figure II.4 : Kit de fixation des rails.**

- Capuchons d'extrémités des rails (bouchons profiles) ;



**Figure II. 5 : Capuchons d'extrémités des rails.**

### II.1.2 - assemblage des composants du pare cycliste

Pour avoir ce dispositif de sécurité nous devons assembler tous les composants cités en haut. Commençons par le support, Ce dernier est un assemblage de deux pièces reliées

avec une goupille de fixation (verrou de support). Une des deux est immobile et sera fixée au châssis de la remorque avec des vis de fixation et l'autre mobile sera fixée aux rails latéraux de protection à l'aide de kit de fixation (cales et visserie).

Une fois le kit logé dans les rainures des rails latéraux, le corps des vis sortant sera fixé à l'aide d'écrous et rondelle. Lorsque l'assemblage est terminé nous devons fermer les extrémités des rails avec des bouchons dit capuchons d'extrémités des rails.



**Figure II.6 : assemblage des composants de pare cycliste démontable.**

Notre étude est basée uniquement sur la partie mobile du **support de fixation** et les outils nécessaires pour sa réalisation. Pour cela nous allons étudier dans ce qui suit les différents procédés qui nous permettent d'obtenir cette pièce à partir d'un acier brut.

## II.2- Procédés de mise en forme de la pièce

Pour réaliser la pièce voulue il est nécessaire de passer par plusieurs opérations qui sont :

### II.2.1- Moulage [9]

#### II.2.1.1- Définition :

Le moulage est un processus de fabrication qui permet de fabriquer des pièces en versant du métal fondu dans un moule puis solidification. Nous l'utilisons pour :

- Fabrication de pièces de formes complexes difficiles voire impossibles à réaliser avec tous les autres procédés, ou pour produire des pièces plus simples à moindre coût ;
- Bénéficier des propriétés physiques ou d'utilisation (dilatation, corrosion, frottement, corrosion) et propriétés mécaniques de divers métaux et alliages ;
- Alliages de coulée difficiles à fabriquer automatiquement.

Le moule est l'ensemble des éléments appropriés, qui définissent l'empreinte, et reçoivent le métal liquide qui dégagera la pièce après solidification.

**II.2.1.2 -Les types de moulages**

Les types de moulages sont classés selon plusieurs critères qui sont :

- en fonction de la nature de l'alliage coulé ;
- en fonction du nombre minimal de pièces à produire ;
- en fonction du poids de la pièce à mouler en Kg et de son matériau ;
- en fonction de l'épaisseur de la pièce à mouler en mm et de son matériau ;
- en fonction de la rugosité en  $\mu\text{m}$  et l'intervalle de tolérance en mm

Dans notre cas, notre pièce est moulée avec l'acier S275 donc nous allons nous concentrer sur les types de moulage recommandés pour les aciers.

**Tableau II.1 : Les types de moulage en fonction de la nature de l'alliage coulé**

Procédé de moulage	Métaux ou alliages					
	Fonte	Acier	cuivre	Aluminium	magnésium	Alliage divers (Zn, Sn, Pb)
En sable	●●●	●●●	●●●	—	●●	—
En carapace	●●●	●●●	●	●●●	—	—
A la cire perdue	●●	●●●	●●●	●●●	●●	—
En coquille par gravité	●●●		●●●	●●●	●●●	●●●
En coquille par pression	—	—	●●●	●●●	●●●	●●●
Par centrifugation	●●●	●●●	●●●	●	—	—

●●● : très utilisé, ●● : Emploi possible, ● : rarement utilisé, — : inutilisé

D'après le tableau ci-dessus les types de moulage recommandé pour les aciers sont :

### a-Moulage en sable

Consiste à couler du métal fondu dans l'empreinte d'un moule en sable, constitué d'un motif de la forme de la pièce à obtenir. Le moulage en sable est le procédé le plus ancien qui convient à presque tous les métaux et alliages de coulée. Il s'adapte bien à la petite chaîne de production en particulier pour les grandes pièces. Le modèle simple se compose de deux parties : la partie supérieure et la partie inférieure.

Le métal fondu est versé à travers le trou du système de coulée et passé à travers les canaux jusqu'à ce que la cavité soit remplie. Après refroidissement et durcissement, la pièce est sortie pour subir divers processus de finition. [10]

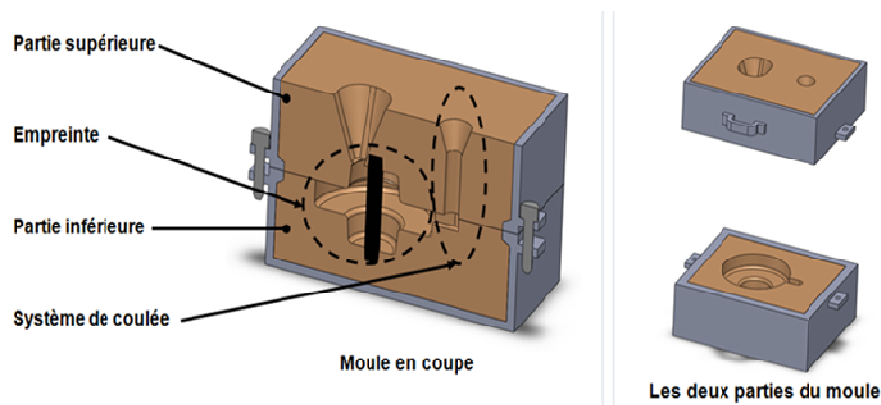


Figure II.7 : moulage en sable

### b-Moulage en carapace

Est similaire au moulage en sable mécanique avec une apparence particulière. Le métal liquide est versé dans un moule composé de deux coquilles à paroi mince appelées carapace ou masques. Créé en appliquant un mélange de sable et de résine autour d'un motif qui est une pièce métallique ayant la forme de la pièce souhaitée, est réutilisé pour former plusieurs moules à coque. Un modèle réutilisable permet des cadences de production plus élevées, tandis que les moules jetables permettent de couler des géométries complexes. La coulée dans un moule en coquille nécessite l'utilisation d'un modèle métallique, d'un four, d'un mélange sable-résine, d'une benne et d'un métal fondu.

Une fois le moule rempli, le métal fondu refroidi et solidifié sous la forme de la pièce moulée finale, le moule peut être brisé et le moulage retiré. [10]

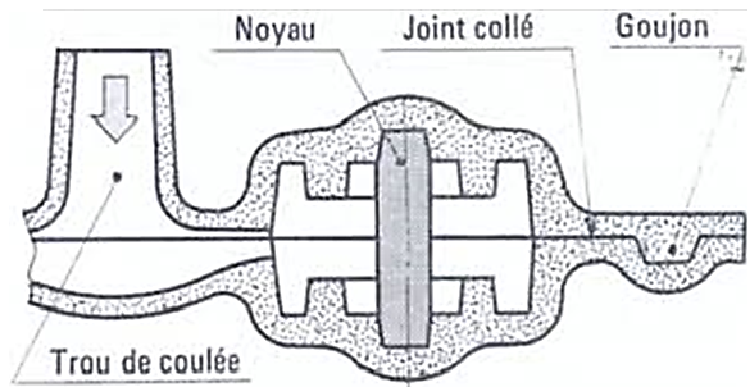


Figure II.8 : Moulage en carapace.

### c-Moulage a la cire perdue

Ce procédé de formage est applicable à tous types de pièces mécaniques, de petites à grandes dimensions, de quelques grammes à des pièces jusqu'à 25 kg, dans des formes simples à des formes complexes. Il est utilisable dans la fonderie des matériaux qui ont une température de fusion très élevée.

Le moule est construit autour d'un motif cireux, qui fonde ensuite pour libérer l'empreinte formée. L'obligation de détruire le modèle fermé dicte la production non seulement d'un moule par pièce, mais d'un modèle par moule. Par conséquent, il est nécessaire de produire en série des modèles fusibles. [10], [11]

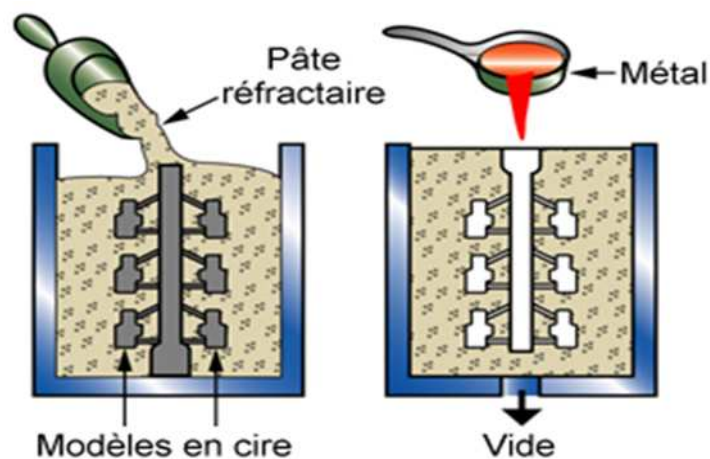


Figure II.9 : moulage en cire perdue.

**d-Moulage par centrifugation :**

Est un procédé utilisé pour la production des pièces de révolution tels que les tubes, les couronnes, etc. sans utilisation d'un noyau.

Le moule tourne dans un cycle pendant que l'alliage est coulé et durcit. Généralement il est métallique, mais il peut être doublé à l'intérieur d'une couche résistante à la chaleur ou d'une doublure en sable. Ces parois appliquent une accélération rotative à l'alliage de 15 à 30 fois l'accélération de la gravité. La centrifugation se fait sur des machines à axe vertical, horizontal ou incliné. [12]

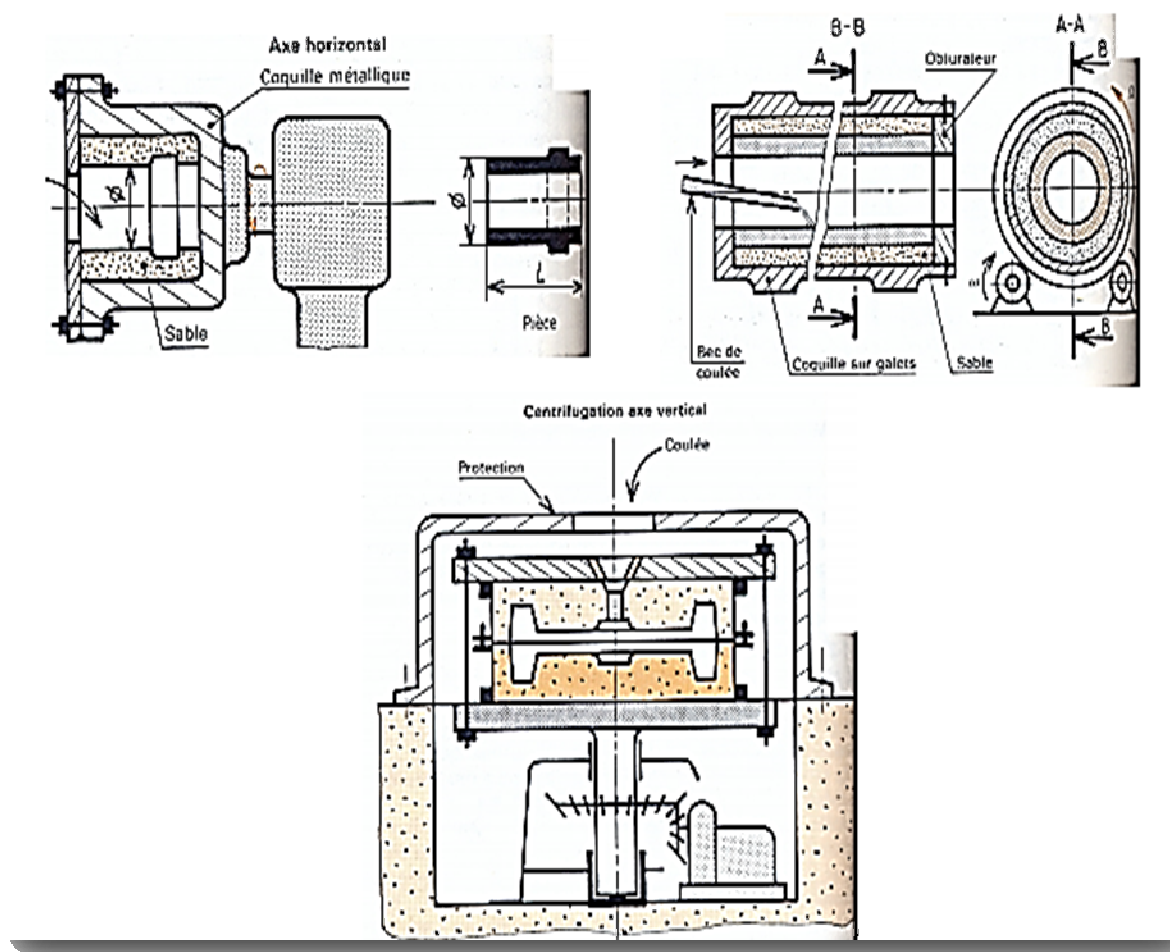


Figure II.10 : moulage par centrifugation

## II.2.2-poinçonnage [13]

### II.2.2.1 -Définition

Le poinçonnage est un procédé de mise en forme permettant de créer des trous en traversant la matière à l'aide d'un poinçon agissant sur une matrice. On l'appelle aussi le cisailage sur un contour fermé, cela est valable pour des petites sections.

### II.2.2.2-Principe d'opération de poinçonnage

Lors de cette opération, Le poinçon descend dans la matrice en perçant la tôle par compression. Le poinçonnage nous permet donc d'obtenir des trous de formes complexes, en fonction de la forme de poinçon choisi.



Figure II.11 : Poinçonnage.

### II.2.2.3 : Avantages et inconvénients du poinçonnage

#### a- Avantages

- Il s'agit d'un procédé le plus économique ;
- peu d'usure des outils, affûtage peu fréquent ;
- plus rapide pour créer ces formes ;
- Précision de découpe ;
- Possibilité de former des formes de trous complexe et difficile voire impossibles à réaliser par cisailage.

**b- inconvénients**

- Epaisseur limitée ;
- Section minimale du poinçon limitée.

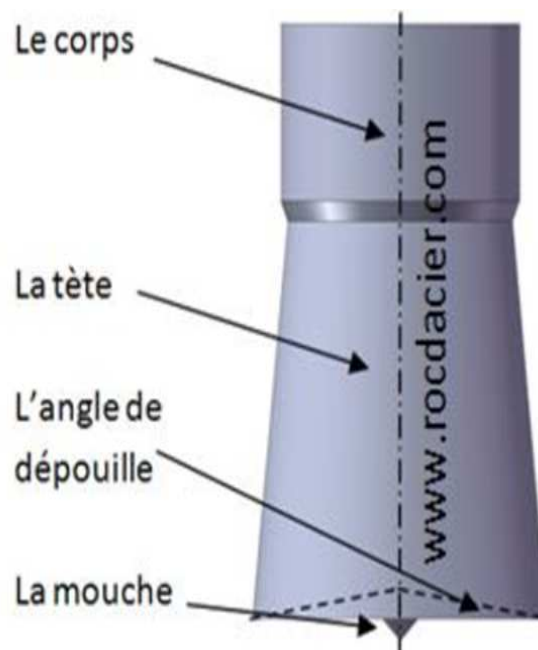
**II.2.2.4 : outils de poinçonnage**

Les outils de poinçonnage sont :

**a- Poinçon** : Il est composé de plusieurs parties :

- Le corps du poinçon qui possède une longueur variable pour monter et serrer l'outil
- La tête qui porte les arêtes tranchantes
- La mouche (ou téton) utile pour positionner l'outil dans les coups de pointeaux préalablement réalisés à cet effet. Ils ont été effectués dans l'axe du trou à réaliser.
- un angle de dépouille qui est de 2 à 3° pour limiter les frottements. Sur les presses, ou sur les grignoteuses les outils ne possèdent pas forcément d'angles de dépouille.

**Remarque** : le poinçon de forme quelconque doit résister à la compression et au flambement. (Voir plus de détails dans le chapitre IV).



**Figure II.12 : poinçon**

### b- La matrice

Est la partie inférieure de l'outil du poinçonnage (le support empreint du poinçon). Elle comporte à son axe un trou aux formes et dimensions complémentaire au poinçon avec un jeu de quelques dixièmes de millimètres. La matrice est utile pour créer la forme de la pièce en travail de série afin de satisfaire les demandes de productions.

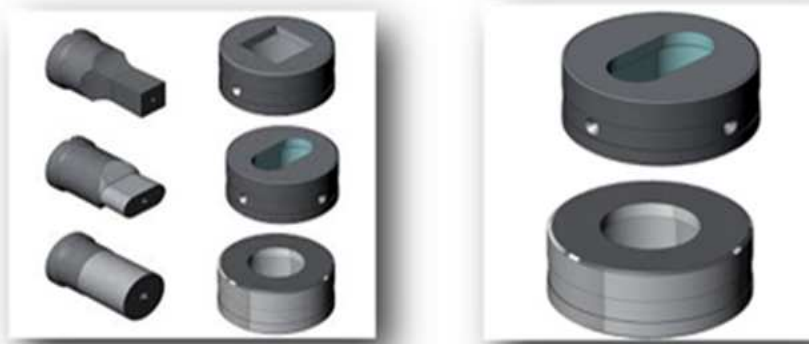


Figure II. 13 : matrice et poinçon.

#### II.2.2.5 : contraintes sur les poinçons [4]

La contrainte de compression des outils est calculée comme suite

$$\sigma_{\text{comp}} = \frac{F}{S} ; \quad \sigma_{\text{comp}} < R_p$$

- $\sigma_{\text{comp}}$  : Effort de compression (N/mm<sup>2</sup>) ;
- F : Effort de poinçon (Mpa) ;
- S : section du poinçon (mm<sup>2</sup>).

Nous pouvons vérifier alors que cette contrainte ne dépasse pas la limite pratique ( $R_p$ ) du matériau en compression.

La contrainte de compression peut provoquer le flambement du poinçon dans le cas de poinçonnage des petites dimensions (voir la figure 16), donc il fallait prévoir ce risque. Pour cela nous déterminons la charge critique ( $F_{cr}$ ) d'après la formule de flambement d'Euler.

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{12}$$

Avec :

- $E$  : Module d'élasticité du matériau à outil ( $N/mm^2$ ) ;
- $I$  : Moment d'inertie du poinçon ( $mm^4$ ) ;
- $l$  : Longueur libre de flambement.

Cette formule est utilisée quand on est dans le cas où les poinçons sont encastrés d'un côté et libre de l'autre côté.

La condition de résistance au flambement c'est que l'effort de poinçonnage ne doit pas dépasser la charge critique du flambement  $F < F_{cr}$ .

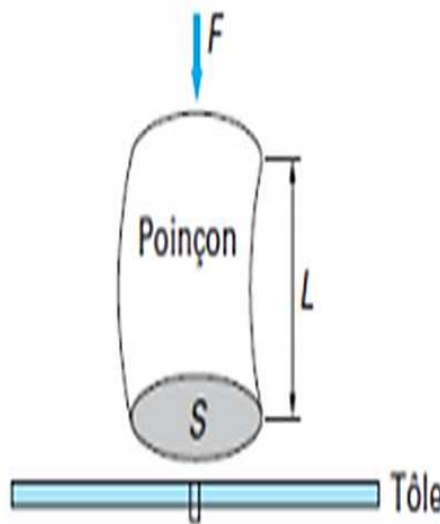


Figure II.14 : flambement d'un poinçon.

#### II.2.2.6- Effort de poinçonnage [4]

L'effort de poinçonnage se calcul comme suivant :

$$F_p = (\pi \cdot d) \cdot e \cdot R_m \cdot k$$

Avec

- $\pi \cdot d = P_{\text{poinçon}}$  : périmètre du poinçon (mm) ;
- $F$  : effort de poinçonnage en (N) ;
- $e$  : Epaisseur de la tôle (mm) ;
- $R_m$  : la résistance à la traction de la tôle (Mpa) ;
- $K$  : coefficient ( $K=1$ ).

La section minimale de poinçonnage dépend de l'effort de poinçonnage, de la forme et de la surface de la section poinçonnée et aussi de la longueur de flambage de l'outil.

### II.2.2.7-le jeu de découpage

Pour un bon poinçonnage et découpage, un jeu est nécessaire entre les arêtes des outils (matrice et poinçon) qui est défini comme étant un espace entre eux.

Parmi les paramètres importants de l'opération de découpage le jeu occupe une place majeure. Et la pièce découpée aura toujours la dimension de la matrice donc ce jeu va être pris sur le poinçon. Cela garantira une coupe nette et franche.

Pour le poinçonnage, un trou poinçonné aura la dimension du poinçon donc le jeu sera pris sur la matrice cela évitera sa rupture.[4]

En règle générale :

- pour les aciers de construction, pour l'aluminium et ses alliages, le cuivre et ses alliages, on choisit un jeu diamétral égal à épaisseur /10.
- pour les métaux durs et mi-durs comme pour les aciers inoxydables on choisira un jeu diamétral d'épaisseur /8.

#### Exemple :

Pour poinçonner une pièce en acier S235 d'épaisseur 6 mm avec un poinçon de diamètre de 12 mm Le jeu sera égal à :  $6(0.1) = 0,6$  mm on devra alors monter une matrice de 12,6 mm pour poinçonner dans des conditions optimales. [13]

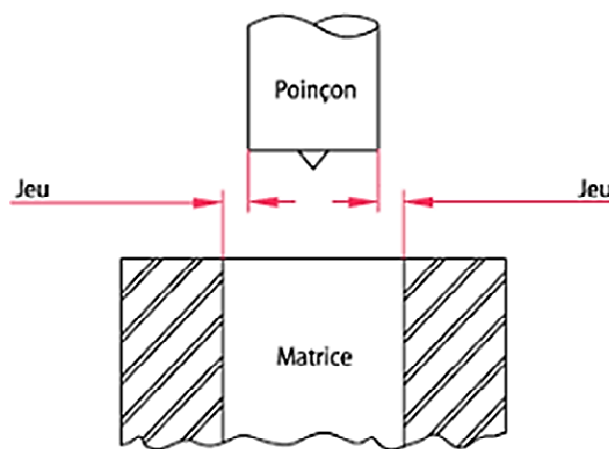


Figure II .15 : jeu entre le poinçon et matrice.

## II 2.3- L'emboutissage

### II.2.3.1- Définition

L'emboutissage est un procédé de mise en forme très important qui permet d'avoir des pièces de formes complexes par déformation plastique. Cette technique permettant d'obtenir des objets dans la forme non développable à partir d'une feuille de tôle mince entraînée par un poinçon dans la matrice.

### II.2.3.2- outillage

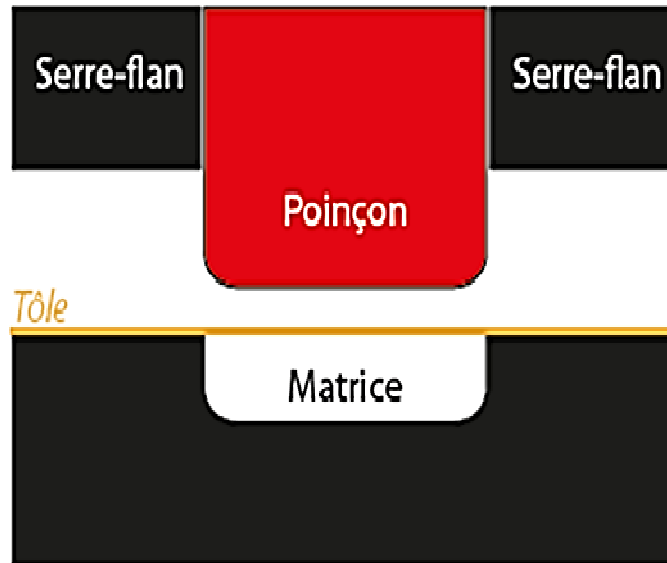
L'emboutissage se pratique à l'aide de presses à emboutir de forte puissance munie d'outillages spéciaux qui comportent, dans le principe trois pièces :

- une matrice, en creux, épouse la forme extérieure de la pièce ;
- un poinçon, en relief, épouse sa forme intérieure en réservant l'épaisseur de la tôle ;
- un serre-flan entoure le poinçon, s'applique contre le pourtour de la matrice et sert à coincer la tôle pendant l'application du poinçon. [14]

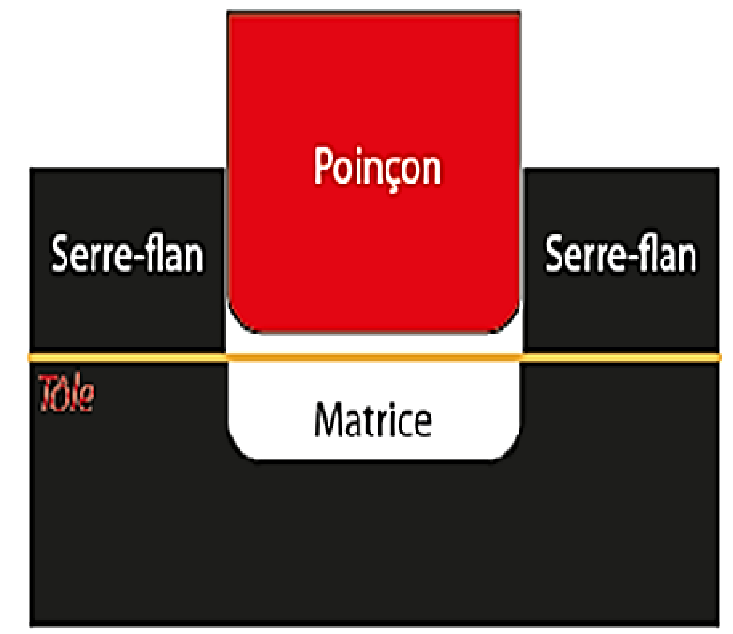
### II.2.3.3-Principe de l'emboutissage

Le processus d'emboutissage s'effectue en passant par des différentes étapes sont :

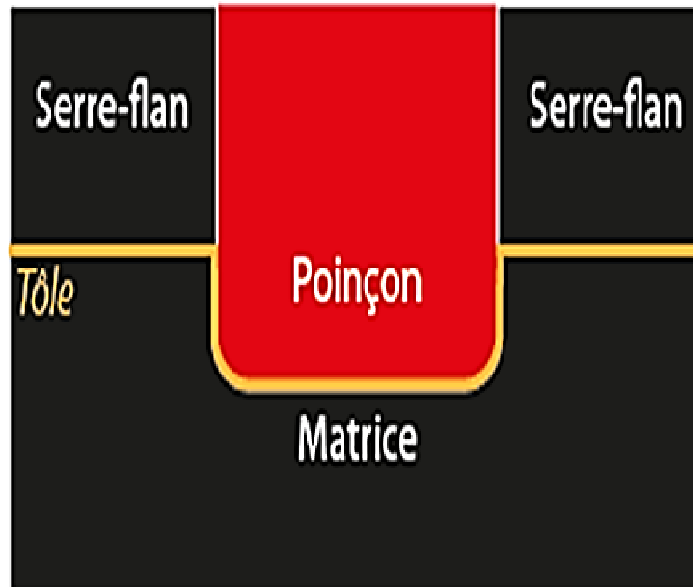
- a. Montage du flan sur la presse mécanique (matrice et serre-flan), tel que le poinçon et serre-flan sont relevés ; la tôle est posée sur la matrice.



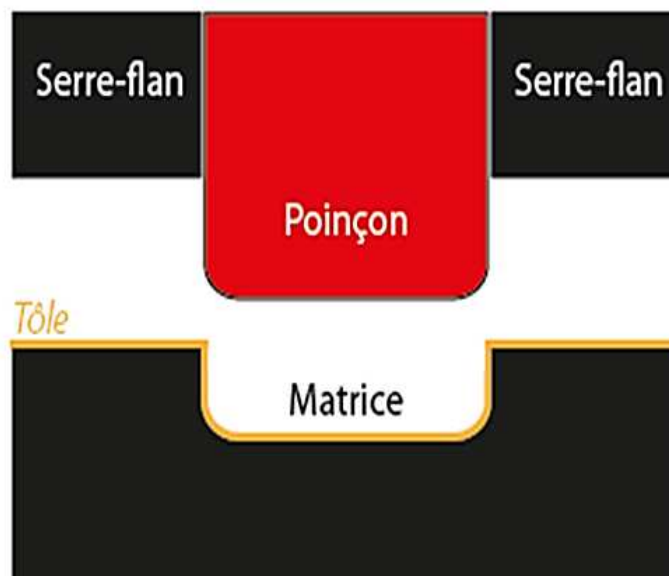
- b. Application d'un effort dû au poinçon, tel que le serre-flan est descendu et vient d'appuyer sur la tôle et de la calée tout en lui permettant de glisser



- c. Déformation plastique du flan, c.-à-d., le poinçon descend et déforme la tôle de façon plastique en l'appliquant contre le fond de la matrice



- d. Démontage de la pièce, on relève le poinçon et le serre-flan, la pièce reste formée au fond de la matrice il nous reste qu'à la sortir et la détourée, c'est-à-dire éliminer les parties devenues inutiles.



#### II .2.3.4-Les techniques d'emboutissage [15]

Il existe deux techniques d'emboutissage :

- L'emboutissage à froid ;

- L'emboutissage à chaud.

#### II .2.3.4.1- L'emboutissage à froid [15]

Est une technologie de conformation des tôles à froid. Cette technique consiste à former des pièces à température ambiante. Elle est notamment utilisée sur outillage avec serre-flan. Dans le cas où les emboutis sont peu profonds ou s'ils nécessitent peu d'effort de serrage un outillage sans serre-flan c'est assez. Ce procédé est le plus employé pour la fabrication en grande série.

##### a- Les avantages d'emboutissage à froid :

- Il permet d'avoir un usinage très précis et à moindre coûts ;
- Bonnes propriétés mécaniques des pièces embouties.

##### b- Les inconvénients d'emboutissage à froid

- Faible épaisseur des tôles (risque de rupture) ;
- Écrouissage du matériau (risque de durcissement structurel et baisse de la ductilité) ;
- Contraintes résiduelles (risque de rupture par fatigue).

#### II .2.3.4.2- L'emboutissage à chaud

C'est une technique de formage à chaud réalisée avec un outillage simple ou double effet. Le flan et la matrice sont chauffés puis on donne à la pièce sa forme définitive. Cette méthode principalement utilisé pour les matériaux peu ductiles comme le magnésium, titane et zinc. La fréquence d'usinage est moins élevée du fait de l'opération de chauffage qui nécessite plus d'attente entre chaque opération. [16]

##### a- les avantages d'emboutissage à chaud : [17]

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

##### b- les inconvénients d'emboutissage à chaud : [17]

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

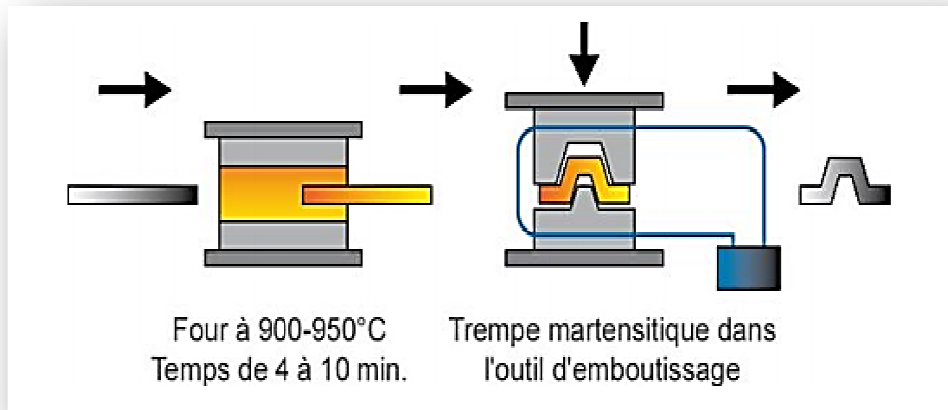


Figure II.16 : Opération d'emboutissage à chaud.

### II .2.3.5- différents types d'outil d'emboutissage

Il existe trois types d'outils d'emboutissage :

#### a-Outils simple effet

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'important effort de serrage. [18]

#### b-Outils double effet[19]

Par rapport à l'emboutissage simple effet, l'emboutissage double effet comprend en plus un serre-flan. 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.

#### c-Emboutissage multi-presse[20]

L'emboutissage profond consiste à transformer en plusieurs passes, des flans de forte épaisseur afin d'éviter la rupture mécanique au cours du processus de déformation. Les épaisseurs de pièces embouties peuvent être très faibles (de l'ordre de 0,05mm).

### II.2.3.6- Les différentes utilisations d'emboutissage

Cette méthode est utilisée dans plusieurs industries, en ferblanterie, fabrication d'ustensiles en fer-blanc (bassines, casseroles, assiettes etc.) mais surtout dans l'industrie automobile pour la conception de parties de carrosserie de voiture ou encore de moteur, en électroménager aussi, en produits sanitaires types baignoires ou lavabos et enfin pour les produits d'emballage : cannettes, conserves notamment. [16]

### II.2.3.7- Evaluation des efforts [4]

#### II.2.3.7.1- Effort d'emboutissage cylindrique

L'effort d'emboutissage se calcul comme suit :

$$F_E = P_{\text{poinçon}} \cdot e \cdot R_m \cdot k$$

Avec :

- $F_E$  : Effort d'emboutissage en (N) ;
- $P_{\text{poinçon}}$  : Périmètre de poinçon d'emboutissage en (mm) ;
- $e$  : Épaisseur de la tôle en (mm) ;
- $R_m$  : La résistance de la tôle à la traction en (Mpa) ;
- $k$  : Coefficient en fonction du rapport  $\frac{P_{\text{poinçon}}}{P_{\text{flan}}}$
- $P_{\text{flan}}$  : le périmètre du flan.

#### II.2.3.7.2.- Efforts de serrage cylindrique [21]

L'effort sur le serre-flan se calcule comme suit :

$$F_S = P \times (D^2 \times d^2) \times \frac{\pi}{4} \text{ en (Kgf)}$$

Avec :

- $F_S$  : Effort sur la serre flan
- $P$  : La pression spécifique sur la serre flan (daN/cm<sup>2</sup>) ;

- D : diamètre du flan (mm) ;
- d : diamètre du poinçon (mm).

### II.2.3.7.3- Effort d'emboutissage rectangulaire [22]

L'effort d'emboutissage rectangulaire se calcule comme suit :

$$F_{er} = e \times R_r \times (2K_a \cdot \pi \cdot r + K_b \cdot L)$$

Avec :

- $F_{er}$  : effort d'emboutissage rectangulaire en daN,
- $L = 2(a + b)$  ;
- $R_r$  : résistance de la tôle à la traction ;
- a, b : distance entre les centres des rayons des angles d'emboutissage en (mm) ;
- r : rayon en angle (mm) ;
- e : épaisseur de la tôle (mm).

Sachant que :

- $K_a = 0.5$  pour les emboutis peu profond ;
- $K_a = 2$  pour les emboutis dont  $h = 5$  à  $6r$  ; h = hauteur de l'embouti ;
- $K_b = 0.2$  pour un jeu important et pas de serrage de flan ;
- $K_b = 0.3$  à  $0.5$  si écoulement facile et faible serrage flan ;
- $K_b = 1$  si fortes pressions de serre-flan.

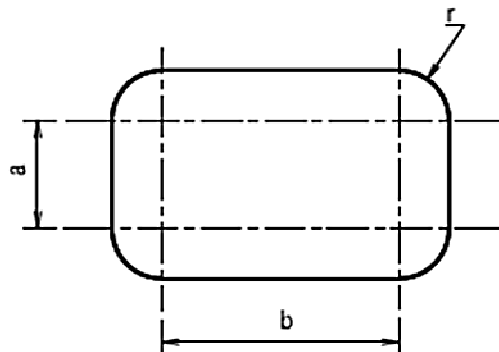


Figure II.17 : Distances a et b, dans le cas du rectangle.

#### II.2.3.7.4-Efforts de serrage rectangulaire

$$F_s = P \times S$$

Avec :

- $F_s$ : effort de serrage ;
- $P$  : pression spécifique sur le serre-flan (daN/cm<sup>2</sup>) ;
- $S$  : surface de serre-flan.

### II.2.4- Le Pliage

#### II.2.4.1- Définition

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.

#### II.2.4.2-Principe de pliage

Le Pliage est une opération de formage par déformation permanente des surfaces planes. Un effort nécessaire appliqué sur le flan appuyant sur deux ou plusieurs appuis ou encastrée à une extrémité provoque sa flexion.

#### Remarque

L'effort appliqué dépend de l'épaisseur de la tôle, sa longueur, la direction du pli et le plus important c'est la limite élastique telle que cette force faudra dépasser la limite élastique pour obtenir l'angle voulu.



Figure II.18 : Le pliage.

### II.2.4.3 - Les différents modes de pliage

On distingue trois types de pliage selon la géométrie des poinçons et les matrices qui sont :

- Pliage en V ;
- Pliage en U ;
- Pliage en L.

#### II.2.4.3.1- Pliage en V

Ce type de pliage s'effectue dans une matrice en V sans serre-flan. Ce mode est basé sur deux techniques :

- a- Le pliage en l'air ;
- b- Le pliage en frappe.

##### **a-Pliage en l'air :**

Est une technique du pliage où le poinçon (contre V<sub>é</sub>) rentre dans la matrice V<sub>é</sub> en appuyant sur une tôle jusqu'à l'obtention de l'angle souhaité sans avoir appliqué un grand effort, pour cela un retour élastique survient à la fin de pliage. C.-à-d. l'angle du pli final ( $\alpha_f$ ) égal à l'angle du pli compatible à la forme de la matrice V<sub>é</sub> ( $\alpha_{v\acute{e}}$ ) plus l'angle de retour élastique ( $\alpha_r$ ) (environ 2 à 3°).[23]

##### **b-Pliage en frappe**

Est une méthode qui permet l'obtention des pièces pliées d'une bonne précision. Il est destiné aux tôles qui ne dépassent pas 2 mm d'épaisseur. Cette technique s'effectue en deux étapes :

- 1<sup>ère</sup> étape : la tôle doit passer par un pliage en l'air où elle va être en contact avec les deux lignes d'entrée de la matrice. C.-à-d. elle n'atteint pas le fond du Vé (matrice en Vé).
- 2<sup>-ème</sup> étape : un effort supplémentaire sera appliqué à l'aide d'un poinçon (contre Vé) pour que la tôle rentre dans le fond de la matrice, éliminer le retour élastique et marquer le pli voulu ce qui provoque un durcissement de la matière dans la zone plié (écrouissage).

Généralement ce mode nécessite une presse plieuse.

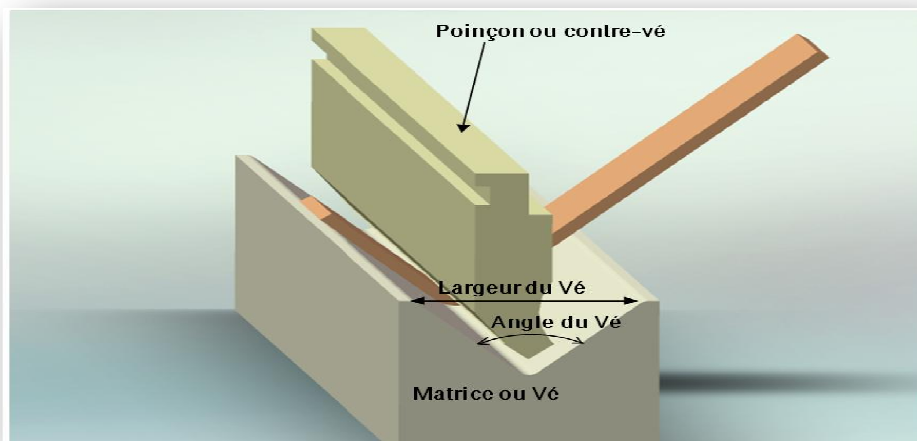


Figure II.19 : Pliage en V.

#### II.2.4.3.2-Pliage en U

Est une technique qui suit le même principe que l'emboutissage. Une tôle est entraînée entre deux blocs matrices par un poinçon.

Cette méthode comprend un serre-flan qui sert à bloquer le flan pour éviter son glissement lors de l'opération.

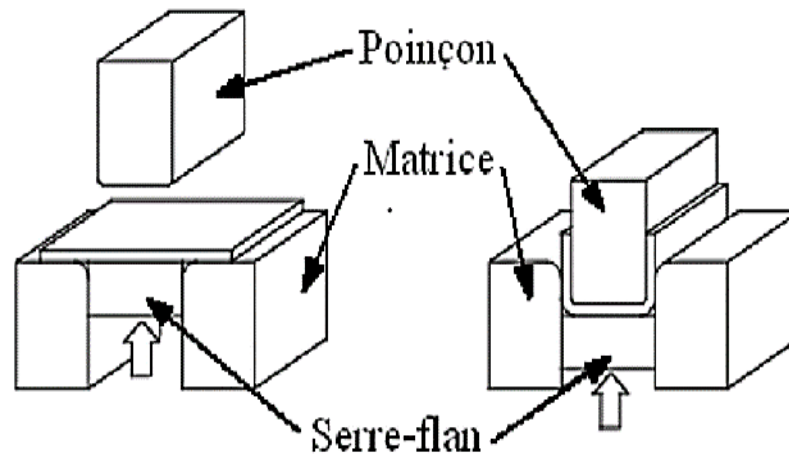


Figure II.20 : Pliage en U

#### II.2.4.3.3- pliage en L

On l'appelle aussi le pliage en tombé de bord, la tôle sera maintenue entre une matrice et un serre-flan avec ou sans pression selon le cas pour la plier en porte- a- faux à 90°.

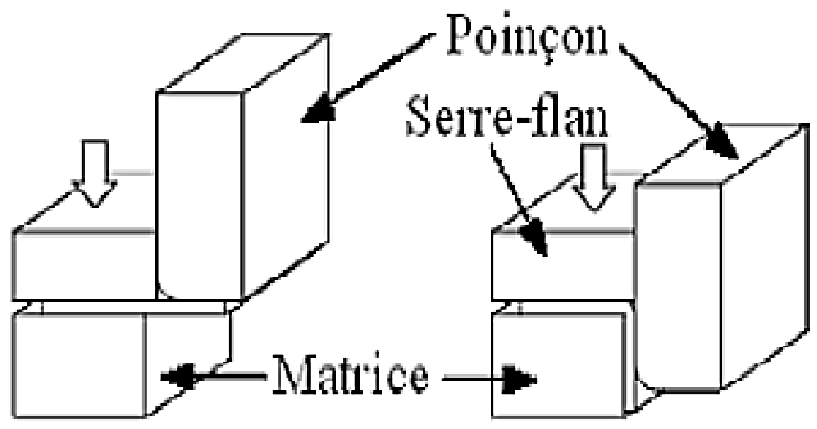
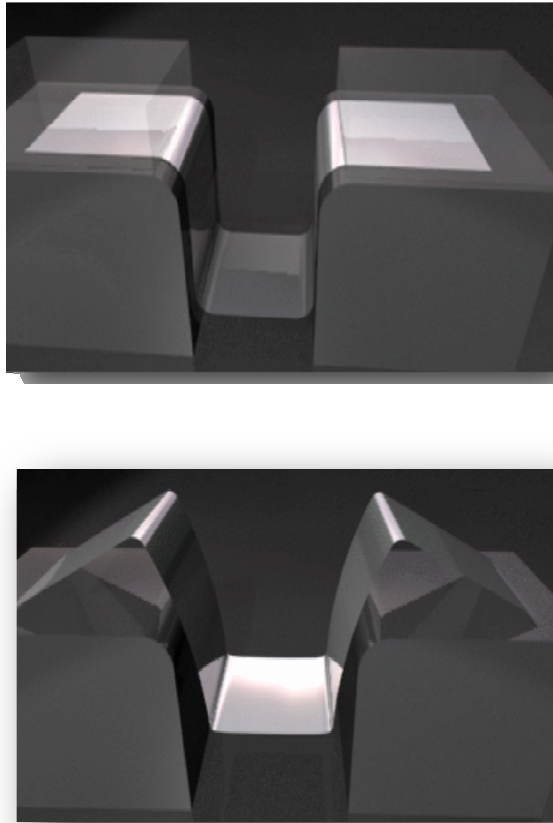


Figure II.21: pliage en L.

#### II.2.4.4- le retour élastique

Est un changement géométrique des matériaux qui ont une grande limite élastique, apparait à la fin d'une opération du pliage en l'air. La pièce obtenue sera modifiée et sa forme finale sera proche de la géométrie visée. Pour éliminer ce phénomène il faudrait ajouter une force supérieure à la limite élastique du matériau par un pliage en frappe.



**Figure II. 22 : le retour élastique.**

#### **II.2.4.5-Déformation du pli**

La zone pliée d'une tôle subit des déformations plastiques telles que ses fibres extérieures s'allongent tandis que les fibres intérieures se compressent et la fibre neutre située au milieu de l'épaisseur de pli ne varie pas cela crée un rayon dit « rayon du pliage » qui est en fonction de cette déformation qui doit assurer la résistance à la rupture car plus que le rayon est petit plus que les défauts de criquage sont grands.

#### **II.2.4.6- le rayon du pliage[24]**

Appelé aussi rayon intérieur de pliage  $R_i$ . Il est en fonction de l'angle d'ouverture du  $V$  et ne doit jamais être vif car plus qu'il est petit plus que des défauts de criquage s'apparaissent.

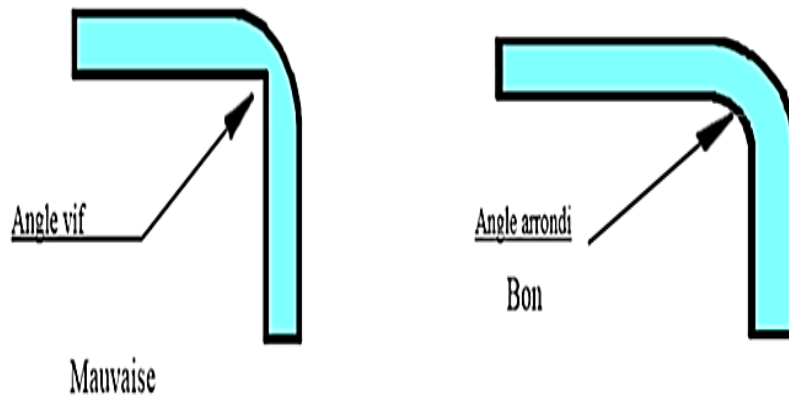


Figure II.23 : rayon intérieur de pliage.

#### II.2.4.7- Condition de l'opération de pliage

Pour obtenir un bon pliage il faut tenir compte de deux conditions qui sont :

- **Le rayon de la matrice de pliage :** Le rayon de la matrice du pliage doit être supérieur à deux fois l'épaisseur de la tôle  $\geq 2 \cdot e$  pour éviter le découpage de la tôle
- **jeu de pliage :** Lors de la conception de l'outil de pliage, il faut prévoir un jeu de pliage entre l'arrête verticale extérieure du poinçon et l'arrête intérieure de la matrice. Le jeu doit être égal à l'épaisseur de la tôle plus une tolérance maximale  $J \geq e + \text{tolérance max.}$  [21]

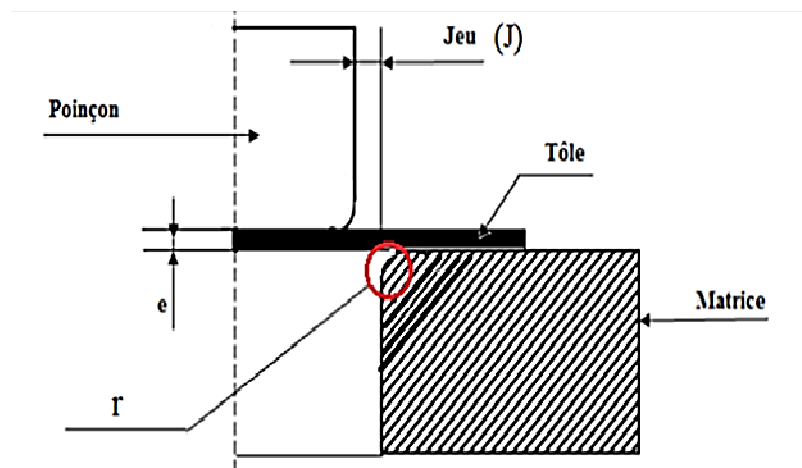


Figure II.24 : jeu de pliage.

#### II.2.4.8- L'effort de pliage [25]

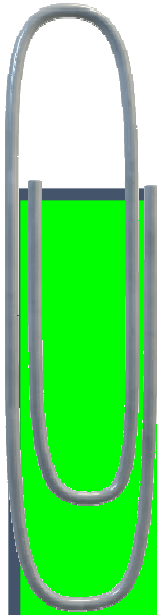
L'effort nécessaire pour former un pli est égal au dixième de l'effort nécessaire pour cisailier la section de la tôle à cet endroit.

Tel que :

- $F_p$  : Effort de pliage (daN) ;
- $L$  : Longueur de pli (mm) ;
- $e$  : Épaisseur de la tôle (mm) ;
- $R_e$  : Résistance de la tôle au cisaillement (daN/mm<sup>2</sup>).

### **II.3- conclusion générale**

Après avoir eu un aperçu de la pièce que nous voulions réaliser, il était nécessaire d'étudier les différents procédés de mise en forme qui nous permettrons d'obtenir cette dernière à partir d'un bloc d'acier brut. Pour cela on a consacré ce chapitre pour cette étude, ce qui nous a permis de mieux comprendre toutes ces opérations et les outils utilisés.



**Chapitre III**  
**Vue sur les presses**  
**et leurs différents**  
**outils**

**III.1- Introduction**

Afin de concevoir des pièces mécaniques de dimensions et de formes géométriques différentes à partir d'une feuille de tôle, plusieurs opérations sont nécessaires comme (le poinçonnage, emboutissage et le pliage ...Etc.) que nous avons expliqué plus haut dans le premier chapitre. Ces dernières nécessitent des machines industrielles appelée (presses) et des divers outils appelés (outils de presses) selon leur domaine d'utilisation. Dans ce chapitre, nous allons nous concentrer sur l'étude de ces différentes presses, leurs outillages et leurs principes de fonctionnement afin de réaliser des pièces mécaniques très précises.

**III.2- Définition d'une presse**

La machine de presse est une machine-outil de formage des métaux afin d'obtenir des différentes pièces avec n'importe quelle forme souhaitée en appliquant une force mécanique ou une pression. Ce type de machines permet de transformer une tôle en produit fini d'une manière rapide et efficace. Généralement sont destinées à la production de masse.

**III.2.1- Types de machine de presse**

Les presses peuvent être classées suivant plusieurs paramètres comme :

- Le mode de transmission d'énergie ;
- Leur forme de bâti ;
- Le nombre de coulisseaux.

**III.2.2- Les types de presses selon leurs modes de transmission d'énergie :**

Les presses selon le mode de transmission d'énergie sont :

- Les presses hydrauliques ;
- Les presses mécaniques ;
- Les presses pneumatiques.

**III.2.2.1- Les presses hydrauliques**

La presse hydraulique c'est une machine avec un circuit hydraulique utilise un liquide pressé pour créer une force de compression. Elle contient un emplacement pour la fixation du matériau à former. Elle est adaptée pour les opérations d'emboutissage profond et pour presser, soulever des objets lourds.

### III.2.2.1.1- Le fonctionnement de la presse hydraulique

Repose sur le théorème de pascal qui dit « dans un liquide en équilibre de masse volumique uniforme, la pression est la même en tout point du liquide et cela aussi longtemps que ces points sont à la même profondeur » La presse hydraulique est alimentée par une pompe hydraulique à un vérin qui entraîne la glissière suivant sa conception et ses applications. Grâce aux nouvelles technologies et aux développements de l'électronique, les presses hydrauliques sont commandées automatiquement.

### III.2.2.1.2-les avantages et les inconvénients de la presse hydraulique

➤ **Les avantages :**

- La presse hydraulique est très solide, fiable et son moteur est plus puissant. ;
- La presse hydraulique est moins couteuse par rapport aux autres types de presse ;
- Le tonnage de la presse est facilement ajusté ce qui permet des opérations avec petit tonnage pour les matrices fragiles, et la vitesse d'emboutissage reste constante pendant toute la course. [4]

➤ **Les inconvénients**

- La presse hydraulique subite des chocs après le temps initial du processus de poinçonnage, donc elle nécessite un isolateur de choc lié à la décompression.
- La presse hydraulique nécessite beaucoup d'entretien. L'huile doit toujours être présente à l'intérieur de la presse, de plus, elle comporte plusieurs appareils pour le contrôle de la pression à fin d'assurer son bon fonctionnement.



Figure III.1 : différents modèles de presses hydrauliques.

### III.2.2.2-Les presses mécaniques

Une presse mécanique est une machine qui utilise un mécanisme pour faire fonctionner les outils à la vitesse adéquate, et leur donner l'énergie suffisante pour effectuer les opérations nécessaires (découpage, perçage...etc.) Pour former les pièces souhaitées. Elles sont les plus répandues car elles sont fiables et rapides.



Figure III.2 : presse mécanique.

#### III.2.2.2.1- principe de fonctionnement d'une presse mécanique

La presse mécanique transforme la force de rotation d'un moteur électrique en une force de translation transmise au coulisseau cela à l'aide d'un volant d'inertie suivant un système précis. Ce qui effectue l'action de pression, de ce fait, l'énergie dans une presse mécanique provient du moteur.[26]

#### III.2.2.2.2- Le mécanisme de commande

C'est le mécanisme qu'on a cité en haut dans la définition. Il permet la transformation du mouvement circulaire du moteur en mouvement rectiligne alternatif du coulisseau. Cela avec les différents systèmes suivants :

##### a-Système bielle manivelle :

C'est un système basé sur ces éléments suivants :

- La bielle ;
- La manivelle ou un vilebrequin ;
- Bâti ;
- Coulisseau.

Ce système permet la transformation du mouvement de rotation de la manivelle au tour de son axe au coulisseau en mouvement rectiligne alternatif. La manivelle est reliée au coulisseau par une bielle qui est d'une longueur réglable pour permettre d'obtenir, entre la table de la presse et le coulisseau en bas de course la hauteur correspondante à celle de l'outil à monter.[4]

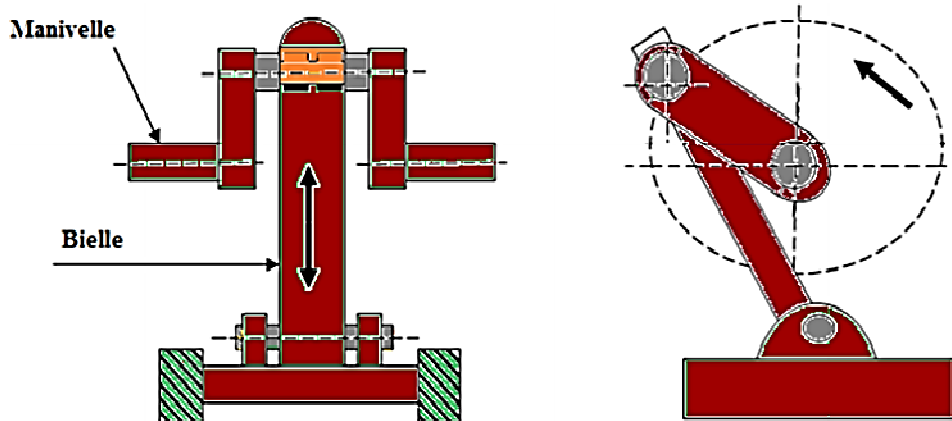


Figure III.3 : Système bielle manivelle.

**b- Système excentrique**

C'est un mouvement qui provoque un mouvement soit d'approche ou d'éloignement à l'axe de rotation d'une pièce. Cela transforme le mouvement de rotation en mouvement oscillatoire.

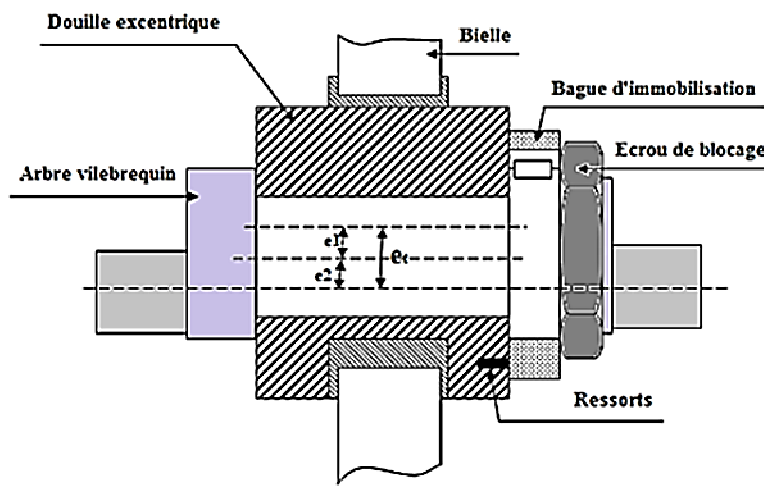


Figure III.4 : système excentrique.

### c-Système à genouillère

C'est un système composé de trois éléments sont :

- Une bielle
- Un vilebrequin
- Deux genouillères

Le système repose sur deux genouillères, l'une d'eux est fixe et reliée au bâti et l'autre est mobile est fixé au coulisseau où les deux genouillères partagent le même axe avec la bielle qui est entraînée par le vilebrequin en exerçant un mouvement de va-et-vient sur cet axe.

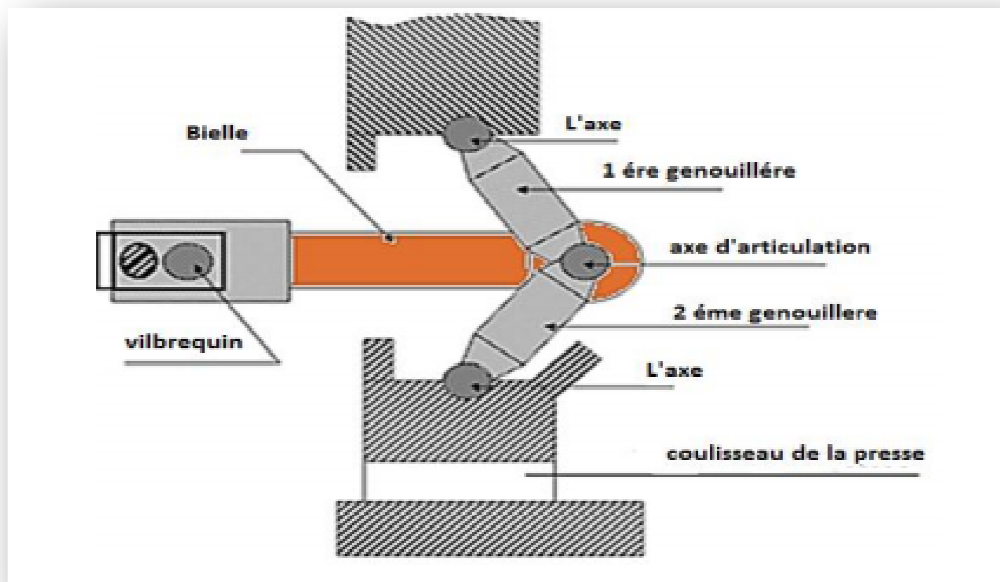


Figure III.5: système genouillère.

### d-Système à came :

Un système constitué de deux objets, dont l'un est d'une forme ovoïde, appelé "came", réalisée en matériau solide, elle est motrice, munie d'un mouvement de rotation, et l'autre est entraîné par un mouvement de translation alternatif, lié à un moteur solide.

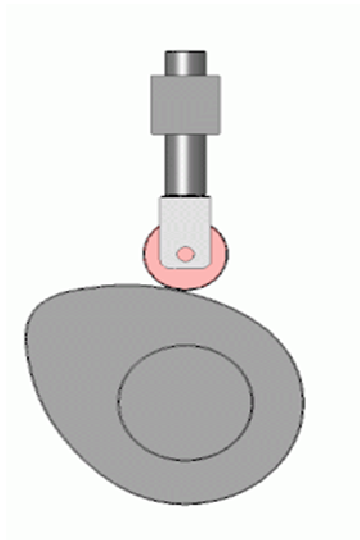


Figure III.6 : Système à came.

#### e-système d'embrayage :

Dans les presses de petite et moyenne puissance, le volant tourne autour de l'arbre de vilebrequin d'une façon continue. Le but de l'embrayage est de s'assurer que le volant et l'arbre sont reliés. Cette liaison s'effectue par volonté de travailleur ou d'opérateur.

On distingue trois types d'embrayage :

- Embrayage par friction ;
- Embrayage par clavette tournante ;
- Embrayage par électropneumatique.

#### III.2.2.3- Les presses pneumatiques et leurs fonctionnements :

Appelé aussi machine à presser à air comprimé. Son fonctionnement est basé sur un principe bien connu.

$$P = \frac{F}{S} \text{ ou } F = P \times S$$

Avec :

- **P**:pression.
- **F**: Force.
- **S**: surface.

L'air est forcé à travers un tube jusqu'à ce qu'il soit rempli d'air ce qui provoque une pression qui déplace le piston. Lorsque la course se termine, l'air est libéré à travers des valves et les ressorts soulèvent la pompe.

### **III.2.2.3.1- avantages et inconvénients d'une presse pneumatique :**

➤ **Avantage :**

- La presse pneumatique fonctionne à une grande vitesse, elle est plus rapide et elle peut fonctionner dix fois plus qu'une presse hydraulique ;
- Elle peut s'arrêter à tout moment, il suffit d'ouvrir la valve pour libérer l'air ;
- Très simple à utiliser.

➤ **Inconvénients :**

- Elles ne sont pas adaptées à l'hydroformage.



**Figure III.7 : une presse pneumatique.**

### **III.2.3- Les types de presses selon leurs formes de bâti :**

Les types de presses selon leurs formes de bâti sont :

- Les presses à col à cygne ;
- Les presses à arcade ;
- Les presses à colonne ;
- Les presses à montants droit ;
- Les presses à table mobile et bigorne.

**III.2.3.1-Les presses à col à cygne : [4]**

Ce type de presse est employé dans la fabrication des petites pièces de grande série et pour tous les travaux de découpage et pliage. Elles peuvent supporter jusqu'à 2000KN d'effort. Les bâtis à col de cygne sont destinés pour les presses de petite ou moyenne puissance. Ils sont inclinables ce qui permet à la machine de travailler dans une position inclinée en plus de son travail dans une position droite, ce qui facilite l'évacuation de la pièce découpée à l'arrière de la presse soit par son propre poids soit par sa gravité.



**Figure III.8 : presse à col à cygne.**

**III.2.3.2-Les presses à arcade [4]**

Les bâtis à arcade sont destinés aux presses de moyenne et grande puissance, ce qui leur permettant de résister à des efforts importants tout en assurant une grande précision dans les outils de guidage sous cette forme, on retrouve des presses mono-bielle et deux bielles et leur avantage est que leur système de construction évite le phénomène de déflexion et réduit fortement les déformations structurelles. En plus de réduire la maintenance des outils utilisés tout en donnant au produit un haut degré de finition.

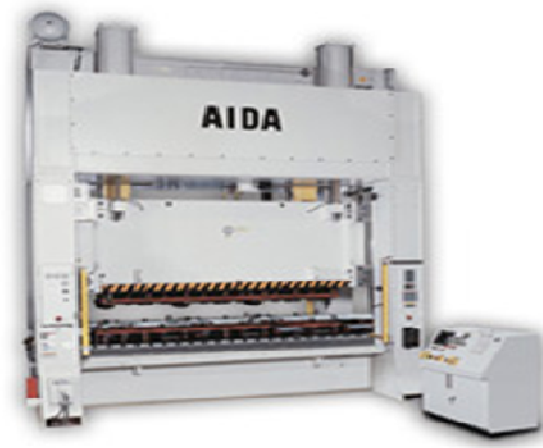


Figure III.9 : presse à arcade.

### III.2.3.3-les presses à colonne : [4]

Sont des presses équipées de quatre arbres cylindriques reliant les parties supérieure et inférieure qui déplacent le coulisseau, et sont généralement utilisées pour le forgeage et le matriçage. Leur puissance peut aller jusqu'à 6000 KN.



Figure III.10 : presse à colonne.

### III.2.3.4-Les presses à montants droit :

Sont des presses très fortes à un bâti assemblé c'est-à-dire c'est un assemblage de trois éléments qui sont : la table, le chapiteau et les montants. Ces trois derniers sont reliés par quatre tirants en acier précontraints, on peut choisir la distance entre le chapiteau et la table et entre les deux montants selon le travail à exécuter. Ce genre de presses peut atteindre des très grandes dimensions, comme elles peuvent développer une force jusqu'à 10000KN

**III.2.3.5- Presse à table mobile et bigorne :**

Sont des presses équipées d'une table mobile réglable en hauteur avec une vis de réglage ce qui permet le montage des outils hauts. Cette table peut tourner facilement cela permet l'utilisation d'une bigorne qui s'installe à la place de la table et qui permet le poinçonnage latéral de gros emboutis.

**III.2.4- les types de presses selon le nombre de coulisseaux :**

Les types de presses selon le nombre de coulisseaux sont :

- Les presses simples effets ;
- Les presses doubles effets ;
- Les presses triples effets.

**III.2.4.1- Les presses simples effets :**

Ce type de presses contient un seul coulisseau entraîné par un, deux ou quatre bielles. Elles sont spécialement conçues pour les opérations de reprise qui impliquent l'emboutissage ou le pliage. Pour cela sont équipées d'un coussin inférieur conçu pour fournir l'effet de serre-flan. [4]



**Figure III.11 : presse à simple effet.**

**III.2.4.2- Les presses doubles effets :**

Ce type de presse destiné aux opérations d'emboutissage profond elles comportent deux coulisseaux l'un dans l'autre. Chaque un des deux étant relié à l'arbre excentrique avec deux intersections. Les courses des deux coulisseaux sont différentes et temporisées. Le coulisseau

extérieur guidé par le bâti en arcade tient le flan et guidant le coulisseau intérieur qui complète le processus.

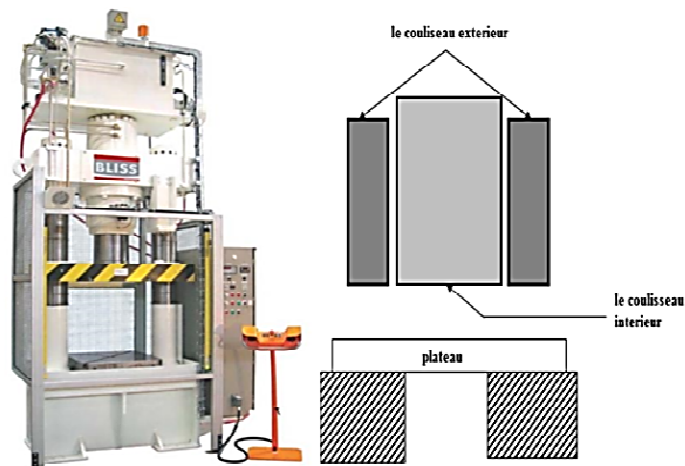


Figure III.12 : presse à double effets.

#### III.2.4.3- Presse à triples effets :

Ce type de presses au même principe que les presses à double effets mais ce type comporte un autre coulisseau inférieur qui a sa propre cinématique. Elles sont généralement destinées pour la fabrication des carrosseries qui nécessite presque souvent les contres-embouties profonds et pour les formes complexes.[4]



Figure III.13 : presse à triple effets.

**II.3- les critères de choix d'une presse :**

Pour choisir une presse sur laquelle travailler, nous devons prendre en compte les facteurs clés 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 de la pièce,
- La longueur de déplacement des coulisseaux,
- La cadence de production,
- Entretien et mise en œuvre.

**II.3.1- sécurité sur les presses :[27]**

La sécurité en atelier est très importante pour cela les constructeurs des machines ont mis des dispositifs qui garantissent la protection des utilisateurs :

- Alimentation automatique : Un système d'alimentation automatique est essentiel pour répondre aux exigences de sécurité et de productivité.
- Protection optique : La machine s'arrête automatiquement si la main de l'opérateur passe à travers les rayons lumineux.
- Protection par appareil à bracelets : Protection efficace des mains afin d'éviter tout risque de blessure.
- Protection bi manuelle : la commande du coulisseau nécessite une action simultanée à deux boutons.
- Cage de protection : c'est une cage qui isole l'opérateur de la zone dangereuse.

**III.4 - les outils de presses : [27]**

L'outil de presse est un composant essentiel de la presse qui permet de passer la tôle à travers des opérations successives telles que l'emboutissage, le pliage, le poinçonnage...etc. Afin d'obtenir la pièce visée. Généralement, l'outil de presse se compose de deux parties parfaitement orientées :

- La partie inférieure fixe est fixée à la table de pression ;
- La partie supérieure mobile est fixée sur le coulisseau.

### III.4.1- les éléments principaux de l'outil de presse :

Les éléments de presse se composent de deux blocs essentiels :

- Bloc mobile appelé porte poinçon ;
- Bloc fixe appelé porte matrice.

#### III.4.1.1- Le poinçon :

Est un outil de presse qui permet de laisser une empreinte sur un flan. Cette dernière est due à la forme géométrique du poinçon. Pour assurer sa résistance aux efforts de coupe, on doit vérifier sa résistance à l'effort de compression et au flambement.

#### III.4.1.2-La matrice :

La matrice c'est le support d'empreinte du poinçon et le fond de l'outil. Elle est faite d'un matériau durable et résistant aux chocs afin d'éviter toute déformation. Au niveau de son axe la matrice présente un trou aux forme et dimensions du poinçon auquel on ajoute un jeu de quelque dixième de millimètre. La matrice adopte le poinçon, et agit comme un support pour la feuille de tôle, réduisant les déformations causées par le cisaillement.

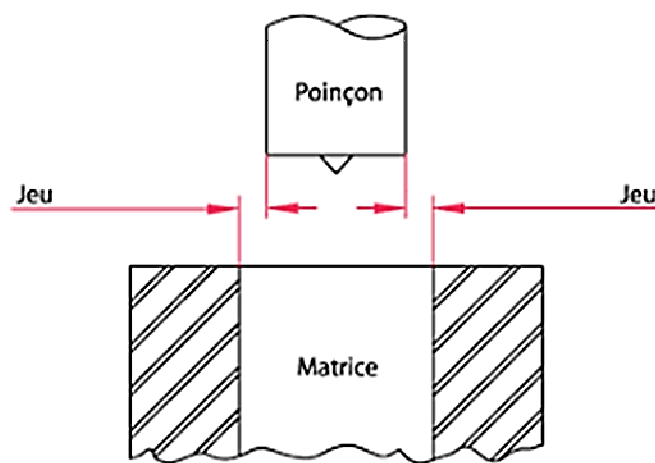


Figure III.14 : L'ensemble matrice et poinçon.

### III.4.1.3-La dépouille:

C'est un qui se situe en dessous de la partie active de la matrice, il est légèrement plus grand en taille que celui de la partie active. Il évite l'accumulation des chutes dans la matrice réduisant ainsi la force de poussée. L'angle de dépouille dépend de la matière qui forme la matrice.

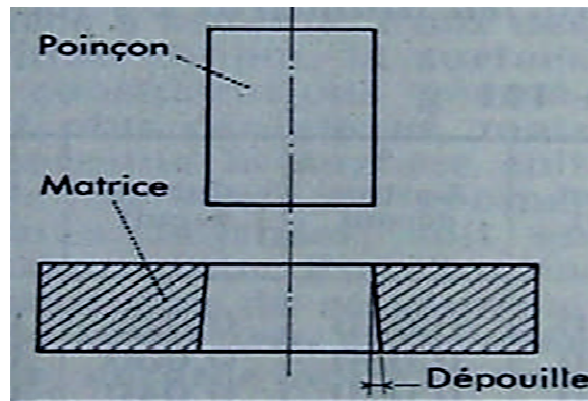


Figure III.15 : La dépouille dans la partie active de la matrice

### III.4.1.4-L'affutage :

C'est une opération qui s'effectue sur un outil quand ses arêtes coupantes s'arrondissent et forment des rayons. Cela à l'aide d'une rectifieuse qui affûte les surfaces usées de cet outil pour avoir à nouveau ses arêtes vives et augmenter sa durée de vie.

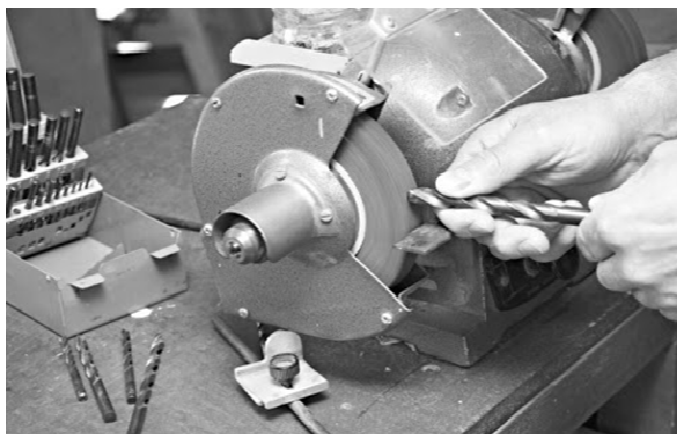


Figure III.16 : principe d'affutage.

### III.4.2- Les différents types d'outils de presses :

#### III.4.2.1- l'outil à découper :

On a deux types d'outil à découper sont :

- Outil simple découvert ;
- Outil butée à découvert.

##### III.4.2.1.1-Outil simple découvert : [4]

C'est un outil constitué d'un seul poinçon et une seule matrice. Destiné aux travaux de petite unités et l'exécution des pièces à découper. Or que les travaux en série ne peuvent pas être réalisé avec ce type d'outil à cause de la remonté de la bande de tôle avec le poinçon.

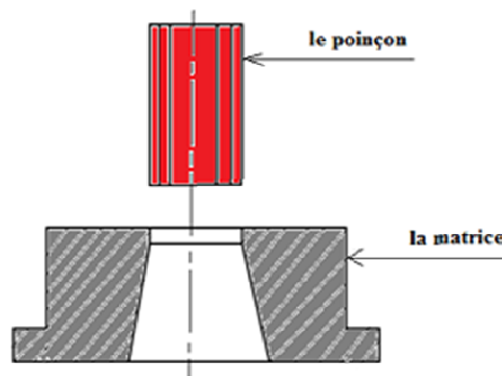


Figure III.17 : Outil simple découvert.

##### III.4.2.1.2- Outil butée à découvert :

Il convient particulièrement à la découpe d'ébauches circulaires ; En plaçant deux butées sur la matrice dans deux directions perpendiculaires ; L'un sert à guider la bande de tôle et l'autre à contrôler la progression de la tôle.

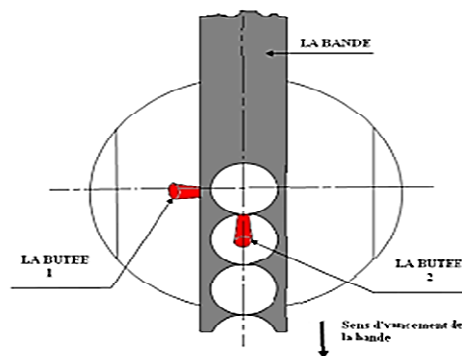


Figure III.18 : Outil butée à découvert.

### III. 4.2.2- Outils à emboutissage :

On distingue deux types de l'outil d'emboutissage :

- Outil d'emboutissage sans serre flan ;
- Outil d'emboutissage avec serre-flan.

#### III. 4.2.2.1- Outil d'emboutissage sans serre flan :

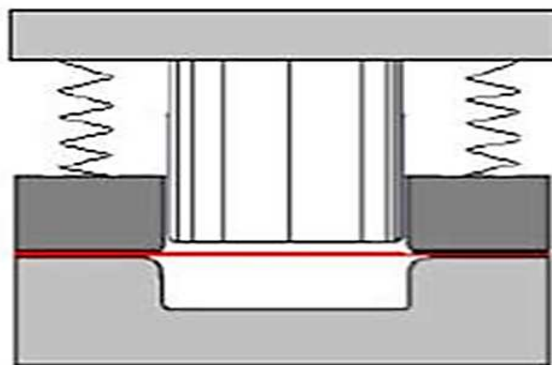
Également connu sous le nom d'outil d'emboutissage de passe à travers. Cet outil se compose uniquement d'un poinçon et d'une matrice, il est utilisé pour des emboutis peu profondes qui ne nécessitent pas de gros efforts de serrage.

#### III. 4.2.2.2- Outil d'emboutissage avec serre-flan :

Il existe en deux types sont :

##### **a-Outil placé sur une presse à simple effet :**

Il comporte un poinçon, une matrice, et un serre- flan. Ce dernier est souvent actionné par des paires de ressorts de rappel, qui servent à amortir et absorber les chocs dus à la force exercée par la presse.



**Figure III.19 : outil placé sur une presse à simple effet.**

##### **b-Outil placé sur presse à double effet :**

La presse à double effets comporte deux coulisseaux. Un coulisseau extérieur tient le serre-flan qui maintient la tôle pendant que le poinçon fixé au coulisseau intérieur déforme le métal.

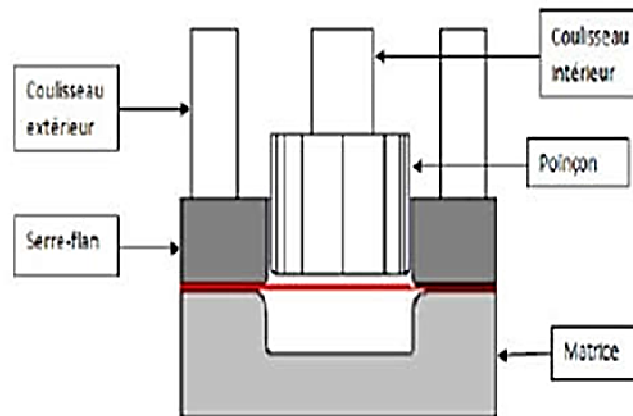


Figure III.20 : Outil placé sur presse à double effet.

### III.4.2.3 : Outils de détourage : [28]

Le rôle de détourage est de rogner les pièces obtenues après emboutissage, en éliminant les excès de matière (bords irréguliers). On distingue trois types de détourage :

#### a-Détourage Normal :

Lors de détourage normal, le dispositif de centrage est décalé, et son but est de permettre au poinçon d'être affûté avec un meulage à plat (rectification plane), après le démontage. La pièce est libérée de la matrice par un éjecteur, avec une force d'éjection exercée sur la partie résistante à l'évacuation.

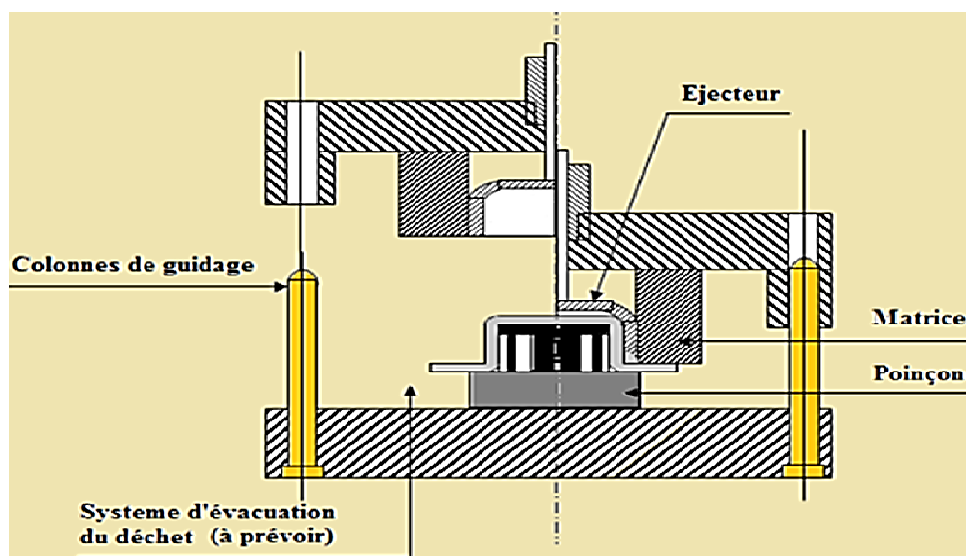


Figure III.21 : outil de détourage normal.

**b-Détourage à Ras :**

Une passe d'étalonnage est nécessaire avant le détourage pour obtenir le rayon minimal au point de coupe.

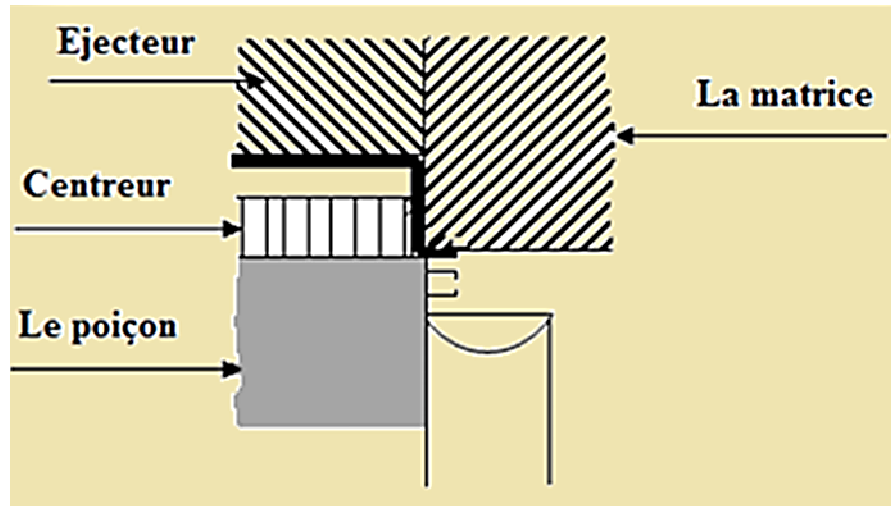


Figure III.22 : outil de détourage à Ras.

**c-Détourage-poinçonnage :**

Un levier dit palonnier est nécessaire, de sorte que le poinçon soit dans l'axe de la tige d'éjection.

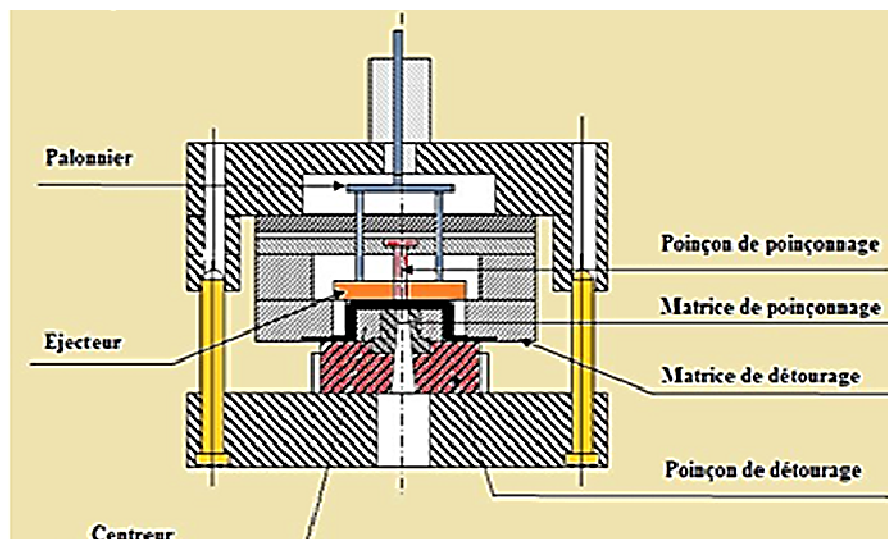


Figure III.23 : outil de détourage-poinçonnage.

### III.3.2.4 - Outil de pliage :

Les outils de pliage varient selon la forme de la pièce à réaliser. Dans le cas où la pièce voulu est complexe il faudra passer par des opérations élémentaires comme le pliage en U, pliage en V et pliage en équerre.

#### a- Le pliage en V :

Cet outil compose d'un poinçon et une matrice qui ont la forme de la cornière à former (en V). Il est utilisé pour le formage des pièces qui ne demande pas une grande précision et les travaux de grande série. La matrice doit être suffisamment épaisse pour ne pas se casser sous la force de l'angle du poinçon.

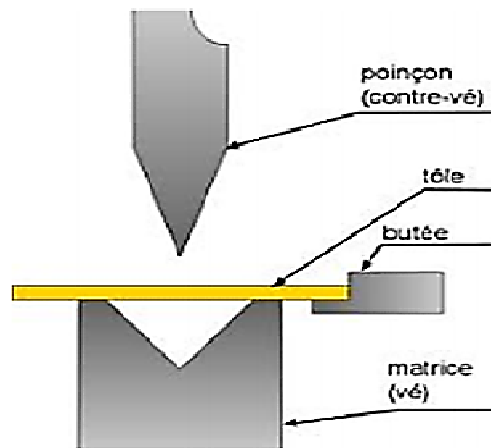


Figure III.24 : pliage en V.

#### b- Le Pliage en U :

Cet outil a le même principe que l'outil de pliage en V, et la différence réside dans la forme du poinçon et la matrice, et c'est un travail utile en symétrie et en même temps il soulève les ailes du U.

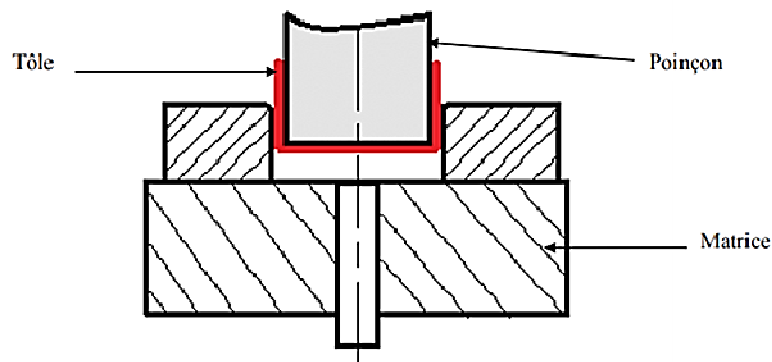
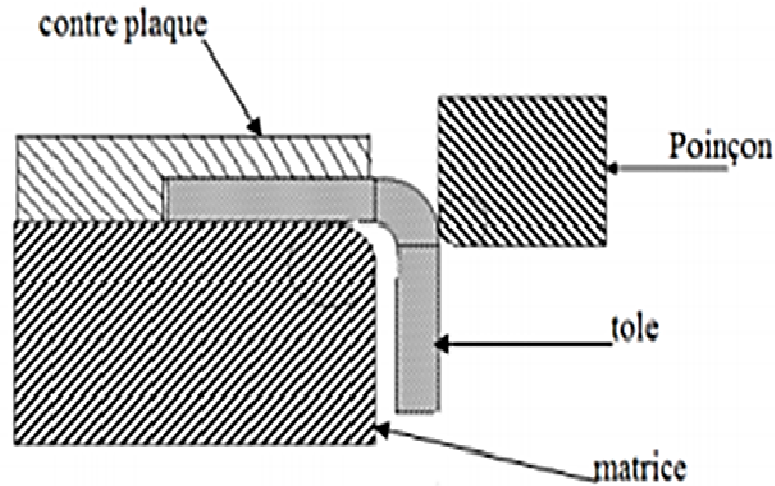


Figure III.25 : pliage en U.

**c- Pliage en équerre :**

Cet outil permet d'obtenir des pièces pliées à  $90^\circ$  ; Il se compose d'un poinçon, une matrice et d'un éjecteur, ce dernier étant appelé le fond de la matrice.



**Figure III.26 : pliage en équerre.**

**III.3.2.5- Outil contre plaque :**

On distingue deux types d'outil contre plaque sont :

**a-Outil contre plaque à engrenage :**

Dans cet outil, le flan avance à l'aide d'un engrenage qui tourne en frottant sa surface. Il avance suivant sa longueur et la bande se déplace à chaque course de pression.

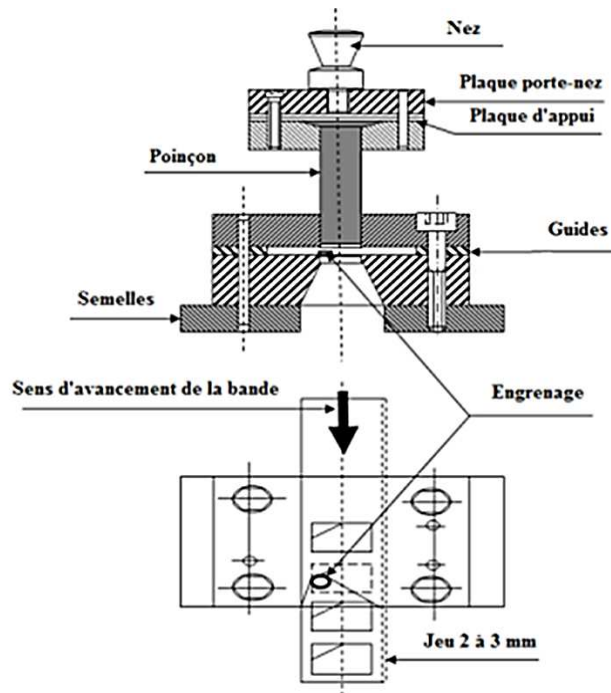


Figure III.27 : Outil contre plaque à engrenage.

**b-Outil contre plaque à coteau :**

Dans ce cas l'engrenage est remplacé par un poinçon de pas dit « couteau ». Le rôle de ce dernier est de maintenir l'avancé du flan. La bande se déplace à chaque deux coups de presse à la suite de la longueur du pas qui est égal à la longueur du couteau.

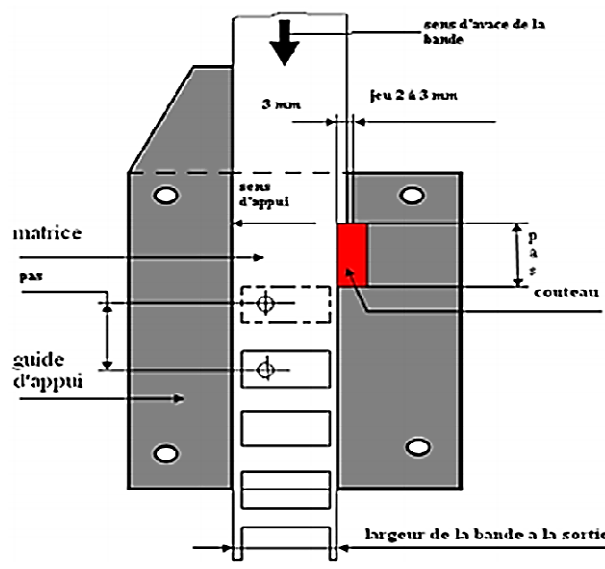


Figure III.28 : Outil contre plaque à coteau.

### III.3.2.6- Outil de presse à bande :

Appelé aussi outil à colonne il comporte deux semelles une inférieure et l'autre supérieure, un poinçon, une matrice, des colonnes de guidage sachant que le guidage de la partie mobile de cet outil est assuré par ces dernières, et un dévêisseur au lieu d'une contre plaque qui sert à maintenir la bande de tôle lors des opérations pour éviter toutes déformation et garantit la qualité du produit.

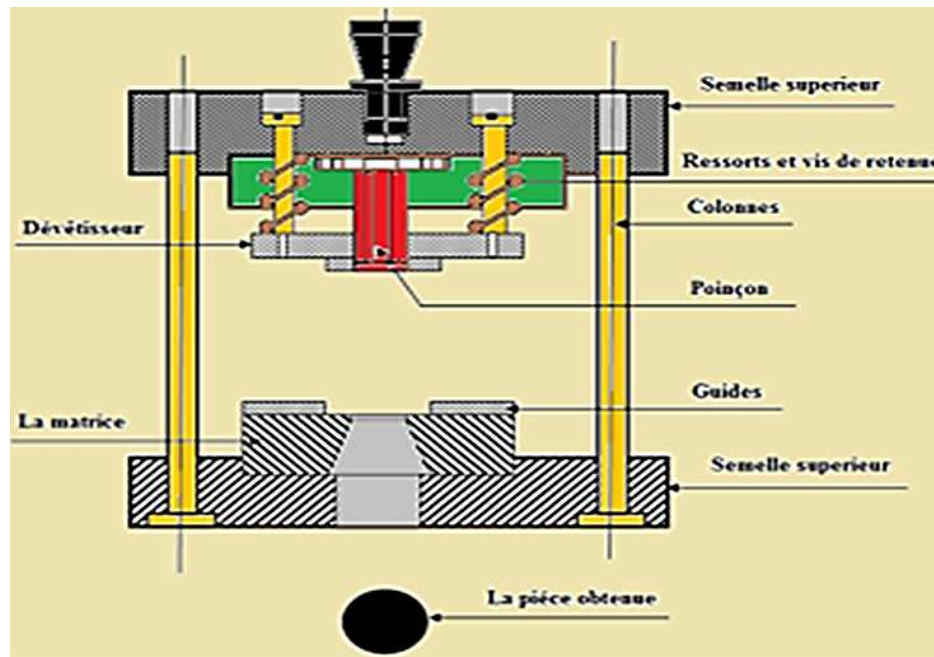


Figure III.29 : Outil de presse à bande.

### III.3.2.7- Outil suisse :

C'est un outil avec un système combiné de deux opérations de poinçonnage et découpage ou ces deux derniers peuvent s'effectuer en un seul coup de frappe. La matrice et le poinçon sont inversés dans ce type d'outil ou la matrice est sur la partie supérieure et le poinçon sur la partie inférieure. Cet outil est destiné à l'obtention des pièces plates d'une grande précision et de faible ou forte épaisseur.

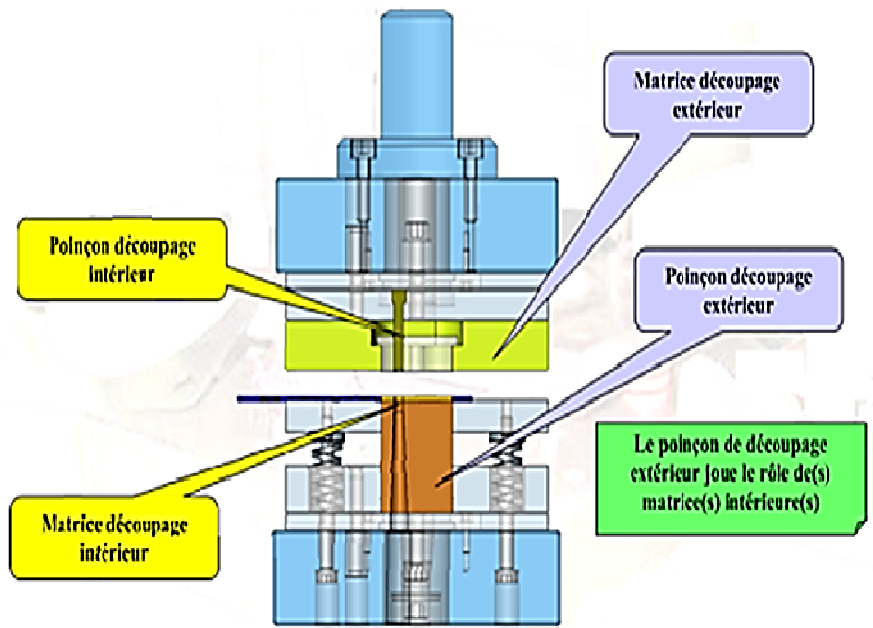


Figure III.30 : outil suisse.

### III.3.2.8- Outil à suivre ou outil à suite :

Appelé aussi outil progressif. Il permet de réaliser une ou plusieurs pièces finies à chaque pas de presse. Toutes les étapes de mise en forme sont exécutées successivement à l'aide du même outil, sur la même bande. Cela permet d'avoir un prix plus bas pour les outils dans l'ensemble.

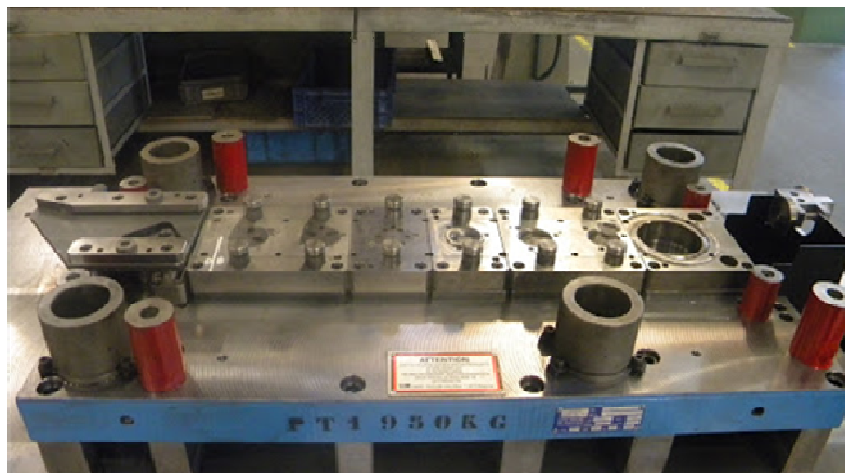


Figure III.31 : outil à suivre.

### III.3.3- Montage des outils sur les presses :

Le montage des outils sur les presses diffère selon la taille de ces dernières car on a des petites presses et des grosses presses.

III.3.3.1- Les petites presses :

a- La partie inférieure de l'outil :

La semelle inférieure de l'outil est fixée soit par des vis ou par bridage sur le plateau de la presse qui présente des trous taraudés ou filetés qui varient d'une presse à une autre et des cales de pression.

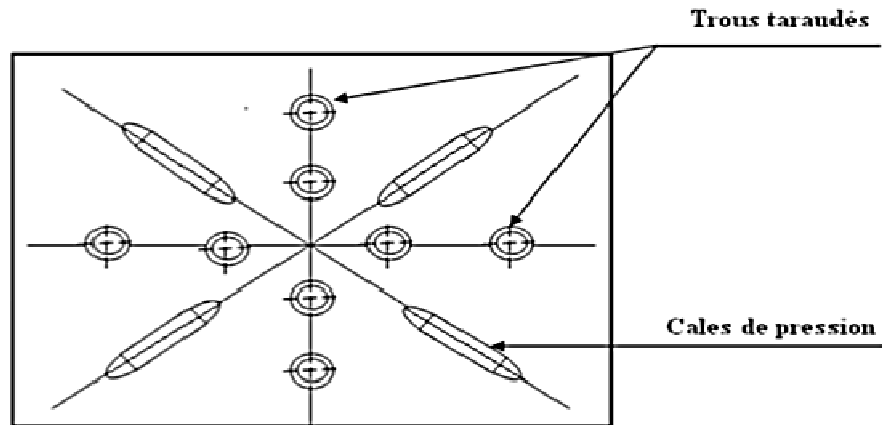


Figure III.32 : plateau de presse.

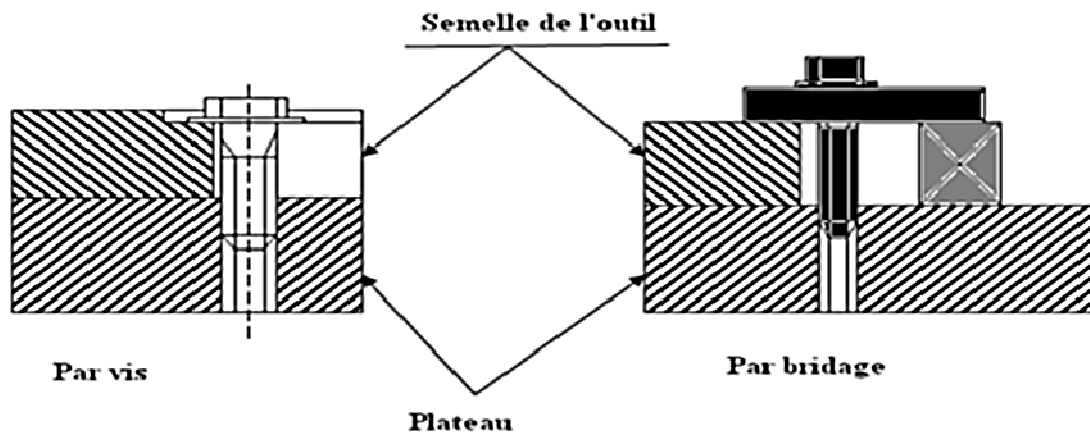


Figure III.33 : les modes de fixation de la semelle au plateau.

b-La partie supérieure de l'outil :

Pour la partie supérieure de l'outil, elle se fixe avec un nez, qui sera monté dans le trou lisse du coulisseau, le nez sera serré par un chapeau puis bloquer avec des vis de pression, et pour des outils longs, ces derniers peuvent être fixés par les trous de coulisseau.

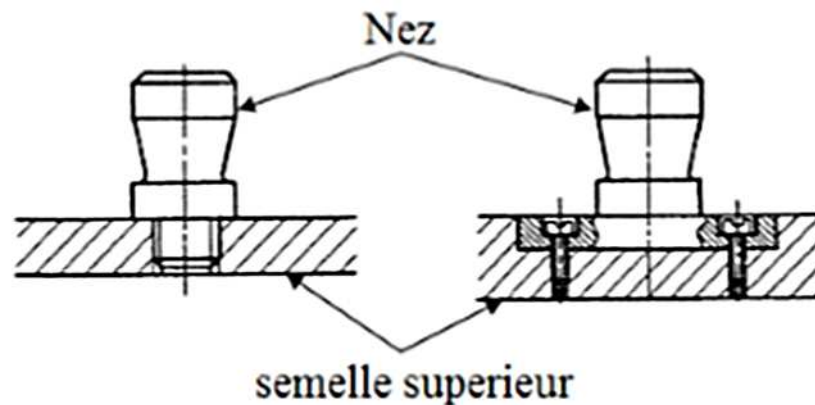


Figure III.34 : fixation de la partie supérieure de l'outil.

### III.3.3.2- Les grosses presses :

Dans les grosses presses les semelles et les plateaux ont des rainures sous forme d'un T, les semelles seront fixées, soit par des boulons ou par des brides.

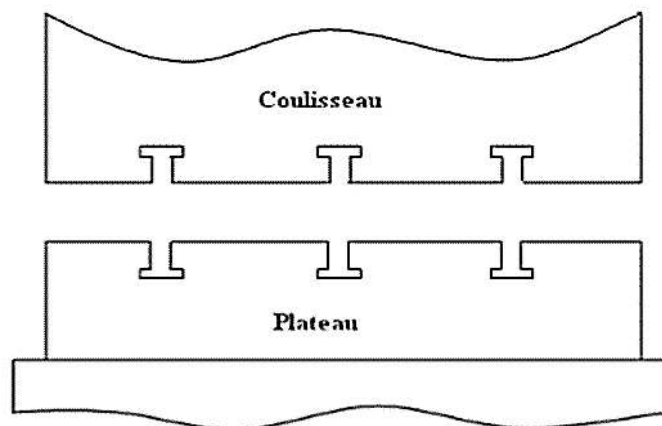
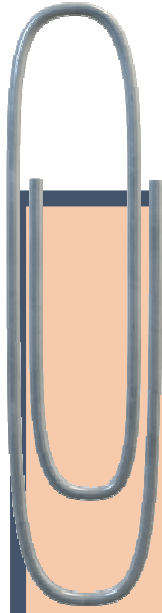


Figure III.35 : Les rainures sur le coulisseau et plateau.

### III.4- conclusion :

Dans ce chapitre nous avons fait un aperçu global sur les divers types de presses et leurs outils dans l'industrie. Nous avons appris comment choisir la presse qui convient à chaque opération d'usinage après avoir étudié leurs classifications selon plusieurs paramètres comme leurs modes de transformation de l'énergie, leurs formes de bâti, leurs nombres de coulisseau et leurs principes de fonctionnement.



Chapitre IV  
Etudes et Conception

### IV. 1- Introduction

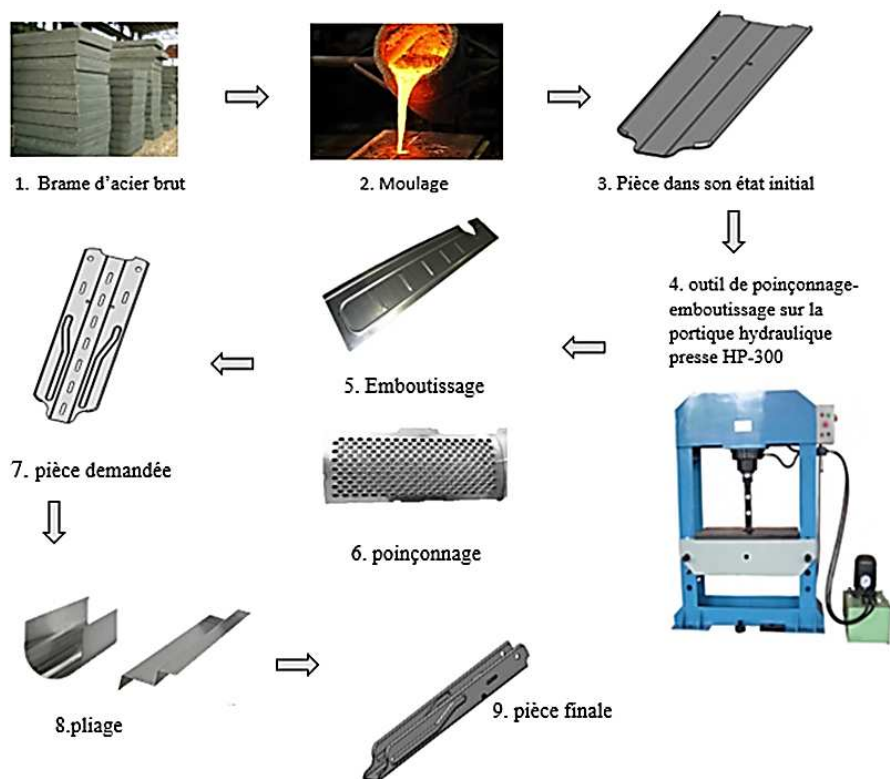
La conception est l'étape créative d'un projet d'ingénierie qui est toujours liée à une partie d'études et de calculs pour assurer et garantir les performances du produit avant de lancer sa production tout en respectant le cahier des charges fourni par l'entreprise.

Dans ce chapitre nous allons présenter notre projet (pièce et outil) en premier ordre en suite nous passerons aux calculs en tenons compte des différents paramètres nécessaires pour l'étude de notre outil.

### IV.2- but de projet

L'entreprise « Lemarechal carrosserie » nous a confié une tâche, celle de concevoir un outil qui nous permet de réaliser deux opérations (emboutissage et poinçonnage). Pour cela, parmi plusieurs types d'outils de presses qui existent nous avons opté pour un **outil à suivre** qui permet de combiner les deux opérations au même temps. (voir plus de détail dans le chapitre III).

Le diagramme ci-dessous décrit brièvement les étapes de base impliquées dans la réalisation de cette pièce.



Pour la conception de la pièce et l'outil nous avons opté pour un logiciel de CAO « SolidWorks ».

### IV .3-Le cahier des charges

#### IV.3.1- Définition :

Le cahier des charges est un document qui doit être respecté lors de l'élaboration et la conception d'un projet. La pièce à réaliser est : « **la partie mobile du support d'un pare cycliste démontable** » dont les caractéristiques dimensionnelles et géométriques sont présentées à travers un dessin de définition de pièce (voir la planche N° = 11).

Le cahier des charges fourni par l'entreprise « Lemarechal carrosserie » est comme suit :

**Tableau IV.1 :dimensions de la pièce**

Longueur en (mm)	Largeur en (mm)	Epaisseur en (mm)
540	165	2

La pièce initiale est en acier d'usage général non allié sa nuance est **S275**et sa norme **EN 10025-2**.

#### IV.3.2- Propriétés mécaniques de la pièce :

D'après le cahier des charges, voici quelques propriétés mécaniques de la pièce :

**Tableau IV.2 : Propriétés mécaniques de la pièce.**

La limite élastique Re (Mpa)	La résistance à la traction Rm (Mpa)	L'allongement A (%)	Module de Young (Gpa)	Coefficient de poisson
275	430-580	17	210	0.3

#### IV.3.3- : compositions chimiques de la pièce :

Les propriétés chimiques de la pièce d'après le cahier des charges sont :

**Tableau IV.3 : compositions chimiques de la pièce.**

Composition chimique, % masse				
C	Si	Mn	P	S
≤ 0.18%	≤ 0.03%	≤ 1.50%	≤ 0.035%	≤ 0.035%

L'acier **S275** est un matériau oxydable, il est plus sensible à la corrosion et à la rouille donc il est conseillé d'appliquer un vernis ou une peinture anti rouille pour éviter ce problème.

## Chapitre IV Etudes et conception

---

Pour cela le support du pare cycliste utilisé par l'entreprise « Lemarechal carrosserie » a été peint avec une peinture anti rouille « époxy noir » ce qui lui donne un aspect lisse.

### IV.3.4- Emplacement de la pièce :

la pièce (partie mobile) sert à lier les barres latérales avec la partie fixée au châssis de la remorque pour former un dispositif de sécurité mobile et démontable dit pare cycliste.

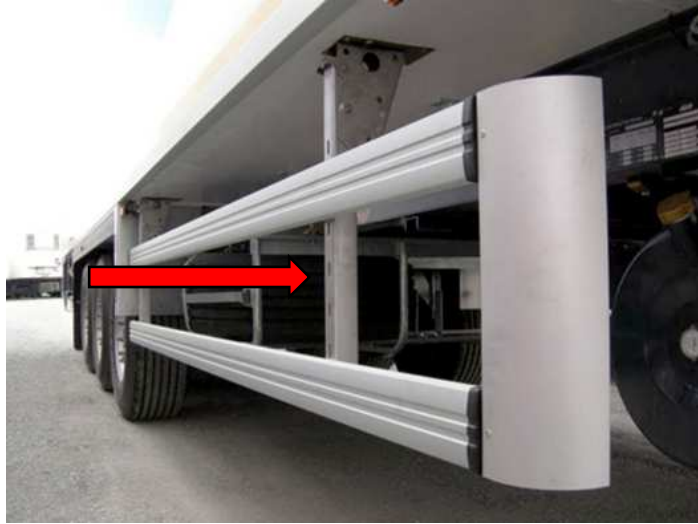


Figure IV.1 : Emplacement de la pièce.

## IV .4-Étude de l'outil

### IV .4.1- Calculs des efforts de poinçonnage :

l'effort de poinçonnage se calcul comme suit :

$$F_p = (\pi \times d) \times e \times R_m \times K$$

Avec :

- $F_p$  : effort de poinçonnage en (N) ;
- $(\pi \times d) = P_{\text{poinçon}}$  : périmètre du poinçon en (mm) ;
- $e$  : Epaisseur de la tôle en(mm) ; dans notre cas  $e=2\text{mm}$  ;
- $R_m$  : Larésistance de la tôle en (Mpa) ; on prend **480Mpa** pour des raisons de sécurité.
- $K$  : coefficient d'ajustement de la formule de calcul ( $K=1$ ).

#### a- Calcul de l'effort de poinçon de trou pour goupille $F_1$ :

$$F_1 = P_{\text{poinçon 1}} \times e \times R_m \times K$$

D'après la mesure et l'évaluation sur SOLIDWORKS, le Périmètre du poinçon de trou de goupille :

$$P_{\text{poinçon1}} = 40.84 \text{ mm}$$

AN :

$$F_1 = 40.84 \times 2 \times 480 \times 1$$

$$F_1 = 39206.4 \text{ N} (\times 2)$$

**b- Calcul de l'effort de poinçon de trou extrudé  $F_2$  :**

$$F_2 = P_{\text{poinçon 2}} \times e \times R_m \times K$$

D'après la mesure et l'évaluation sur SOLIDWORKS, le Périmètre du poinçon de trou extrudé :

$$P_{\text{poinçon2}} = 25.13 \text{ mm}$$

AN :

$$F_2 = 25.13 \times 2 \times 480 \times 1$$

$$F_2 = 24124.8 \text{ N} (\times 2)$$

**c- Calcul de l'effort de poinçon pour lumière  $F_3$  :**

$$F_3 = P_{\text{poinçon 3}} \times e \times R_m \times K$$

D'après la mesure et l'évaluation sur SOLIDWORKS, le Périmètre du poinçon pour lumière :

$$P_{\text{poinçon3}} = 79.13 \text{ mm}$$

AN :

$$F_3 = 79.13 \times 2 \times 480 \times 1$$

$$F_3 = 75964.8 \text{ N}(\times 9)$$

d- Calcul de l'effort total de poinçonnage

$$F_{p \text{ total}} = F_1 + F_2 + F_3$$

AN :

$$F_{p \text{ total}} = (39206.4 \times 2) + (24124.8 \times 2) + (75964.8 \times 9)$$

$$F_{p \text{ total}} = 810345.6 \text{ N} = 82.65 \text{ Tonnes}$$

IV.4.2-Calculs des efforts d'emboutissage :

L'effort d'emboutissage se calcule comme suit :

$$F_E = P_{\text{poinçon } 4} \times e \times R_m \times K$$

Avec :

- $F_E$  : Effort d'emboutissage en (N) ;
- $P_{\text{poinçon } 4}$  : périmètre du poinçon d'emboutissage en (mm) ;
- $e$  : Epaisseur de la tôle en(mm) ; dans notre cas  $e=2\text{mm}$  ;
- $R_m$  : La résistance de la tôle en (Mpa) ; on prend 480Mpa pour des raisons de sécurité.
- $K$  : coefficient d'ajustement de la formule de calcul en fonction de  $\left(\frac{P_{\text{poinçon}}}{P_{\text{flan}}}\right)$  ;  
 $\left(\frac{\text{périmètre du poinçon}}{\text{périmètre du flan}}\right)$ .

Tableau IV.4 : choix de coefficient d'ajustement des calculs k

$\frac{P_{\text{poinçon}}}{P_{\text{flan}}}$	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
K	1	0.86	0.72	0.60	0.50	0.40

### a- Périmètre de poinçon d'emboutissage $P_{\text{poinçon4}}$ :

Le périmètre de poinçon d'emboutissage  $P_{\text{poinçon 4}}$  est mesuré à l'aide de la fonction « mesurer » sur le logiciel « SolidWorks » comme la figure suivante l'indique :

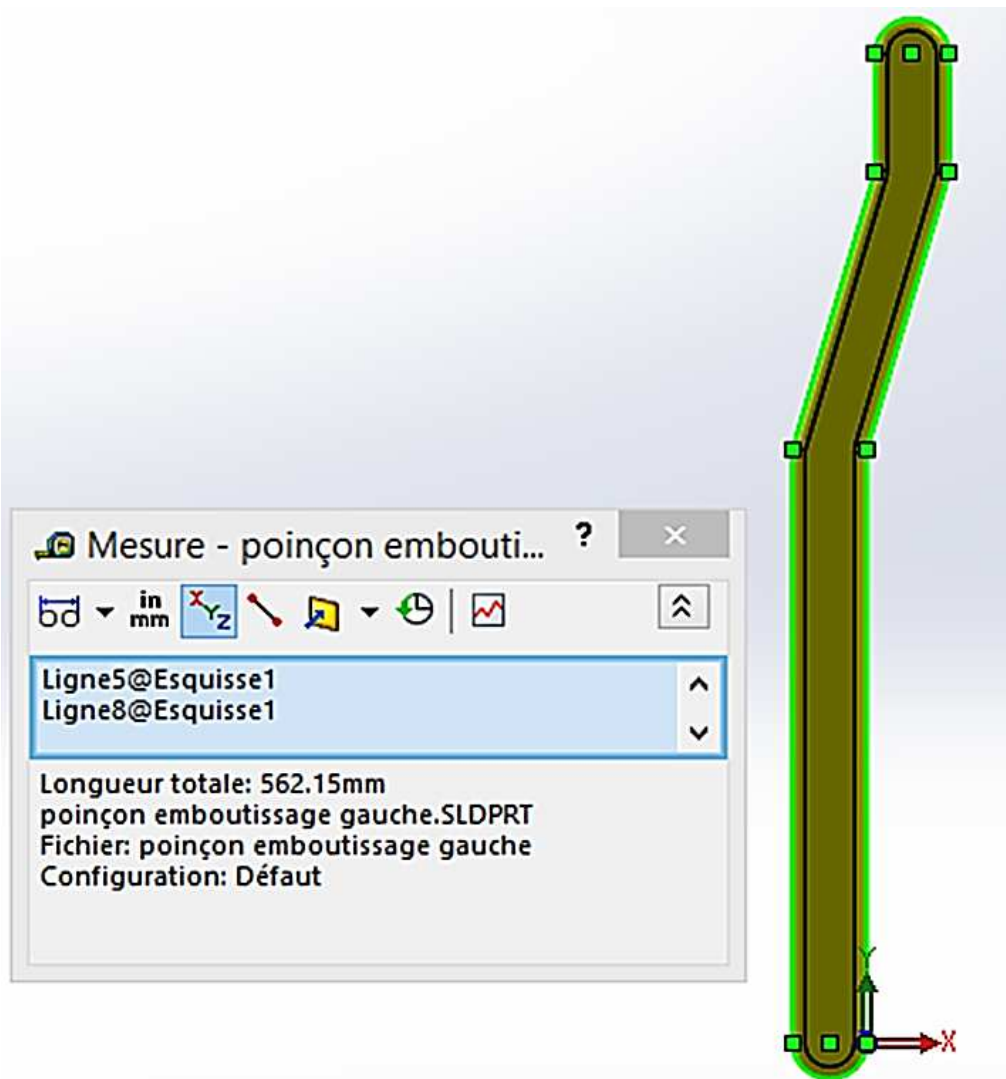


Figure IV.2 : mesure de périmètre du poinçon d'emboutissage.

$$P_{\text{poinçon4}} = 562.15 \text{ mm}$$

### b-Calcul de périmètre du flan $P_{\text{flan}}$ :

suivant la même méthode ci-dessus nous avons mesuré le périmètre du flan comme la figure ci-contre l'indique :



Figure IV.3 : mesure de périmètre du flan.

$$P_{\text{flan}} = 1370.93 \text{ mm}$$

**b- Choix de coefficient K :**

$$k = \frac{P_{\text{poinçon4}}}{P_{\text{flan}}}$$

AN :

$$k = \frac{562.15}{1370.93} = \mathbf{0.41}$$

d'après le tableau IV.4, on prend **K=1**

**c- Calcul de l'effort d'emboutissage  $F_E$  :**

$$F_E = P_{\text{poinçon 4}} \times e \times R_m \times K$$

AN :

$$F_E = 562.15 \times 2 \times 480 \times 1$$

$$F_E = 539664 \text{ N} \quad (\times 2)$$

$$F_{E \text{ total}} = \mathbf{1079328 \text{ N} = 110.09 \text{ Tonnes}}$$

**d- Calcul de l'effort de serre-flan :**

$$F_{\text{serre-flan}} = (2\sim 7)\% \times F_T$$

Pour des raisons de sécurité en prend **4%**

Donc :

$$F_{\text{serre-flan}} = \mathbf{4\% \times F_T}$$

Avec :

$$\mathbf{F_T = F_{P\ total} + F_{E\ total}}$$

AN :

$$F_T = 810345.6 + 1079328$$

$$\mathbf{F_T = 1889673.6\ N = 192.74\ Tonnes}$$

D'où :

$$F_{\text{serre-flan}} = 4\% \times 1889673.6$$

$$F_{\text{serre-flan}} = \frac{4 \times 1889673.6}{100}$$

$$\mathbf{F_{\text{serre-flan}} = 75586.944\ N = 7.70\ Tonnes}$$

C'est l'effort nécessaire pour l'extraction des poinçons après poinçonnage et emboutissage.

### IV .4.3-Choix de la presse :

Dans la tôlerie, le choix d'une presse repose sur plusieurs critères tels que :

- Les efforts calculés ;
- L'effort de la presse doit être supérieur aux efforts utilisés ;
- La nature des opérations à effectuer ;
- La longueur et la largeur de la table, convenablement supérieur à celle de l'outil ;
- La hauteur libre entre la table et la glissière doit être supérieure à la hauteur de l'outil fermé.

- **Calcul de l'effort total de la presse  $F_{\text{presse total}}$  :**

$$\mathbf{F_{\text{presse total}} = F_{P\ total} + F_{E\ total} + F_{\text{serre-flan}}}$$

AN :

$$F_{\text{presse total}} = 810345.6 + 1079328 + 75586.944$$

$$F_{\text{presse total}} = 1965260.544 \text{ N} = 200.45 \text{ Tonnes}$$

Donc :Pour notre cas de poinçonnage -emboutissage, et d'après les efforts calculés on a opté pour une portique hydraulique presse HP-300.

Numéro de modèle	HP-300
Capacité de pression	300 tonnes
Course de coulisseau	300-405mm
Pression	31.5 Mpa
Puissance de moteur	7.5 KW
Tension	380 V
Dimension du corps	2100×950×2700 mm
Dimension de la table	1200×700 mm
Dimension de la station hydraulique	1100× 1200 × 1350 mm
Poids	4200 Kg

**Tableau IV.5 : Caractéristiques de la portique hydraulique presse HP-300.**

#### IV .4.4-Choix de ressort d'outil de presses :

Les ressorts d'outil de presses sont des ressorts de compression revêtus d'un fil de section rectangulaire. Le revêtement n'a pas d'effet protecteur, mais est codé par couleur, ce qui permet de déterminer la résistance du ressort, et dans les assemblages qui nécessitent beaucoup de force, les ressorts de compresseur sont un bon choix.

La course optimale ne doit pas être dépassée, sinon la durée de vie du ressort de l'outil de presse sera abondamment réduite, alors pour prévenir une surcharge, un ressort d'outil de presse doit toujours être disposé précontrainte.

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

$$F_c = \frac{F_{\text{serre-flan}}}{N}$$

## Chapitre IV Etudes et conception

Avec :

N : nombre de ressort.

Étant donné que l'effort de coupe total est important et la géométrie de l'outil est conformément importante donc pour des raisons de stabilité nous l'utilisons 16 ressorts (N=16).

AN :

$$F = \frac{75586.944}{16}$$

$$F = 4724.184 \text{ N}$$

Pour notre outil nous avons choisi le ressort de charge hyper forte de couleur bronze tiré du catalogue Rabourdin industrie qui a ses caractéristiques suivantes : [29]

- L : longueur de ressort = 51 mm ;
- D1= 12.5 mm ;
- D = 25 mm ;
- N = effort de ressort = 4758 N ;
- K : raideur de ressort = 933 N ;
- A : course de ressort = 5.1 mm

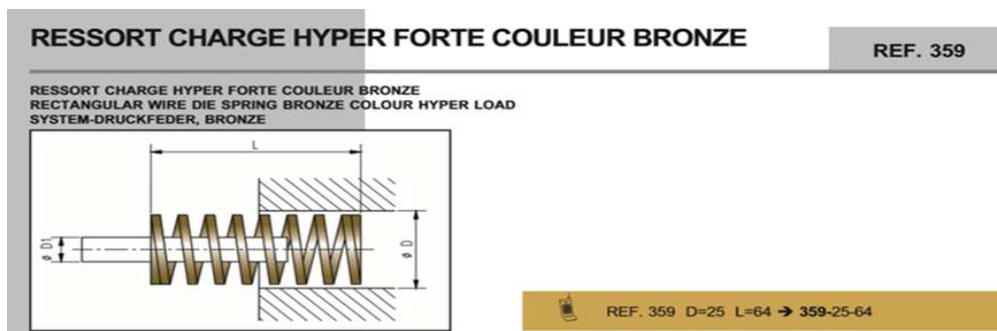


Figure IV.4 : ressort de charge hyper forte Réf : 359.

D	D1	L	K	A 10 %	
mm	mm	mm	N/mm	N	mm
25	12,5	44	1158	5095	4,4
		51	933	4758	5,1
		64	644	4122	6,4
		76	556	4226	7,6
		89	462	4112	8,9
		102	390	3978	10,2
		115	360	4140	11,5
		127	326	4140	12,7
		152	255	3876	15,2
		178	230	4094	17,8
		203	202	4101	20,3
		305	136	4148	30,5

Section du fil  
5,7 x 7,4

Figure IV .5 : caractéristiques du ressort de charge hyper forte Réf :359.

#### IV .4.5- calcul de résistance des poinçons au flambement :

Le flambement est un phénomène physique lié aux principes de résistance des matériaux. Lorsqu'une structure longue est comprimée dans le sens de sa longueur, elle a tendance à se fléchir perpendiculairement à l'axe de la force appliquée, du fait du phénomène d'instabilité élastique.

Ce phénomène se produit pour une certaine valeur de charge appelée charge critique  $F_{cr}$  qui se calcule selon Euler comme suit :

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

Avec :

- **E** : module de Young ou module d'élasticité = 210000 N /mm<sup>2</sup> ;
- **I** : moment d'inertie en (mm<sup>4</sup>) ;
- **l** : longueur libre de flambement en (mm).

NB : les poinçons sont en acier a outil (**Z 200 C12**).

Remarque :

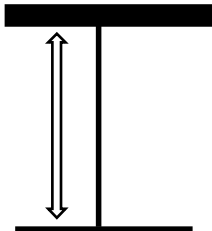
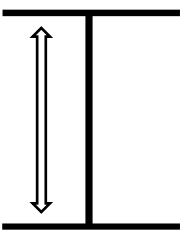
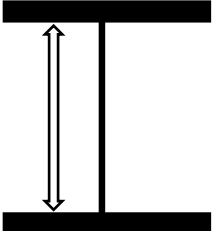
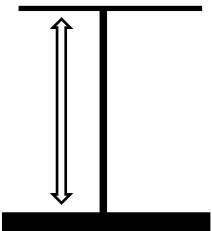
Si l'effort de poinçon  $F_P > F_{cr}$  la poutre se fléchit et la rupture peut intervenir très vite.

Si l'effort de poinçon  $F_P < F_{cr}$  la poutre reste rectiligne et ne subit qu'un faible raccourcissement qui est dû à la compression.

## Chapitre IV Etudes et conception

La longueur libre de flambage est donnée en fonction du type de liaison, le tableau suivant les indique :

**Tableau IV.6 : Longueur libre de flambage.**

Longueur libre de flambage				
Type de liaison	Encastré en A et libre en B	Liaison pivotante en A et B	Encastré en A et B	Encastré en A et pivote en B
valeur de L				
	$l = 2L$	$l = L$	$l = L/2$	$l = 0.7L$

Dans notre cas les poinçons sont encastrés d'un côté et libre de l'autre, donc la longueur libre du flambement  $l = 2L$  sachant que la longueur  $l$  soumise au flambement est la même pour tous les poinçons  $L = 65 \text{ mm}$

Donc :

$$l = 2 \times 65$$

a- Calcul de la résistance au flambement de poinçon pour trou de goupille  $\varnothing = 13 \text{ mm}$

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

Et le moment d'inertie se calcule comme suit :

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

AN:

$$I = \frac{\pi \times 13^4}{64}$$

$$I = 1401.98 \text{mm}^4$$

Donc :

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 1401.98}{(2 \times 65)^2}$$

$$F_{cr} = 171938.90 \text{ N}$$

D'après les calculs précédents  $F_1 = 39206.4 \text{ N}$ .

Alors on résulte que  $F_1 < F_{cr}$  donc le poinçon pour trou de goupille résiste au flambement.

**b- Calcul de la résistance au flambement de poinçon pour trou extrudé  $\varnothing = 8\text{mm}$  :**

AN:

$$I = \frac{\pi \times 8^4}{64}$$

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

Donc :

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 201.06}{(2 \times 65)^2}$$

$$F_{cr} = 24658.0094 \text{ N}$$

D'après les calculs précédents  $F_2 = 24124.8 \text{ N}$ .

Alors on résulte que  $F_2 < F_{cr}$  donc le poinçon pour trou extrudé résiste au flambement.

**c- Calcul de la résistance au flambement de poinçon pour lumière :**

D'après les mesures directes de SolidWorks en utilisant la fonction « propriétés de la section » nous avons le moment d'inertie de poinçon pour lumière :

$$I = 24787.95 \text{ mm}^4$$

Donc :

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 24787.95}{(2 \times 65)^2}$$

$$F_{cr} = 3039995.544 \text{ N}$$

D'après les calculs précédents  $F_3 = 75964.8 \text{ N}$ .

Alors on résulte que  $F_3 < F_{cr}$  donc le poinçon pour lumière résiste au flambement.

**d- calcul de résistance de poinçon d'emboutissage :**

D'après les mesures directes de SolidWorks en utilisant la fonction « propriétés de la section » nous avons le moment d'inertie des poinçons d'emboutissages gauche et droit sont égaux leur valeur est :

$$I = 17397992.70 \text{ mm}^4$$

Donc :

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 17397992.70}{(2 \times 65)^2}$$

$$F_{cr} = 2133690777 \text{ N}$$

D'après les calculs précédents  $F_E = 539664 \text{ N}$ .

Alors on résulte que  $F_E < F_{cr}$  donc les poinçons d'emboutissage résiste au flambement.

### IV .4.6 - calcul de résistance des poinçons et la matrice à la compression :

L'effort de compression se calcul comme suite :

$$\sigma_{\text{comp}} = \frac{F}{S}$$

Avec :

- $\sigma_{\text{comp}}$  : Effort de compression en ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) ;
- F : Effort de poinçonnage en (Mpa) ;
- S : Section du poinçon en ( $\text{mm}^2$ ) ;

Nous avons la condition de résistance à la compression est  $\sigma_{\text{comp}} \leq R_p$  sachant que  $R_p = \frac{R_e}{s}$  avec s : le coefficient de sécurité. D'après le guide des sciences et technologies industrielles de Jean-Louis Fanchon nous avons choisi la valeur de  $s = 1.2$  avec  $R_e$  de l'acier (Z200C12) est : 750 Mpa.

Donc :

$$R_p = \frac{750}{1.2} = 625 \text{ Mpa}$$

#### a- Calcul de la résistance de poinçon pour trou de goupille a la compression :

Nous avons d'après les mesures directes à l'aide de la fonction « mesurer » sur le logiciel « SolidWorks »

$$S_1 = 132.73 \text{ mm}^2$$

Donc :

$$\sigma_{\text{comp}1} = \frac{F_1}{S_1} = \frac{39206.4}{132.73}$$

$$\sigma_{\text{comp}1} = 295.38 \text{ Mpa}$$

Nous avons donc :  $\sigma_{\text{comp 1}} < R_p$  alors la condition est vérifiée.

### **b- Calcul de la résistance de poinçon pour trou extrudé a la compression :**

Nous avons d'après les mesures directes à l'aide de la fonction « mesurer » sur le logiciel « SolidWorks »

$$S_2 = 50.27 \text{ mm}^2$$

Donc :

$$\sigma_{\text{comp 2}} = \frac{F_2}{S_2} = \frac{24124.8}{50.27}$$

$$\sigma_{\text{comp2}} = 479.90 \text{ Mpa}$$

Nous avons donc :  $\sigma_{\text{comp 2}} < R_p$  alors la condition est vérifiée.

### **c- Calcul de la résistance de poinçon pour lumière a la compression :**

Nous avons d'après les mesures directes à l'aide de la fonction « mesurer » sur le logiciel « SolidWorks »

$$S_3 = 266.27 \text{ mm}^2$$

Donc :

$$\sigma_{\text{comp 3}} = \frac{F_3}{S_3} = \frac{75964.8}{266.27}$$

$$\sigma_{\text{comp3}} = 285.29 \text{ Mpa}$$

Nous avons donc :  $\sigma_{\text{comp 3}} < R_p$  alors la condition est vérifiée.

### **d- Calcul de la résistance des poinçons d'emboutissage a la compression :**

Nous avons d'après les mesures directes à l'aide de la fonction « mesurer » sur le logiciel « SolidWorks »

$$S_4 = 3096.40 \text{ mm}^2$$

Donc :

$$\sigma_{\text{comp 4}} = \frac{F_4}{S_4} = \frac{539664}{3096.40}$$

$$\sigma_{\text{comp4}} = 174.28 \text{ Mpa}$$

Nous avons donc :  $\sigma_{\text{comp4}} < R_p$  alors la condition est vérifiée.

Donc d'après toutes ces résultats, tous les poinçons résistent à la compression.

### e- Calcul de la résistance de la matrice aux efforts de compression :

Le matériau utilisé pour la matrice est l'acier S275. Sa Limite élastique est 275 Mpa.

donc :

$$R_p = \frac{275}{1.2} = 229.16 \text{ Mpa}$$

La condition à la résistance est :  $\sigma_{\text{comp}} = \frac{F_t}{S_t} \leq R_p$

Avec :

- $\sigma_{\text{comp}}$  : résistance à la compression en (N /mm<sup>2</sup>) ;
- $F_t$  : effort de total de poinçonnage et emboutissage en (Mpa) ;
- $S$  : surface de la matrice en mm<sup>2</sup>

D'après les calculs précédents :

➤ L'effort total (emboutissage et poinçonnage) est :

$$F_T = 1889673.6 \text{ N} = 192.74 \text{ Tonnes}$$

➤ Les surfaces des poinçons sont :

- pour le poinçon pour trou de goupille :  $S_1 = 132.73 \text{ mm}^2$  ;
- pour le poinçon pour trou extrudé :  $S_2 = 50.27 \text{ mm}^2$  ;
- pour le poinçon lumière :  $S_3 = 266.27 \text{ mm}^2$  ;
- pour le poinçon d'emboutissage droit / gauche :  $S_4 = 3096.40 \text{ mm}^2$  ;

AN :

$$S_t = (S_1 \times 2) + (S_2 \times 2) + (S_3 \times 9) + (S_4 \times 2)$$

$$S_t = (132.73 \times 2) + (50.27 \times 2) + (266.27 \times 9) + (3096.40 \times 2)$$

$$S_t = 8955.23 \text{ mm}^2$$

Donc :

$$\sigma_{\text{comp}} = \frac{1889673.6 \text{ N}}{8955.23} = 211.01 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{comp}} = 211.01 \text{ N/mm}^2 < 229.16 \text{ N/mm}^2 \text{ condition vérifiée.}$$

Donc la matrice résiste aux efforts de poinçonnage et emboutissage.

### IV.4.7- jeu entre le poinçon et la matrice :

Pour l'acier, le jeu entre le poinçon et la matrice se calcul comme suit :

$$\text{jeu} = e + 0.07 (10 \times e)^{\frac{1}{2}}$$

Avec :

- e : épaisseur du flan = 2mm.

AN :

$$\text{jeu} = 2 + 0.07 (10 \times 2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{jeu} = 2.31 \text{ mm}$$

### IV.5-Calcul de barycentre de l'outil :

Pour que la presse travail d'une façon plus convenable, nous devons placer l'outil sur la table d'une manière à ce que la résultante de tous les efforts sollicités pendant le travail passe par l'axe vertical du coulisseau de la presse.

Soient (X1, Y1), (X2, Y2), (X3, Y3), (X4, Y4), (X5, Y5), (X6, Y6), (X7, Y7), (X8, Y8), (X9, Y9) respectivement les coordonnées des centres d'inerties des position G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8 et G9.

Tel que :

G1 : centre d'inertie du poinçon lumière ;

G2 : centre d'inertie du poinçon d'emboutissage droit ;

G3 : centre d'inertie du poinçon d'emboutissage gauche ;

## Chapitre IV Etudes et conception

G4 : centre d'inertie du poinçon pour trou extrudé droit ;

G5 : centre d'inertie du poinçon pour trou extrudé gauche ;

G6 : centre d'inertie du poinçon pour lumière droite ;

G7 : centre d'inertie du poinçon pour lumière gauche ;

G8 : centre d'inertie du poinçon pour goupille droit ;

G9 : centre d'inertie du poinçon pour goupille gauche.

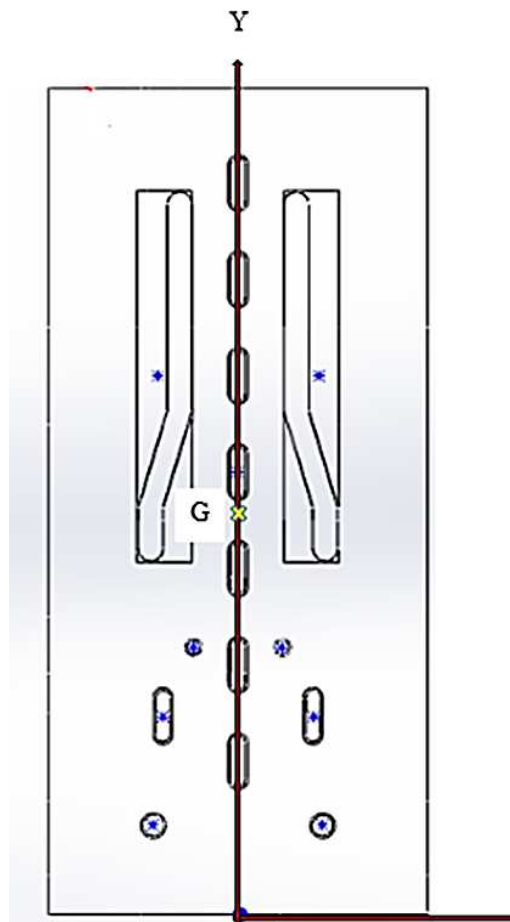


Figure IV.6 : position des centres de gravités.

les centres d'inerties des efforts de poinçonnage s'écrivent comme suit :

$$X_G = \frac{\sum_{i=1}^9 F_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^9 F_i}$$

$$Y_G = \frac{\sum_{i=1}^9 F_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^9 F_i}$$

Le tableau suivant montre les centres d'inerties des efforts des poinçons :

**Tableau IV.7 : les centres d'inerties des efforts des poinçons.**

<b>G<sub>i</sub></b>	<b>X<sub>i</sub> (mm)</b>	<b>Y<sub>i</sub> (mm)</b>	<b>F<sub>i</sub> (N)</b>	<b>X<sub>i</sub>. F<sub>i</sub> (N.mm)</b>	<b>Y<sub>i</sub>. F<sub>i</sub> (N.mm)</b>
G <sub>1</sub>	0	321.2	75964.8	0	243998937.6
G <sub>2</sub>	52.66	390.67	539664	28418706.24	210830534.9
G <sub>3</sub>	-52.66	390.67	539664	-28418706.24	210830534.9
G <sub>4</sub>	32.16	194	24124.8	775853.568	4680211.2
G <sub>5</sub>	-32.16	194	24124.8	-775853.568	4680211.2
G <sub>6</sub>	54.25	144	75964.8	4121090.4	10938931.2
G <sub>7</sub>	-54.25	144	75964.8	-4121090.4	10938931.2
G <sub>8</sub>	61.26	64.49	39206.4	2401784.064	2528420.736
G <sub>9</sub>	-61.26	64.49	39206.4	-2401784.064	2528420.736
			<b>∑ F<sub>i</sub> =1433884.8</b>	<b>∑ X<sub>i</sub>. F<sub>i</sub> =0</b>	<b>∑ Y<sub>i</sub>. F<sub>i</sub> =482356089.8</b> <b>32</b>

Donc :

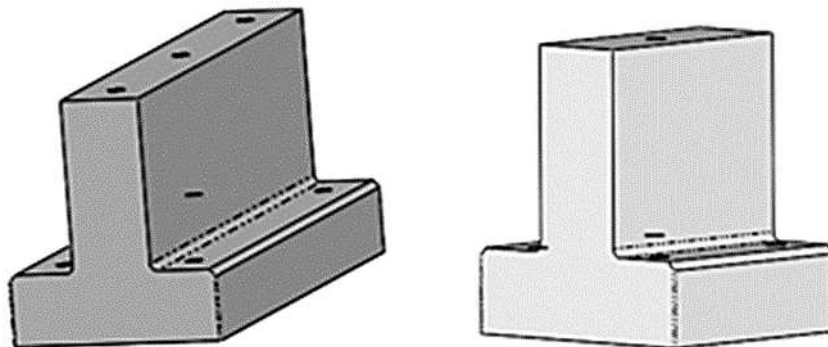
$$X_G = \frac{0}{1433884.8} = 0 \text{ mm}$$

$$Y_G = \frac{482356089.832}{1433884.8} = 336.398 \text{ mm}$$

### IV.6- conception de l'outil :

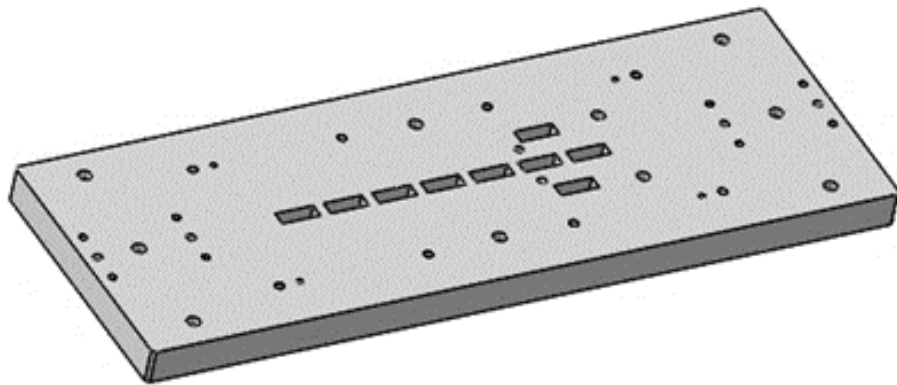
Notre outil emboutissage-poinçonnage que nous avons proposé dans cette étude est constitué de deux parties assemblées qui sont :

- **Partie inférieure** : c'est la partie fixe de l'outil, elle contient les éléments suivants :
  - Pieds d'appuis : sont des appuis en acier S 275 qui servent desupporter la semelle inférieure (en repos) ainsi que pour l'outil en marche.



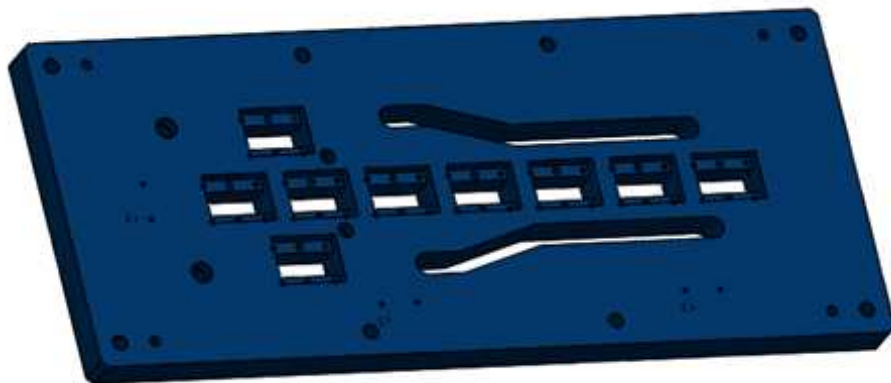
**Figure IV.7: pied d'appuis.**

- Semelle inférieure : c'est une plaque en acier S275 sur laquelle la matrice inferieur sera fixé avec des vises, son épaisseur doit être suffisant pour résister aux efforts de poinçonnage et emboutissage ;



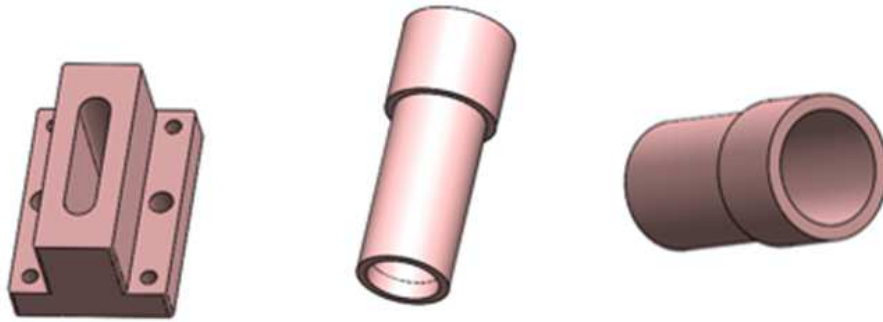
**Figure IV.8 : semelle inférieure.**

- Matrice : c'est le « support d'empreinte » dans lequel les poinçons pénètrent lors de l'opération de poinçonnage et emboutissage. Elle comporte des cellules où des canons qui seront logés au-dessous de cette dernière, elle doit être suffisamment épaisse pour supporter l'effort de serre flan. Elle est en acier S275 ;



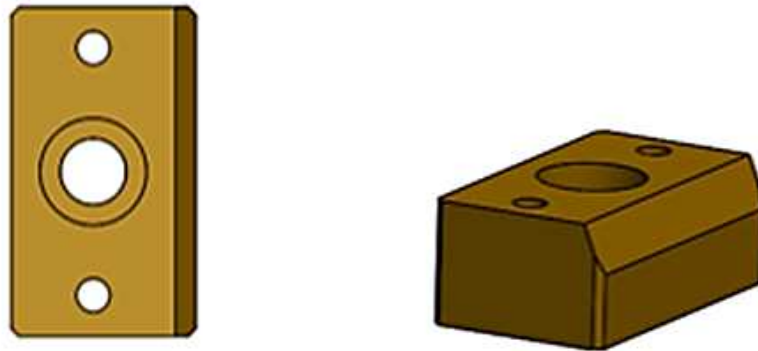
**Figure IV.9 : Matrice inférieure.**

- Les canons : Support empreinte auquel on ajoute un jeu de quelques dixièmes de millimètres, ils sont logés à l'intérieur de la matrice inférieure. Ils sont en acier a outil Z200C12 ;



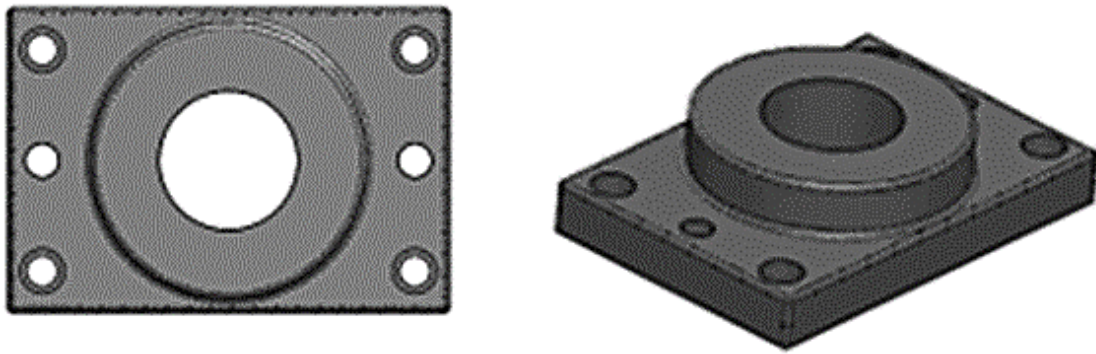
**Figure IV.10 :canons.**

- La butée : est une pièce en acier S275 qui sert à positionner le flan sur la matrice en limitant ainsi son déplacement et elle assure un bon guidage pour ce dernier.



**Figure IV.11 : butée.**

- Embases : sont des éléments en acier XC65 leur rôle est d'assurer le guidage entre la semelle inférieure et la semelle supérieure à l'intermédiaire d'un autre élément appelé colonne de guidage.



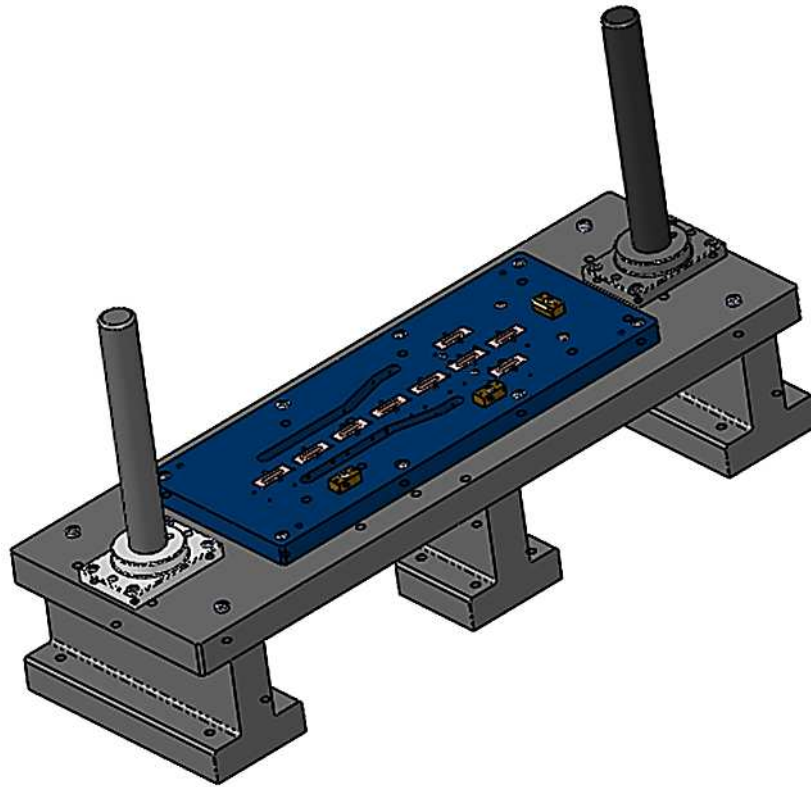
**Figure IV.12 : Embase.**

- Colonnes de guidage : sont des éléments en acier a outil Z200C12, elles servent à guider l'outil, elles sont fixées au niveau des embases inférieures mais elles coulissent au niveau des embases supérieures.



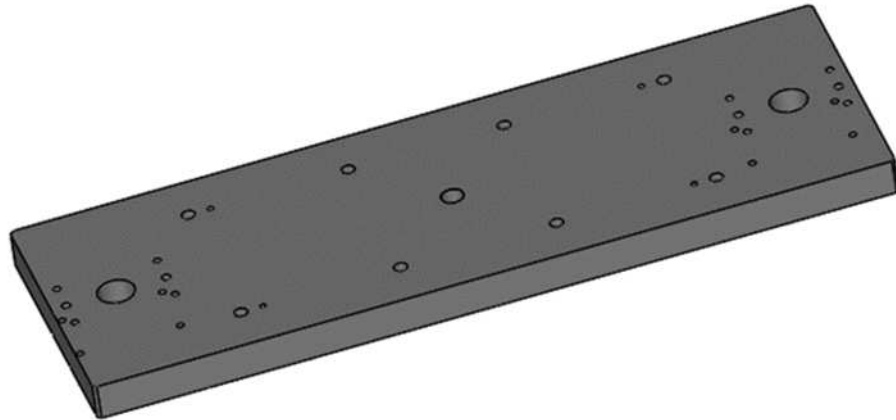
**Figure IV.12: colonne de guidage.**

En assemblant tous ces éléments avec des vises on aura la partie fixe de l'outil comme elle est figurée ci-dessous :



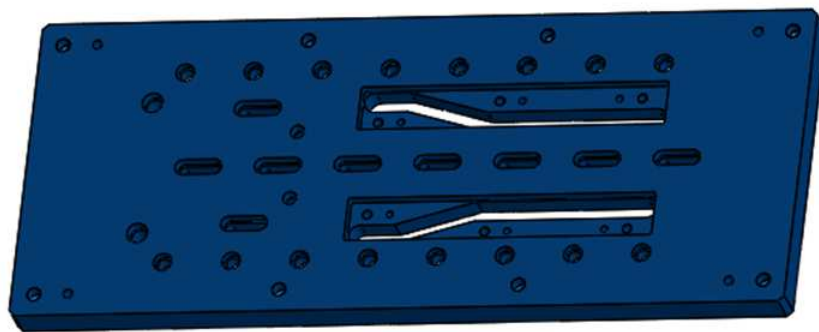
**Figure IV. 13 : partie fixe de l'outil.**

- Partie supérieure : C'est la partie mouvante de l'outil elle suit une trajectoire verticale imposés par la presse, elle contient les éléments suivants :
  - Semelle supérieure :c'est un mono bloc de même matériau que la semelle inférieure(acier S275), sert à maintenir le porte poinçons (matrice supérieure) ainsi que les embases. Son épaisseur doit être suffisantpour assurer unebonne tenue de la matrice.



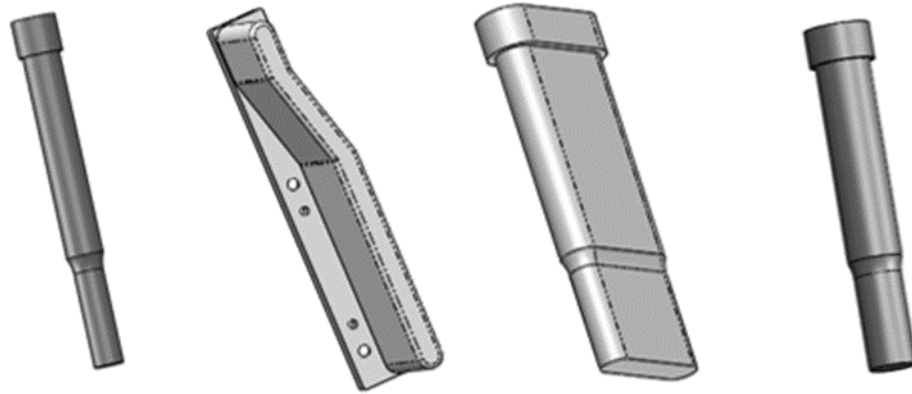
**Figure IV.14 : Semelle supérieure.**

- Porte poinçon (matrice supérieure) : il est en acier S275, sert à fixer et guider les différents poinçons dans leurs positions ;



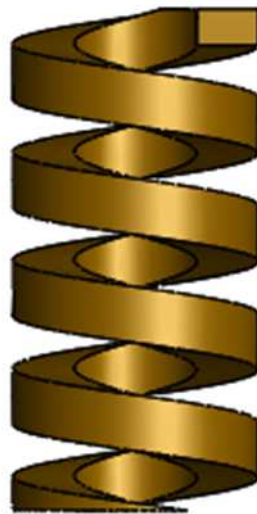
**Figure IV.15 : porte poinçon.**

- Poinçon : ce sont les principaux éléments qui exercent réellement le travail lors de l'opération de poinçonnage et emboutissage. Ils sont logés dans le porte poinçon avec un ajustement par pression. Ils sont en acier Z200C12.



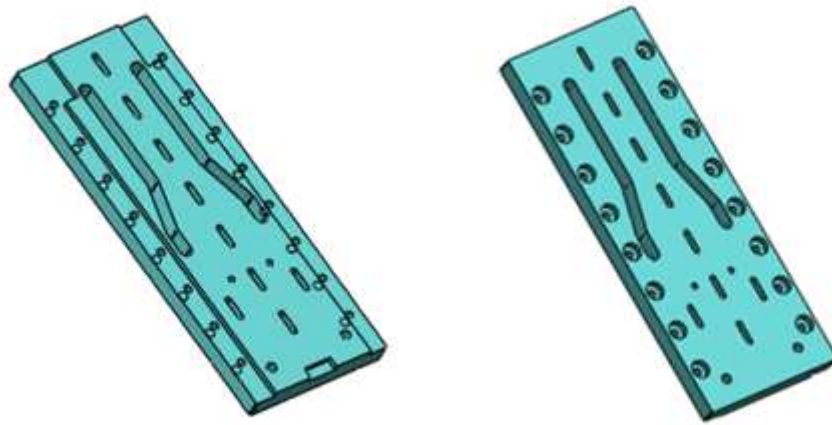
**Figure IV.16 : poinçons.**

- Les ressorts : ce sont des éléments en acier 52SCN5 ils ont pour objectif l'extraction des poinçons après l'exécution de l'opération de poinçonnage et emboutissage.



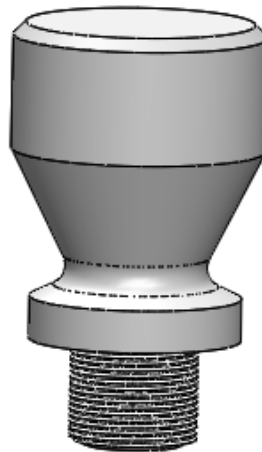
**Figure IV.17 : Ressort.**

- Dégrossisseur : est un élément en acier S275 son rôle est de serrer le flan qui doit être poinçonné et embouti. Il doit contenir un bon état de surface au niveau de la face de contact avec le flan et il doit être suffisamment résistant aux efforts de presse.



**Figure IV.18 : Dévêtitseur.**

- Nez de fixation : est un élément qui sert à fixer l'outil sur la presse.



**Figure IV.19 : nez de fixation.**

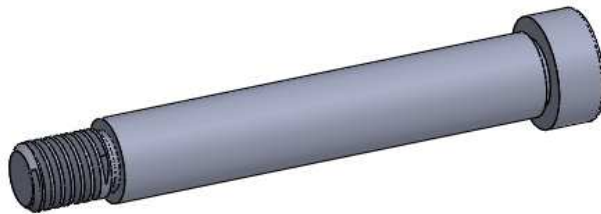
D'autres éléments utilisés dans l'assemblage de toutes ces pièces sont :

- Des vises :
- Vis à tête hexagonale M12 : pour assurer la fixation de porte poinçon à la semelle supérieure et d'assurer la fixation de la matrice inférieure à la semelle inférieure.

## Chapitre IV Etudes et conception

---

- Vis à tête hexagonale M10 : pour assurer la fixation des embases sur les semelles inférieure et supérieure.
- Vis à tête hexagonale M8 : pour assurer la fixation des poinçons d'emboutissage sur le porte poinçon.
- Vis à tête hexagonale M4 : pour assurer la fixation des canons sur la matrice inférieure.
- Vis d'épaulement : sert à relier le dévêtitseur au porte poinçon.



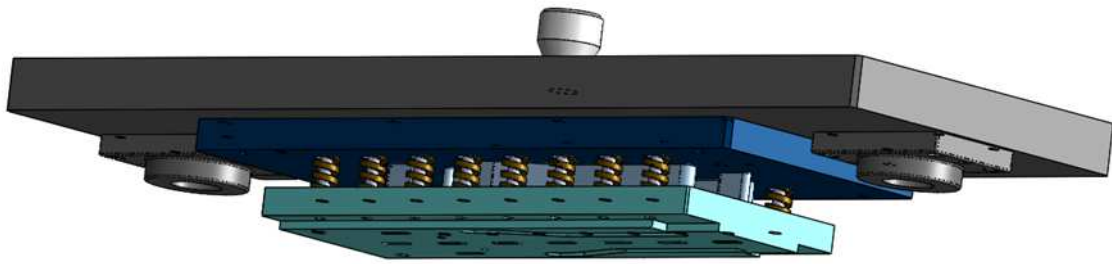
**Figure IV.20 : vis d'épaulement.**

- Des goupilles de Ø4, Ø6, Ø8, Ø12 pour assurer un bon centrage des pièces.



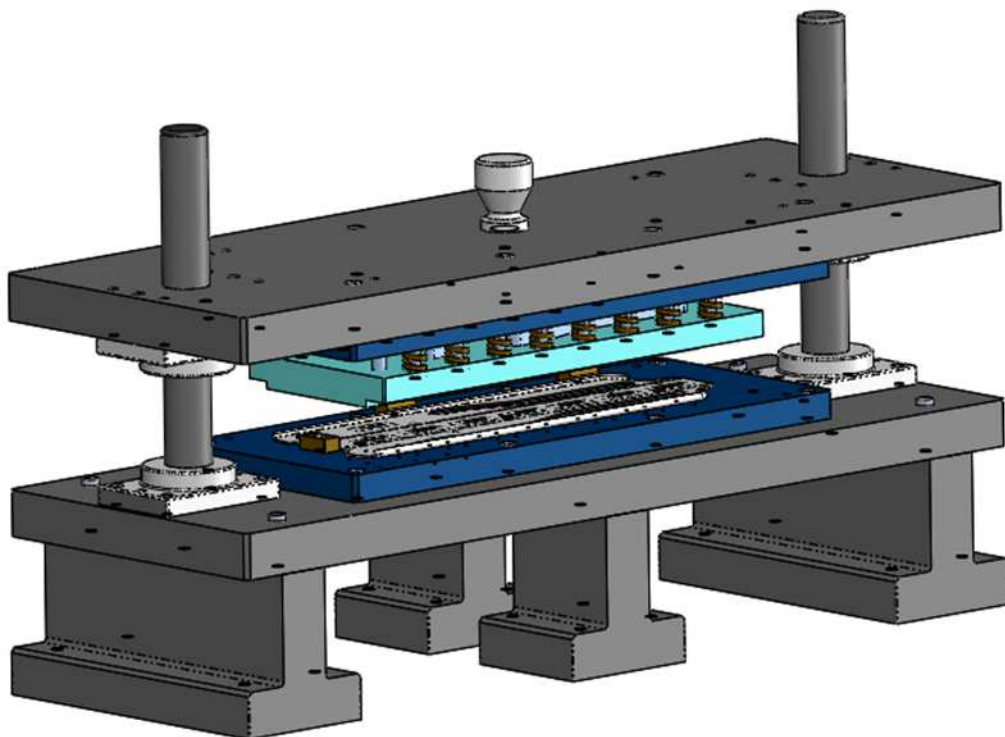
**Figure IV.21 : goupille.**

Après l'assemblage des pièces de la partie supérieure on aura la partie mobile de l'outil représenté dans la figure ci-contre :



**Figure IV.22 : partie mobile de l'outil**

Le montage de la partie mobile et la partie fixe de l'outil nous donne un assemblage final (outil complet) voir la figure ci-dessous :



**Figure IV.23 : Outil complet assemblé.**

### IV.7- Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons conçu un outil de poinçonnage-emboutissage pour poinçonner et emboutir la pièce « partie mobile de support d'un pare cycliste démontable » en utilisant le logiciel « Solid Works ».

Les différents calculs exécutés nous ont permis de faire le choix de la presse et la position équilibrée de l'outil sur la table de cette dernière. Les résultats ont montré que l'outil et tous ses constituants résistent parfaitement aux sollicitations de l'opération de poinçonnage et d'emboutissage (phénomène de flambement et l'effort de compression).

Nous avons terminé ce chapitre par une présentation de chaque une des pièces conçues et nous avons défini leurs rôles et leurs emplacements dans l'outil réalisé.

L'étude réalisée m'a permis d'appliquer les enseignements et les informations acquises durant mon parcours universitaire, et elle a développé mes idées et mes connaissances dans le domaine de la mise en forme des tôles, ainsi que le choix des matériaux à utiliser selon le besoin désiré et l'outillage qui occupent aujourd'hui une importante place dans les différents secteurs industriels, ce qui m'a préparé pour mieux affronter le domaine professionnel.

Un cahier des charges bien défini imposé par l'entreprise Lemarechal carrosserie m'a permis l'élaboration et la conception d'un outillage de type à suivre qui combine deux opérations (poinçonnage et emboutissage) tout en respectant les règles et les consignes de l'ingénierie. Généralement la conception des outils est réalisée avec des logiciels spécifiques, et dans notre cas on a opté pour le logiciel de conception assisté par ordinateur SOLIDWORKS qui nous a permis d'avoir des caractéristiques dimensionnelles et géométriques de différents composants de notre outil.

Cet outil réalisera la pièce dans son état déplié, ce qui veut dire qu'elle n'est pas encore finie, la pièce doit passer par un autre outil de pliage pour sa finition.

La formation que j'ai reçue durant toutes ces années, illustre son efficacité vu que cela est démontré par ma maîtrise améliorée par mes recherches. En effet, ce travail réalisé reste ouvert aux critiques dans le sens de son amélioration.

- [1] König, claire. Futura sciences. Chimie du fer : l'élément métal | dossier. [en ligne] 1 février 2017. <https://www.futura-sciences.com/sciences/dossiers/chimie-fer-tombe-masque-565/page/2/>.
- [2] université en ligne. Generalites sur les elements d-le fer : generalites et proprietes. [en ligne] [uel.unisciel.fr/chimie/elements1/elements1\\_ch01/co/apprendre\\_ch1\\_16.html](http://uel.unisciel.fr/chimie/elements1/elements1_ch01/co/apprendre_ch1_16.html)
- [3] carbone, propriétés chimiques, effets sur la santé et l'environnement. [en ligne] <https://www.lenntech.fr/periodique/elements/c.htm>.
- [4]ould ben hemmou Chabane, abderrahmani Fahima, étude et conception d'un outil de poinçonnage-emboutissage pour la fabrication d'une pièce d'une cuisinière ENIEM. Master académique en génie mécanique spécialité construction mécanique, UMMTO.
- [5] perlite (acier). Wikipédia. [en ligne] [https://fr.wikipedia.org/wiki/perlite\\_\(acier\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/perlite_(acier)).
- [6] arfaoui ali, chaker med amir. Chapitre 5 : diagramme d'équilibre des alliages fer-carbone. Technologuepro. [en ligne] 2009/2010. <https://www.technologuepro.com/cours-materiaux-metalliques-2/chapitre-5-diagramme-equilibre-alliages-fer-carbone.pdf>.
- [7] alliance de minerais, minéraux et métaux. Les traitements thermiques des aciers - a3m. [en ligne] <https://www.a3m-asso.fr/1588-2/>
- [8] sodel. Acier au carbone - sodel expertise métallurgique. [en ligne] [www.sodel.com/fr/produit-acier-au-carbone.html](http://www.sodel.com/fr/produit-acier-au-carbone.html).
- [9] souhir, gara. <https://www.technologuepro.com/cours-moulage/20-conception-des-pieces-moulees.pdf>. [en ligne] <https://www.technologuepro.com/cours-moulage/20-conception-des-pieces-moulees.pdf>
- [10] microsoft word - moulage et soudage\_1\_.doc. [en ligne] [www.univ-biskra.dz/enseignant/bensaada/moulage et soudage\\_1\\_.pdf](http://www.univ-biskra.dz/enseignant/bensaada/moulage_et_soudage_1_.pdf).
- [11] karikou2005. Le moulage cire\_perdue. [en ligne] 24 decembre 2014. <https://fr.slideshare.net/karikou2005/le-moulage-cireperdue-42964350>
- [12] souhir, gara. 16-moulage-par-centrifugation.pdf. [en ligne] 2017. <https://www.technologuepro.com/cours-moulage/16-moulage-par-centrifugation.pdf>.
- [13] rocdacier. Cours sur le poinçonnage ! - rocd@cier. [en ligne] 18 aout 2017. <https://www.rocdacier.com/cours-sur-le-poinconnage/>.
- [14] tounci, mohamed. (pdf) usi emboutissage des toles | mohamed tounci - academia.edu. [en ligne] [https://www.academia.edu/22373349/usi\\_emboutissage\\_des\\_toles](https://www.academia.edu/22373349/usi_emboutissage_des_toles).
- [15] les différents types d'emboutissage des métaux . [en ligne] [mediamef.utt.fr/modules/p1/m1-1/exports\\_s113.publi/web/co/module\\_s113\\_4.html](http://mediamef.utt.fr/modules/p1/m1-1/exports_s113.publi/web/co/module_s113_4.html).

- [16] exapro blog. L'emboutissage : procede et utilisation | exapro blog. [en ligne] 16 juin 2013. [www.acheter-vendre-machines.fr/2013/06/lemboutissage-procede-et-utilisation.html](http://www.acheter-vendre-machines.fr/2013/06/lemboutissage-procede-et-utilisation.html).
- [17] les differents types d'emboutissage des metaux - 4. Emboutissage a chaud (200 a 500°C). [en ligne] [mediamef.utt.fr/modules/p1/m1-1/exports\\_s113.publi/web/co/module\\_s113\\_5.html](http://mediamef.utt.fr/modules/p1/m1-1/exports_s113.publi/web/co/module_s113_5.html).
- [18] les differents types d'emboutissage des metaux - 1. Emboutissage avec outils simple effet. [en ligne] [mediamef.utt.fr/modules/p1/m1-1/exports\\_s113.publi/web/co/module\\_s113\\_2.html](http://mediamef.utt.fr/modules/p1/m1-1/exports_s113.publi/web/co/module_s113_2.html).
- [19] les differents types d'emboutissage des metaux - 2. Emboutissage avec outils double effet. [en ligne] [mediamef.utt.fr/modules/p1/m1-1/exports\\_s113.publi/web/co/module\\_s113\\_3.html](http://mediamef.utt.fr/modules/p1/m1-1/exports_s113.publi/web/co/module_s113_3.html).
- [20] les differents types d'emboutissage des metaux - 5. Emboutissage multi-passes. [en ligne] [mediamef.utt.fr/modules/p1/m1-1/exports\\_s113.publi/web/co/module\\_s113\\_6.html](http://mediamef.utt.fr/modules/p1/m1-1/exports_s113.publi/web/co/module_s113_6.html).
- [21] mr. B.ait slimane, mlle l.belhadj. Etude et conception d'un outil d'emboutissage pour la table de travail d'une cuisiniere eniem, master academique en genie mecanique option fabrication mecanique et productique, ummto.
- [22] jerbi,mourad.(pdf) support de cours procedes de mise en forme | anas ansri - academia.edu. [https://www.academia.edu/41476126/support\\_de\\_cours\\_procedes\\_de\\_mise\\_en\\_forme](https://www.academia.edu/41476126/support_de_cours_procedes_de_mise_en_forme).
- [23] rocdacier. Cours sur le pliage des tôles ! - rocd@cier. [en ligne] 17 août 2017. <https://www.rocdacier.com/cours-plier-toles/>.
- [24] Développement-durable. [en ligne] [www.doc-developpementdurable.org/file/fabrications-objets-outils-produits/pliage-cintrage/pliage.pdf](http://www.doc-developpementdurable.org/file/fabrications-objets-outils-produits/pliage-cintrage/pliage.pdf)
- [25] Ramoul, Iyes. étude et conception d'un outil d'emboutissage pour plaqued'immatriculation automobile. Mémoire de fin d'étude master professionnel en géniemécanique option fabrication mécanique et productique. Promotion 2016/2017.
- [26] HARSLE. Presses hydrauliques et mécaniques - harsle machine. [en ligne] 5 juin 2020. <https://fr.harsle.com/presses-hydrauliques-et-mecaniques-id6021006.html>.
- [27] Mr. T. Saadi, étude et conception d'un outil a suivre a bande en vue de l'obtention du diplôme du master en géniemécaniquespécialité : fabrication mécanique et productique, UMMTO, promotion 2014.
- [28] Addoum Abderrahmane, Bahloul Amir. Conception d'un outil de découpage de la bande élastique pour la cage a roulements du moteur électrique -Enel-, spécialité fabrication mécanique et productique option géniemécanique, promotion 2018.
- [29] Composants standard pour moule et outillage, Rabourdin industrie.