

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERY - TIZI-OUZOU
FACULTE DE GENIE DE LA CONSTRUCTION
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE D'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE EN
GENIE MECANIQUE
OPTION : FABRICATION MECANIQUE ET PRODUCTIVE

THEME

*Etude et conception d'un outil de découpage d'une
barre de liaison d'un moteur électrique*

Proposé par :

Mme. CHOUALI Sabrina r

Mr. LARBI Arezki

Encadré et orienté par :

Mr. HAMOUR

Présenté par :

MEZIANE Samia

AZI Lynda

Remerciements

Nous remercions tout d'abord le bon Dieu qui nous a donné la foi et le courage pour accomplir ce projet.

Nous remercions également Mr A. LARBI qui nous a encadré au sein de l'entreprise pour son aide et son orientation tout au long de notre travail et ainsi que tout le personnel de l'E.I pour l'importance qu'il accorde aux stagiaires.

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

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

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

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

Dédicaces

Je dédie ce travail à toute ma famille.

Mes parents.

Mes frères et sœurs.

Tous mes amis (es) et tous ceux qui mon aidé de près ou de Loin.

Lynda

Je dédie ce travail à toute ma famille :

Mes parents.

Mon frère et sœurs.

Mon mari.

Mes chers enfants : Maryouma et Hocine.

Et ma belle-famille

Tous mes amis (es) et mes collègues et tous ceux qui mon aidé de près ou de Loin.

Kamilia

Sommaire

Introduction Générale	1
Présentation de l'entreprise	3

CHAPITRE I : PROCEDES DE MISE EN FORME

I.1. Introduction	6
I.2. Procédé de découpage	6
I.2.1. Définition	6
I.2.2. Principe de découpage	6
I.2.3. Terminologie des pièces d'un outil de découpage	7
I.2.4. Opération de découpage	8
I.2.5. Différents types de découpage	8
I.2.6. Influence des paramètres de l'opération de découpage	11
I.2.7. Techniques de découpe	11
I.3. Le Poinçonnage	12
I.3.1. Définition et principe	12
I.3.2. Matrice et poinçon	12
I.3.3. Jeu entre matrice et poinçon	13
I.3.4. Effort d'extraction	14
I.3.5. Effort d'éjection	14
I.3.6. -Avantages et inconvénients du poinçonnage	14
I.3.6.1. Avantages	14
I.3.6.2. Inconvénients	14
I.4. Cisailage	14
I.4.1. Définition	14
I.4.2. Principe	14
I.4.3. Effort de coupe	15
I.4.4. Différentes méthodes de cisailage	15
I.4.4.1. Cisaille à lames parallèles	15
I.4.4.2. Cisaille à lames obliques	16
I.4.4.3. Cisaille à lames circulaires.....	17
I.4.5. Paramètres de coupe	18
I.4.5.1. L'angle d'attaque	18

I.4.5.2. Angle de coupe (ou angle de tranchant).....	18
I.5. Conclusion	19

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LES PRESSES ET LEURS OUTILS

II.1. Introduction	20
Première partie : Généralités sur les presses	20
II.2. Définition de la presse	20
II.3. Classification des presses	20
II.3.1. Les presses selon le mode de transmission d'énergie	20
II.3.1.1. Les presses hydrauliques	21
II.3.1.2. Les presses à vis	21
II.3.1.3. Les presses mécaniques	22
II.3.2. Selon le nombre des coulisseaux	22
II.3.2.1 Presse à simple effet	22
II.3.2.2 Presse à double effets	23
II.3.2.3 Presse à triple effets	23
II.3.3 Selon la forme de bâti	24
II.3.3.1 Presses à col de cygne	24
II.3.3.2 Presses à arcade	25
II.3.3.3 Presses à montant droit	25
II.3.3.4 Presses à colonnes	25
II.3.3.5 Presses à table mobile et bigorne	26
II.4. Caractéristiques d'une presse	26
II.5 Exigence de choix d'une presse	27
II.6. Sécurité sur les presses	27
II.7. Avantages et inconvénients des presses hydrauliques et les presses mécaniques	28
Deuxième partie : les outils de presse	
II.2. Définition d'un outil de presse	29
II.3 Différents constituants d'un outil de presse	29
II.3.1 Poinçon	29
II.3.2 Matrice.....	29
II.4. Différents types d'outils de presse	30
II.4.1. Outil de découpage	30
II.4.1.1. Outil simple découvert	30

II.4.1.2. Outil buté à découvert	30
II.4.2.3. Outil à contre plaque	31
II.4.2.4. Outil suisse (outil bloc)	32
II.4.3. Outil de détournage	33
II.4.3.1. Outil de détournage normal	33
II.4.3.2. Outil de détournage à Ras	33
II.4.3.3. Outil de détournage-poinçonnage	34
II.4.4. Les outils de reprise	34
II.4.5. Outil de poinçonnage à serre-flan	35
II.4.6. Outil combiné	35
II.4.7. Outil à came	35
II.4.8. Outil monté sur une presse à simple effet	36
II.4.8.1. Outil direct	36
II.4.8.2. Outil inverse	36
II.5. Montage des outils sur les presses	37
II .5.1. Petites presses	37
II.5.2. Grosses presses	37
II.3. Conclusion	38

CHAPITRE III : GENERALITES SUR LES MATERIAUX

III.1. Introduction	39
III.2. Caractéristiques du matériau de l'outil.....	39
III.3. Critères du choix des métaux	39
III.4. Matériaux de base	41
III.4.1. Les aciers	41
III.4.1.1 Quelques caractéristiques des aciers au carbone	43
III.4.1.2 Les principaux aciers	43
III.5 Traitements thermiques	43
III.5.1 La trempe	44
III.5.2 Le revenu	44
III.5.3 Traitement thermique de diffusion	45
III.6. Le cuivre	47
III.6.1. Utilisation du cuivre	47

CHAPITRE IV : ETUDE ET CONCEPTION DE L'OUTIL

IV.1. Introduction	48
IV.2. Cahier des charges	48
IV.2.1. Présentation de la pièce	48
IV.2.1.1. Emplacement de la pièce	49
IV.2.1.2. Caractéristiques de la pièce	50
IV.2.2. Processus de fabrication de la barre de liaison	50
IV.3. Calcul de l'effort du découpage et du poinçonnage	51
IV.3.1. Calcul de l'effort du poinçonnage (1)	52
IV.3.2. Effort de poinçonnage (2)	52
IV.3.3. Effort de poinçonnage (3)	53
IV.3.4. Effort de poinçonnage (4)	53
IV.3.5. Calcul de l'effort total de découpage	54
IV.4.4. Calcul de la force de pression du dévétisseur	54
IV.4.4 Calcul de l'effort total que doit fournir la presse	54
IV.4.5. La presse à utiliser	55
IV.4.6. Choix du nombre de ressorts	56
IV.4.7. Calcul de la résistance des poinçons au flambement	59
IV.4.8. Position du nez	61
IV.5. Conclusion	63
IV.6. Détail de l'outil	64
Conclusion Générale	68
Reference bibliographique	

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de l'entreprise	4
Figure I.1 : exemples de découpage,(a) découpe à longueur,(b) découpe de pièces	6
Figure I.2 : principe de découpage	7
Figure I.3: Encochage	9
Figure I.4 : Cisailage	9
Figure I.5 : Crevage	9
Figure I.6 : Ajourage	9
Figure I.7 : Détourage	9
Figure I.8 : Soyage	11
Figure I.9 : matrice poinçon	13
Figure I.10 : principe de cisailage	15
Figure I.11 : Cisailage à lames parallèles	16
Figure I.12 : Cisailage à lames obliques	17
Figure I.13 : Cisaille à lames circulaires	17
Figure I.14 : L'angle d'attaque	18
Figure I.15 : L'angle de coupe	18
Figure II.1: Presse hydraulique	21
Figure II.2 : La presse à vis	21
Figure II.3 : presse mécanique	22
Figure II. 4 : presse à simple effet	23
Figure II.5 : Presse à double effets	23
Figure II.6 : Presse à triple effets	24
Figure II.7 : Presse à col de cygne	24
Figure II.8 : presse à arcade	25
Figure II.9 : presse à montant droit	25
Figure II.10: presse à colonne	26
Figure II.11 : presse à table mobile et bigorne	26
Figure II.12 : Outil simple découvert	30
Figure II.13 : Outil buté à découvert	30
Figure II.14: Outil à engrenages	31
Figure II.15 : Outil à presse bande	32

Figure II.16 : outil suisse	32
Figure II.17: Outil de détournage normal	33
Figure II.18: Outil de détournage à Ras	33
Figure II.19: Outil de détournage-poinçonnage	34
Figure II.20 : deux outils de reprise faits avec SolidWorks	34
Figure II.21 : Outil de poinçonnage à serre-flan	35
Figure II.22: Outil combiné	35
Figure II.23 : Outil à came	36
Figure II.24 : Outil direct	36
Figure II.25 : Outil inverse	37
Figure IV.1: La forme de la pièce à réaliser et ses dimensions	48
Figure IV.2 : Emplacement de la barre dans la boîte à borne	49
Figure IV.3 : Différents types de couplage des moteurs électrique	49
Figure IV.4 : Différentes étapes d'obtention de la pièce	51
Figure IV.5 : Presse mécanique	55
Figure IV.6: schéma de dimensionnement d'un ressort	57
Figure IV.7 : Semelle supérieure	64
Figure IV.8 : Poinçons	64
Figure IV.9 : Porte poinçon	64
Figure IV.10 : Semelle inférieure	65
Figure IV.11 : Les règles	65
Figure IV.12 : Colonnes de guidage	65
Figure IV.13 : Plaque de pression	66
Figure IV.14 : Embase	66
Figure IV.15 : La matrice	67
Figure IV.16 : Dévêtisseur	67
Figure IV.16 : Nez de fixation	67

liste des tableaux

Tableau II.1 : avantages et les inconvénients pour les (02) deux types de presses	28
Tableau III.1 : choix des aciers à outils, en fonction du matériau travaillé et de l'important de la série. (formes simple, dimension de la pièce : 20 * 50 mm, épaisseur :1.3 mm)	40
Tableau III.2 : choix des aciers à outil, en fonction de l'épaisseur et de l'importance de la série ; (découpage sans angle vif, acier type A50 max. $75 < HRB > 85$)	41
Tableau III.4: Principaux aciers au carbone	42
Tableau III.5 : Aciers non alliés général-série A- (acier ne devant pas subir de traitement thermique – soudabilité)	43
Tableau III.6 : Quelques valeurs de dureté après le revenu pour les aciers Z200 C12 (X210CrW12)	45
Tableau III.7 : Matériaux utilisés pour la conception de l'outil	46
Tableau IV.1 : Caractéristique de la pièce	50
Tableau IV.2: Caractéristiques de la presse	56
Tableau IV.3 : Ressort à charge forte	58
Tableau IV.4: Valeurs de la longueur de flambage l en fonction de la longueur réelle L	60

INTRODUCTION GENERALE

La conception et la production des pièces en tôles représentent aujourd'hui l'intérêt d'un bon nombre de sociétés industrielles de ce secteur, vu leur diversité d'utilisation dans le domaine électronique, électrique, construction marine, automobile et aéronautique, etc. Généralement, tous les procédés d'obtention de pièces manufacturées par déformation des matériaux métalliques sont des procédés largement utilisés en fabrication mécanique, et qui progressent technologiquement sans cesse pour s'accaparer de nouveaux marchés.

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

Parmi ces entreprises, nous citerons à titre d'exemple, l'entreprise Electro-industries, EI ex ENEL, connue par sa fabrication des moteurs électriques et des transformateurs. Parmi les éléments utilisés dans ses produits ont été importés ou fabriqués au niveau d'autres firmes à titre d'exemple les barres de liaison utilisées pour les boîtes à borne qui contiennent le circuit électrique d'un moteur. Pour plus d'économie ces derniers temps, l'entreprise a pris l'initiative de les fabriquer au niveau local. Pour la réalisation de cette barre de liaison, l'entreprise nous a confié dans le cadre de notre projet de fin d'études de faire une étude et conception d'un outil de découpage permettant l'obtention de la pièce.

Pour répondre à la demande de l'entreprise, il est important de se munir des connaissances suffisantes sur les différents procédés et l'outillage nécessaire permettant la réalisation de la pièce demandée..

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

Après une introduction générale et la présentation de l'entreprise nationale électro-industrielle, le premier chapitre de ce manuscrit traite les différents procédés de mise en forme des tôles, les divers paramètres qui influent lors du découpage et ainsi que les efforts et les contraintes qui agissent sur l'outil.

Le deuxième chapitre abordera la classification des différentes presses et de leurs différents équipements utilisés dans l'industrie pour la production des pièces mécaniques.

Quant au troisième chapitre, il a été consacré aux généralités sur les matériaux et leurs caractéristiques mécaniques.

L'étude et la conception des outils ont fait l'objet du chapitre quatre. Les résultats des différents efforts de poinçonnage et de découpage nous ont permis de choisir la presse que nous utiliserons pendant notre travail. Ce chapitre se termine par une vérification à la résistance des outils aux différentes sollicitations.

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

PRESENTATION GENERALE DE L'ENTREPRISE

ELECTRO-INDUSTRIES

L'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES est issue de la réorganisation du secteur industriel opérée en Algérie entre 1980 et 2000 qui ont conduit en 1999 (en fin d'année 1998) à la restructuration de l'ancienne entreprise ENEL. L'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES est constituée d'un complexe intégré, réalisé avec des partenaires allemands (SIEMENS), qui produit et commercialise des moteurs, alternateurs, transformateurs depuis 1985 date de son démarrage sur un statut juridique SPA. Elle est la principale Entreprise Nationale dans le domaine de l'Industrie

Electrotechnique. Son activité s'adresse au marché des biens d'équipements avec une production de :

- Transformateurs de distribution.
- Moteurs Electriques asynchrones.
- Alternateurs triphasés.
- Montage de groupes Electrogènes.

Le complexe occupe une surface totale de 45 hectares, dont 06 hectares bâtis.

Localisation de l'entreprise et ses coordonnées

Le siège social de l'entreprise est : Route nationale N°12 à AZAZGA à 35 Km à l'est du chef-lieu de la wilaya de TIZI-OUZOU et à 150 Km de la capitale Alger. L'entreprise dispose de deux unités de production situées sur le même site à AZAZGA.

Adresse : BP 17 15300 Azazga Algérie.

Téléphone : (00213) 26.34.16.86 (Standard).

Fax : (00213) 26.34.14.24.

E-mail : contact.ei@electro-industries.com.

Les coordonnées de l'unité moteurs & prestations (U.M.P)

Téléphone : (00213) 26.34.51.31

Tél/Fax : (00213) 26.34.51.29

E-mail : contact.ump@electro-industries.com

Le site web de l'entreprise est : www.electro-industries.com

Présentation des unités

• Unité (direction) de fabrication de transformateurs de distribution

Capacité de production : 5.000 transformateurs par an.

Puissance des transformateurs : 50 à 2000 kVA.

Tensions usuelles en moyenne tension : 5,5-10 et 30 kV.

Tension usuelle en basse tension : 400 V.

• Unité (direction) moteurs et prestations

Capacité de production de moteurs asynchrones : 50.000 de 0,25 à 400 kW.

Capacité de production de moteurs monophasés : 20.000 de 1.1 KW à 2.2 kW.

Capacité de production d'alternateurs : 2.000 de 17,5 à 200 kVA.

Montage de groupes électrogènes : de 17,5 à 200 kVA.



Figure 1 : Organigramme de l'entreprise.

Prestations techniques

Cette entreprise met à la disposition des entreprises utilisatrices une large gamme de prestations techniques telles que la réalisation de pièces et accessoires par injection aluminium, l'usinage, les analyses physiques et chimiques, le traitement thermique. Elle offre aussi d'autres prestations qu'on peut citer comme suite :

- Travaux d'usinage de précision (tournage, fraisage, rectification).
- Fabrication d'outils et de gabarits.
- Traitements thermiques (trempe, cémentation).
- Affûtage d'outils conventionnels (fraises, forêts, ...).
- La fabrication des outils de découpage, d'usinage, de moulage sous pression.
- Les analyses physico-chimiques des matériaux (minérale et organique) tels que le cuivre, Les aciers, l'aluminium, les isolants liquides, solides, peintures, huiles.

□ La vérification et l'étalonnage des appareils et instruments de mesure mécanique et électrique (Métrologie dimensionnelle et électrique).

Qualité des produits

Les produits fabriqués par l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES sont conformes aux normes :

*CEI 34 et VDE 0530 pour les moteurs électriques.

*CEI 76 et VDE 0532 pour les transformateurs.

Chiffre d'affaires

Le chiffre d'affaires réalisé en 2012 est estimé de 3,200 Million de dinars algérien.

L'unité a un capital de 369.850.000 DA et emploie un effectif de 900 travailleurs.

Chapitre1 : Procédés de mise en forme

PROCEDES DE MISE EN FORME

I.1. Introduction

Pour la mise en forme des matériaux, il existe de nombreux procédés permettant soit d'aboutir à des produit finis soit à un produit sur lequel viendront s'ajouter d'autres étapes de formage. Parmi ceux-ci : le découpage de produits plats (produit dont l'épaisseur est faible devant leur largeur et leur longueur). Ils ont une épaisseur allant de quelques dixièmes à 300mm. Il est principalement utilisé, pour l'obtention de préformes. Par exemple, la découpe de flans dédiés à l'emboutissage, ou des développés pour le pliage. [1]

I.2. Procédé de découpage

I.2.1. Définition

Le découpage de tôles est une opération courante réalisée par les entreprises de la mécanique pour produire des pièces métalliques à partir de tôles. Son but est de séparer partiellement ou complètement des zones de la tôle de façon à obtenir la forme voulue et/ou de les préparer pour d'autres opérations comme le pliage ou l'emboutissage. [1]



Figure I-1 :exemples de découpage,(a) découpe à longueur,(b) découpe de pièces

I.2.2. Principe de découpage

L'opération consiste à obtenir des pièces par cisailage de la tôle ou une bande de matière suivant un contour fermé. Les outils utilisés pour cette opération sont

- la matrice** : correspond à la forme de découpe souhaitée.
- le poinçon** : il est d'une translation.
- la tôle** ou **la bande** de matière à découpé.
- un serre flan** ou **devêtisseur**

Dans ce procédé, la géométrie de la découpe peut être complexe. On peut trouver dans un outil de découpage plusieurs postes, c'est un ensemble d'éléments et équipements spécifiques qui assurent la réalisation de la découpe qu'on appelle ligne de découpage.

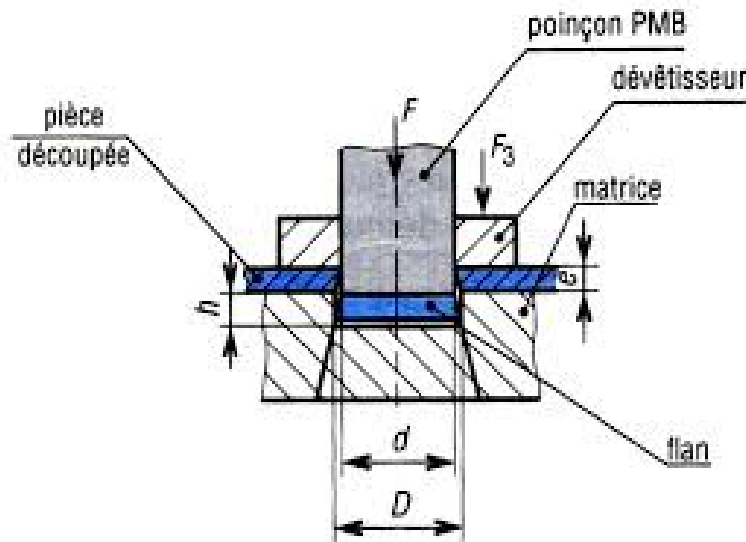


Figure I.2 : principe de découpage

I.1.3. Terminologie des pièces d'un outil de découpage [3]

- Le nez : permet la fixation de l'outil sur le coulisseau de la presse.
- Plaque porte nez
- Plaque d'appui : c'est un élément qui protège la plaque porte nez contre l'usure rapide. Elle permet la répartition de l'effort de poussée du poinçon sur toute sa surface et évite le marquage rapide de la plaque porte nez.
- Plaque porte poinçon : elle permet la localisation et le maintien du poinçon.
- Poinçon : il est généralement de section constante sur toute sa longueur (seulement sur 10 mm pour les petites dimensions). Il ne sort jamais de la contreplaque pendant le mouvement de retour. Il doit résister à la compression et au flambage. Il est généralement en acier de dureté 62 HRC.
- Contre plaque ou dévêtisseur : la contre plaque sert de guider au poinçon et le centre par rapport à la matrice. Elle assure le décrochage de la bande lors de la remontée du poinçon
- Guide bande : elle forme un couloir dans lequel glisse la bande. On doit avoir un jeu de 2 à 3 mm à cause d'imprécision du cisailage de bande.
- La butée : Pour réaliser une seule pièce, il suffit d'utiliser une poinçonneuse classique avec une seule course du poinçon ; mais dans le cas du travail en série, le coulisseau de la presse

est animé d'un mouvement alternatif et à chaque course un ou plusieurs découpages sont effectués. En plus du mouvement alternatif du poinçon, on a une avance contrôlée de la bande de tôle à découper. Le contrôle de l'avance de la bande est assuré par les butées. Il existe plusieurs types de butées parmi elles on peut citer : les engrenages et le couteau latéral.

_ Outil à engrenage : l'engrenage est une butée sur laquelle on engrène la bande. Il assure le contrôle de l'avance. Le poinçon décent, poinçonne puis remonte entraînant avec lui la bande. Celle-ci vient buter contre le dévêisseur et se détache. En tombant, son déplacement longitudinal permet de l'accrocher à l'engrenage grâce à l'ajour qui vient d'être réalisé.

_ Outil à couteau latéral : le couteau latéral est un poinçon qui est fixé sur le porte-poinçon et qui assure le contrôle lors de la descente du coulisseau.

I.2.4. Opération de découpage [3]

On peut distinguer trois types d'opération de découpage :

- Découpage simple : on utilise deux outils de découpage sur deux presses et la pièce est obtenue en deux opérations (exemple obtention d'une rondelle).
- Découpage consécutif : on utilise une presse et on fixe sur son coulisseau deux ou plusieurs poinçons. La pièce est obtenue après deux pas d'avance de la bande.
- Découpage simultané : la pièce est obtenue après une opération de découpage et poinçonnage simultanément.

I.2.5. Différents types de découpage [2]

a) Encochage

L'encochage est un procédé de cisailage effectué simultanément par deux lames qui forment un angle généralement réglable. Sur l'encocheuse, on peut ainsi effectuer des coupes angulaires dans les coins des tôles ou sur les côtés. Les angles peuvent varier d'environ 10° à presque 180° suivant les encocheuses utilisées. On utilise souvent l'encochage avant le pliage, car il permet d'effectuer des flans développés plus évolués pour des pièces pliées avec une valeur ajoutée plus intéressante.

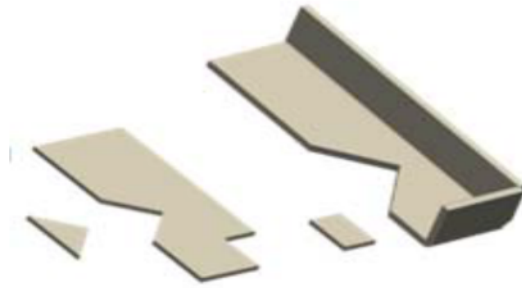


Figure I.3: Encochage

b) Cisailage

Le cisailage est une technique qui consiste à découper des pièces métalliques et des tôles. Une lame est fixe, l'autre mobile, et le métal est alors coupé progressivement comme avec les lames d'une paire de ciseaux. L'effort de découpage est concentré sur une très petite surface du métal, ce qui rend l'opération plus facile et précise. Les pièces de métal ne sont pas déformées par le cisailage.

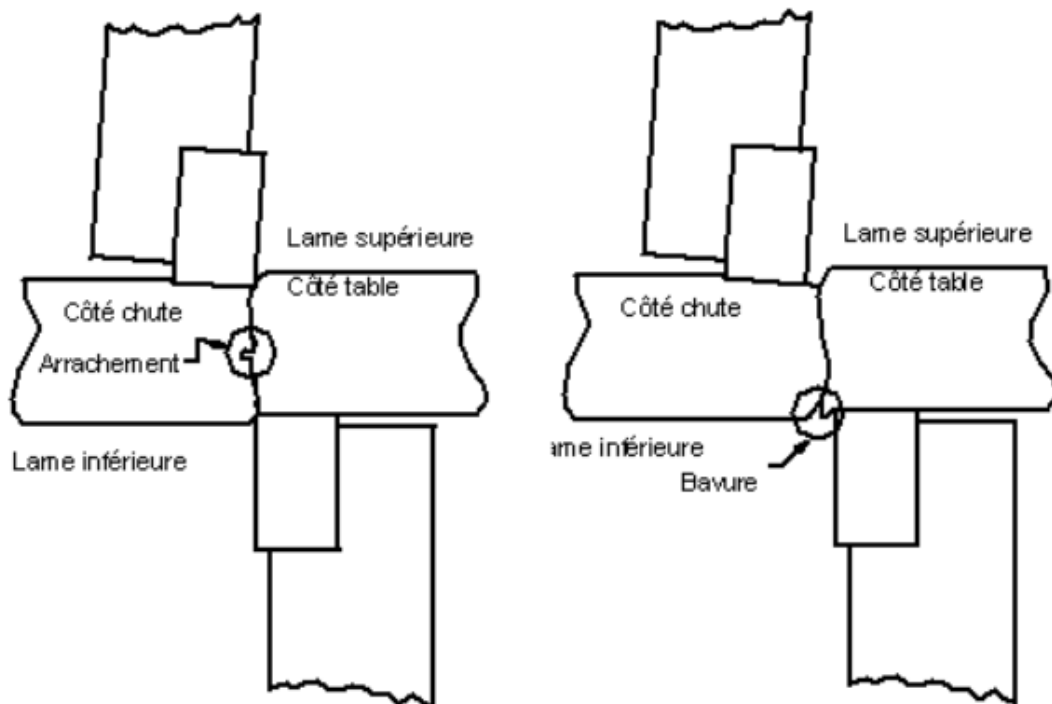


Figure I.4 : Cisailage

c) Crevage

Il s'agit d'un découpage partiel, suivant un contour sans enlèvement de matière. Il consiste à ne pas détacher la chute complètement de la pièce. De plus, cette opération se fait sur des tôles épaisses.

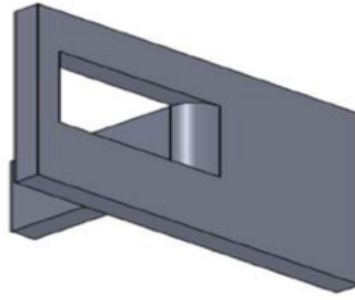


Figure I.5 : Crevage

d) Ajourage

L'ajourage est une technique de découpage qui consiste à réaliser des trous dans la bande autour de la pièce (ou du flan) avant d'engager d'autres opérations de pliage ou d'emboutissage

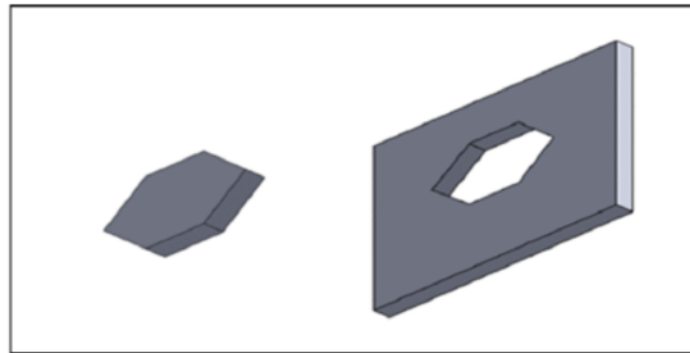


Figure I.6 : Ajourage

e) Détourage

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



Figure I.7 : Détourage

d) Soyage

Il s'agit de former un collet (relevage des bords d'un trou), il est obtenu par un perçage de la tôle, soit par un poinçon de forme pointue, ou bien par un profil déjà formé.

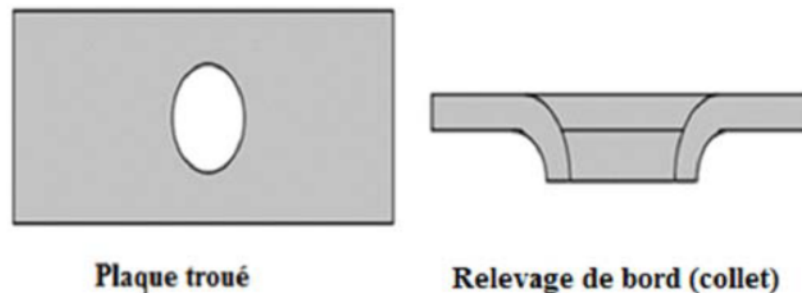


Figure I.8 : Soyage

I.2.6. Influence des paramètres de l'opération de découpage

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

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

I.2.7. Techniques de découpe [1]

Pour découper une tôle, il existe plusieurs solutions technologiques mettant en œuvre des principes physiques différents.

La découpe plasma met en œuvre une énergie électrique concentrée sous forme d'un jet de plasma à très haute température (15 000 à 20 000°C) qui fond le métal. L'énergie cinétique du jet éjecte le métal fondu de la saigné. Ce jet est généré par un arc électrique qui s'établit entre une électrode, interne à la torche de soudage, et la pièce, ce qui implique que le matériau découpé doit être conducteur. La découpe plasma ne s'applique donc qu'aux métaux.

L'oxycoupage porte la matière de la pièce à découper en fusion par l'énergie générée par la réaction chimique d'oxydation (réaction chimique exothermique). Les oxydes sont formés par un jet d'oxygène. De ce fait, il s'applique seulement sur les aciers de construction et faiblement alliés. L'énergie de découpe est générée par la découpe même.

La découpe laser met en œuvre une énergie de rayonnement sous forme d'une lumière monochromatique concentrée. L'absorption de l'énergie par la pièce provoque une fusion/vaporisation du matériau. Les fumées et éléments liquéfiés sont éjectés par un souffle de gaz. Le laser est en mesure de découper tous les matériaux fusibles, volatilisables ou combustibles.

La découpe jet d'eau met en œuvre un jet d'eau très fin à grande vitesse provenant d'une grande pression (3 000 à 5 000 bars). L'énergie cinétique du jet est capable de découper le matériau. L'addition de produits abrasifs peut être utilisée lors de découpe de métaux.

La découpe mécanique n'est ni un procédé thermique ni un procédé abrasif. Il engage un mécanisme de cisaillement de la matière, qui est créé par l'action de deux lames en opposition l'une de l'autre, et séparées d'un jeu entre les arrêtes de coupe (Figure 3). Contrairement aux procédés précédemment cités, il n'y a pas de saignée. Ce type de découpe s'applique aussi bien aux métaux, plastiques et à certains composites

I.3. Le Poinçonnage

I.3.1. Définition et principe [2]

C'est un procédé de mise en forme qui permet d'obtenir de grandes précisions de découpe par cisailage des tôles, la tôle est coincée entre un poinçon et une matrice.

Le poinçonnage consiste à perforer un matériau par cisailage grâce à un poinçon et une matrice. La tôle est placée entre le poinçon et la matrice. Le poinçon descend dans la matrice en perçant la tôle par compression. Le poinçonnage permet donc d'effectuer des trous de formes complexes, en fonction de la forme de poinçon choisi.

En principe il n'y a pas de limite au poinçonnage, seule la puissance de la machine limite l'épaisseur des matériaux à découper en fonction des caractéristiques mécaniques du matériau, dans ce procédé on conserve la partie extérieure du flan, et les déchets étant la partie intérieure (surface débouchée), c'est semblable au découpage mais le but de l'opération est différent.

I.3.3. Matrice et poinçon

Les poinçons sont fixes si les matrices sont mobiles. Ils doivent résister à la compression et au flambage. Pour les poinçons cylindriques, on prend à la limite : $d \geq 1.6 e$ et pour les aciers doux.[3]

Une matrice en acier peut produire environ 50 000 pièces sans être affûtée l'affûtage diminue h de 0.2 à 0.5 mm

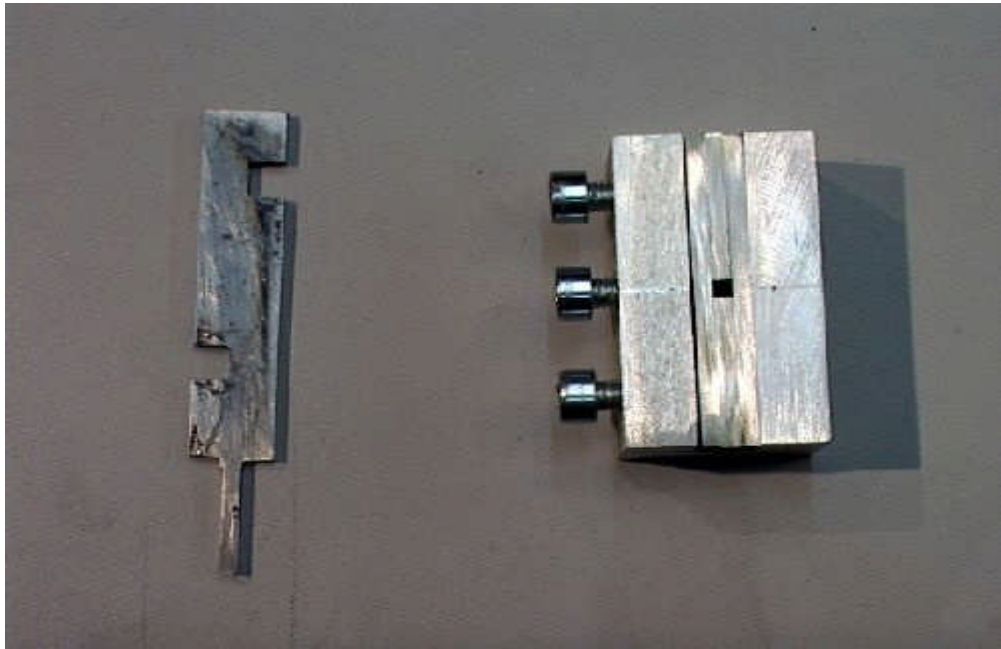


Figure I.9 : matrice poinçon

I.3.4. Jeu entre matrice et poinçon [3]

Il existe un jeu entre matrice poinçon qui sert à diminuer l'effort de poinçonnage et l'écaillage de la zone poinçonnée. Il faut choisir un jeu convenable entre la matrice et le poinçon : $j = D - d$

$J = 0.05 * e$ pour l'acier doux, laiton et cuivre

$J = 0.06 * e$ pour l'acier mi – dur

$J = 0.07 * e$ pour l'acier dur

$J = 0.1 * e$ pour l'aluminium

Remarque :

Pour parler de métaux en feuille il faut que ces deux conditions doivent être remplies :

$e \leq 10mm$ et $e \leq \frac{L}{10}$ avec : e l'épaisseur de la tôle et L la plus grande longueur en mm

I.3.5. Effort d'extraction

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

- 7 % de l'effort de découpage en pleine tôle.
- 2 % si la chute de découpage est faible

I.3.6. Effort d'éjection

C'est l'effort nécessaire pour sortir la pièce découpée de la matrice. Cet effort est d'environ 1.3% de l'effort de découpage.

I.3.7 -Avantages et inconvénients du poinçonnage [5]

I.3.7.1. Avantages

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

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

I.3.7.2. Inconvénients

Limité dans les épaisseurs

Section minimale du poinçon limitée

I.4. Cisailage

I.4.1. Définition

Le cisailage est la séparation totale ou partielle d'un élément métallique à l'aide de deux lames dont l'une au moins est mobile.

I.4.2. Principe

Sous l'action de la contrainte imposée par la partie active des lames, il se produit une déformation élastique, puis glissement avec décohéssion du métal (suivant deux directions

formant un angle β). La lame poursuivant sa course provoque la rupture de la plaque. L'angle β ainsi que la profondeur de décohésion varient suivant la nuance du métal et son état.

Exemple : $\beta = 4^\circ$ pour les aciers durs et $\beta = 6^\circ$ pour les aciers doux.

L'aspect et le profil de la face cisailée peuvent être améliorés en choisissant un jeu convenable entre les deux lames.

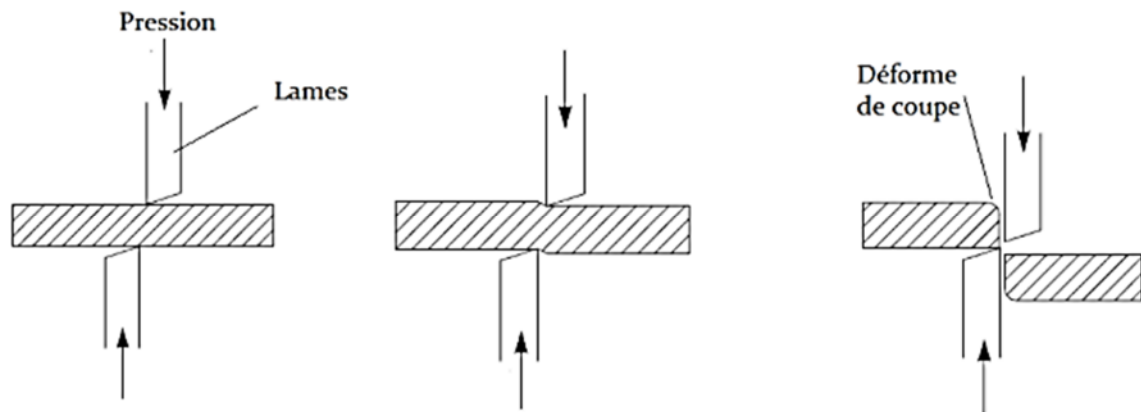


Figure I.10 : principe de cisailage

I.4.3. Effort de coupe

L'effort de coupe est le produit de la section cisailée soit par la résistance au cisaillement

$$R_c : F_c = S_{cis} \cdot R_c$$

La résistance au cisaillement est égale à $0,8 R_m$.

S_{cis} : Epaisseur de la tôle (mm^2)

R_c : La résistance de la tôle (N/mm^2)

I.4.4. Différentes méthodes de cisailage [3]

Les principales machines universelles de cisailages sont :

- Cisaille à lame parallèle.
- Cisaille à lame oblique.
- Cisaille à lame circulaire.

I.4.4.1. Cisaille à lames parallèles [3]

Le cisailage à lames parallèles permet de cisailer simultanément toute la longueur de la tôle pour cette raison il faut que $L_1 < L_2$. La coupe est généralement rectiligne et l'effort nécessaire

à la coupe est :

e : Epaisseur de la tôle (mm)

R_m : Résistance au cisaillement de la tôle (N/mm²)

L = longueur cisailée

Important. $F_c = L \cdot e \cdot R_c$

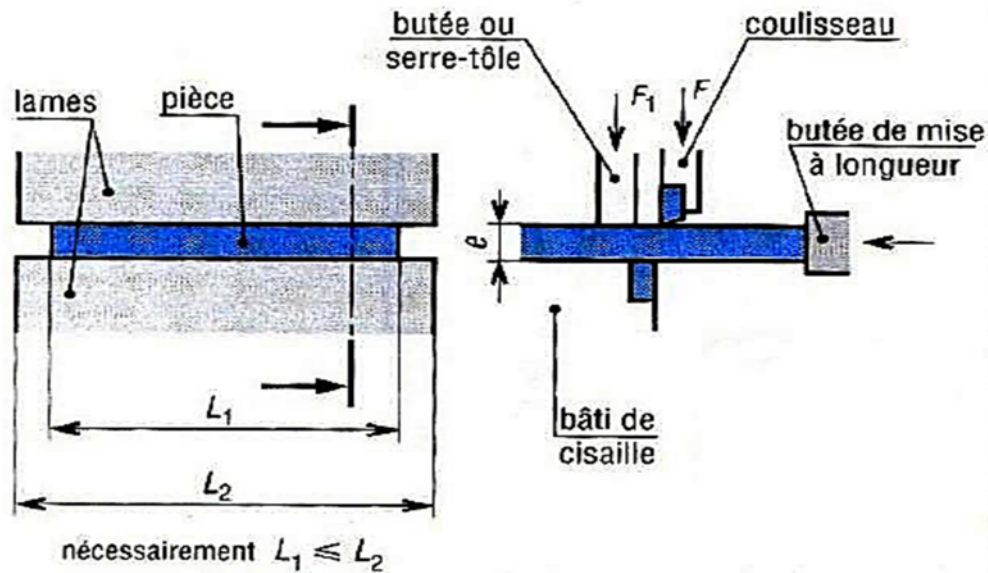


Figure I.11 : Cisailage à lames parallèles

I.4.4.2. Cisaille à lames obliques [3]

Dans ce cas la lame supérieure fait un angle α avec la lame inférieure, qui reste constant au cours de la coupe. La lame mobile se déplace entre deux positions extrêmes : le point mort haut (PMH) et le point mort bas (PMB). La longueur découpée pour une course complète de la lame est L pour découper toute la tôle, il faut faire progresser la plaque suivant P .

L'effort de cisailage est égal à :

$$F_c = \frac{e^2}{2 \tan \alpha} R_c$$

On a intérêt à avoir α grand pour diminuer F_c . Cisaille à lames parallèles

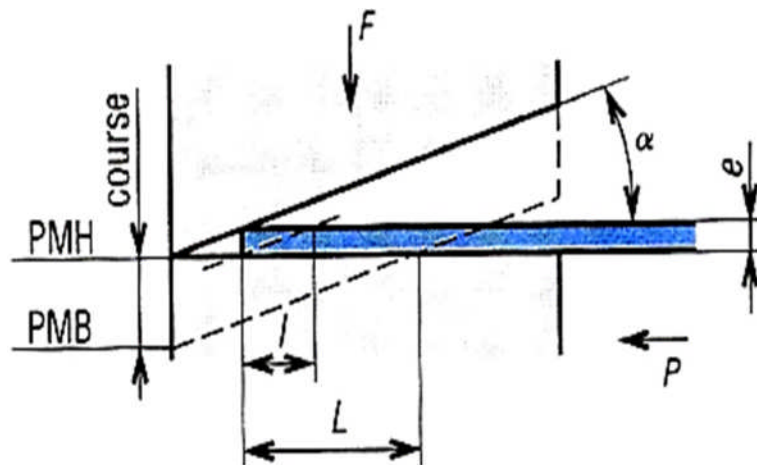


Figure I.12 : Cisailage à lames obliques

I.4.4.3. Cisaille à lames circulaires

Le cisailage est effectué par deux lames circulaires rotatives et motrices. Les axes des lames peuvent être parallèles au plan de coupe : c'est le cas idéal pour le cisailage rectiligne, comme ils peuvent être inclinés par rapport au plan de coupe. Ce cas est idéal pour le cisailage curviligne. Pour limiter les déformations, on a intérêt à diminuer e : hauteur de recouvrement des lames.

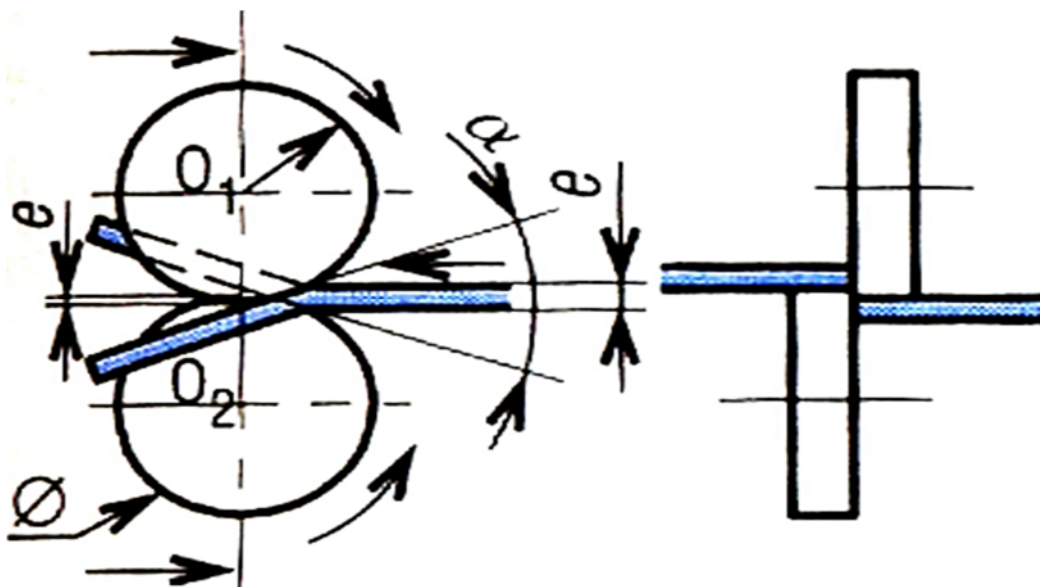


Figure I.13 : Cisaille à lames circulaires

I.4.5. Paramètres de coupe

Trois facteurs influent sur la coupe

I.4.5.1. L'angle d'attaque [3]

L'angle d'attaque des lames est généralement de 2 à 6° pour les lames longues et de 10 à 20° pour les lames courtes, celui des cisailles à levier est de 10 à 15°.

Plus l'angle d'attaque des lames augmente et plus la déformation est importante.

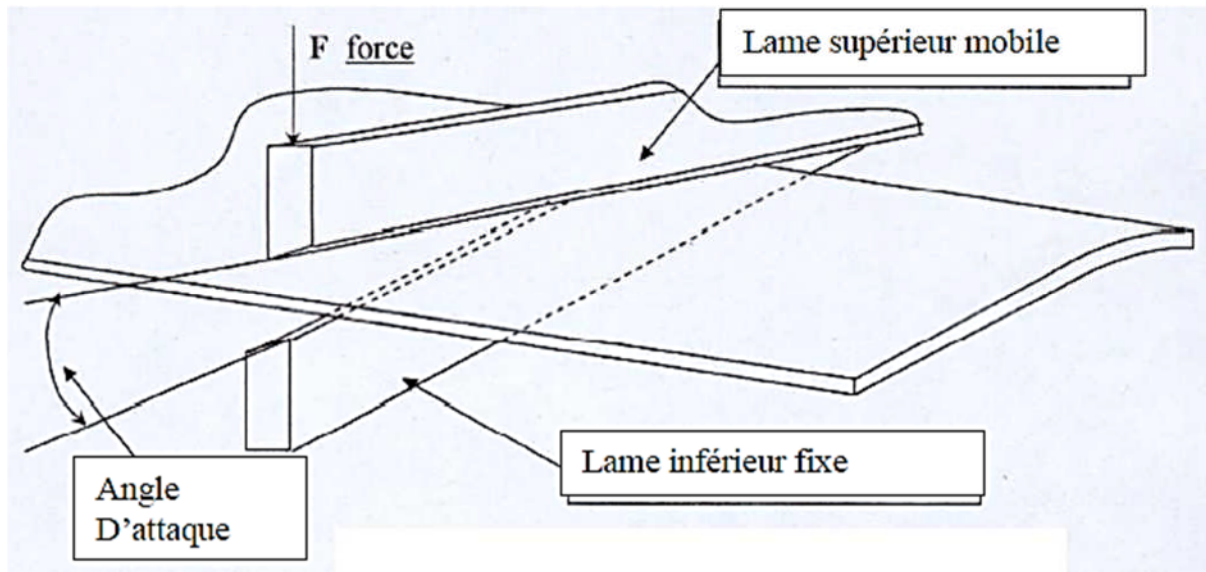


Figure I.14 : L'angle d'attaque

I.4.5.2. Angle de coupe (ou angle de tranchant) [3]

L'angle de coupe des lames est généralement de 85° à 90° pour les cisailles guillotine et peut aller jusqu'à 80° pour les autres.

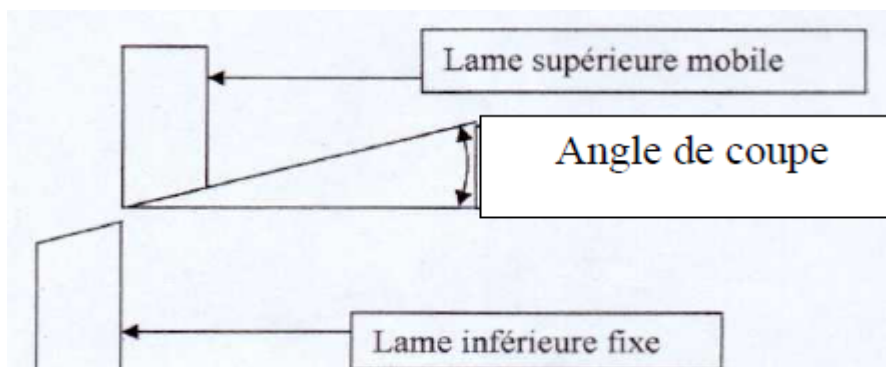


Figure I.15 : L'angle de coupe

I.5. Conclusion

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

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

Chapitre 2 : Généralités sur les presses et leurs outils

GENERALITES SUR LES PRESSES ET LEURS OUTILS

II.1. Introduction

Il existe plusieurs technologies de presses présentes dans l'industrie chacune ayant des caractéristiques bien spécifiques. Les plus courantes sont les presses hydrauliques, presses mécaniques, ou presses à vis. Elles sont caractérisées par l'effort maximal qu'elles peuvent subir sans être endommagées, ainsi que par leur énergie nominale. Elles se composent toutes d'un bâti, d'une partie mobile transmettant l'effort et l'énergie à l'outillage : le coulisseau. Ce qu'il les différencie, est l'actionneur et la transmission utilisés. La distance minimale entre le coulisseau et la table est appelée « point mort bas », et la distance maximale, le « point mort haut ». L'écart entre ces deux positions est la course.

Première partie : Généralités sur les presses

II.2. Définition de la presse

La presse est une machine qui permet de changer la forme d'une pièce à partir d'une tôle, en appliquant une pression.

Elle est essentiellement composée de deux plateaux qui peuvent se rapprocher pour comprimer ce qui est placé entre eux, elle a deux parties, une mobile qu'on appelle (coulisseau), et qui porte le poinçon, et l'autre c'est la partie fixe qui porte la matrice appelée (bâti). Ainsi un ensemble d'organes mécaniques modelés pour réaliser de différents travaux par déformation plastique de la tôle, elle est actuellement commandée numériquement.

II.3. Classification des presses

Les presses peuvent être classées à partir de plusieurs paramètres comme

- Le mode de transmission d'énergie soit hydraulique, mécanique ou pneumatique.
- Leurs formes de bâti.
- Le nombre des coulisseaux

II.3.1. Les presses selon le mode de transmission d'énergie

II.3.1.1. Les presses hydrauliques [1]

Sont composées d'un vérin alimenté par un fluide mis sous pression par une pompe. Les efforts s'étendent de quelques KN à 700 MN. L'énergie est apportée en continue par un moteur électrique. Elle n'a pas de limite énergétique, ce qui en fait une presse adaptée aux

procédés tels que le filage, l'emboutissage, le forgeage libre. Sa cadence étant faible, et sa taille imposante, elle est peu adaptée à la découpe des métaux. Elle est toutefois utilisée dans les forges pour l'ébavure à chaud des pièces estampé.



Figure II.1: Presse hydraulique

II.3.1.2. Les presses à vis [1]

Comportent une vis mise en rotation par un moteur électrique, et un écrou solidaire du coulisseau. La masse mobile est projetée à une vitesse donnée. L'énergie délivrée est égale à $\frac{1}{2} mV^2$, avec m la masse totale en mouvement et V sa vitesse. Les efforts peuvent aller de 1 MN à 30 MN. Ces presses sont plus compactes. La remontée du coulisseau s'effectue en inversant le sens de rotation de la vis. Les cadences restent faibles : 1 à plusieurs pièces par minute. [1]



Figure II.2 : La presse à vis

II.3.1.3. Les presses mécaniques [1]

Sont composées d'un moteur électrique entraînant un volant d'inertie. C'est à dire une masse en rotation servant à accumuler de l'énergie cinétique. Un système de bielle-manivelle (ou vilebrequin et excentrique) transforme le mouvement de rotation du volant en un mouvement de translation alternatif du coulisseau. L'avantage de ce système est la rotation continue du volant, ainsi la majorité des masses en mouvement ne sont pas arrêtées d'un cycle à l'autre. Un système d'embrayage permet d'accoupler le volant au coulisseau lorsque le mouvement est demandé par l'utilisateur. Ceci permet à ce type de presse d'atteindre des cadences élevées dépassant les 1500 coups par minute, lorsque le coulisseau est accouplé au volant sans interruptions. Dans ce cas, le mode d'utilisation est dit « à la volée ». La presse mécanique est la plus adaptée au procédé de découpe automatisée. Le reste de l'étude lui sera consacré.

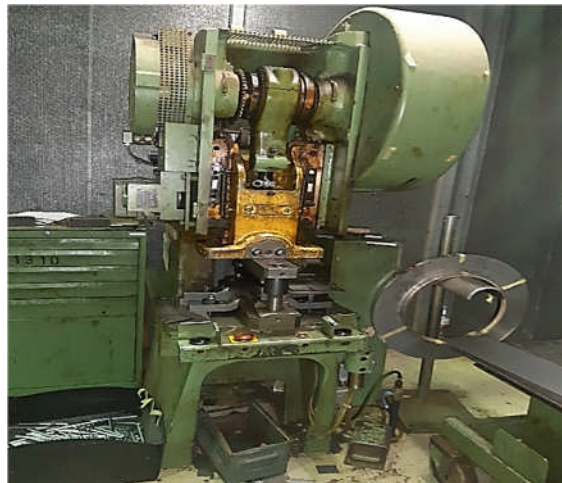


Figure II.3 : presse mécanique

II.3.2. Selon le nombre des coulisseaux

Les presses sont à simple ; à double ou à triple effet, elles sont équipées respectivement : d'un coulisseau qui porte un serre-flan, de deux coulisseaux ; l'un pour le serre-flan et l'autre pour le poinçon, de trois coulisseaux ; deux supérieurs et un inférieur.

II.3.2.1 Presse à simple effet

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



Figure II. 4 : presse à simple effet

II.3.2.2 Presse à double effets

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

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

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



Figure II.5 : Presse à double effets

II.3.2.3 Presse à triple effets

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

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



Figure II.6 : Presse à triple effets

II.3.3 Selon la forme de bâti

On distingue cinq (05) types :

II.3.3.1 Presses à col de cygne

Elles sont moins encombrantes à simple ou à double effet, équipées d'un bâti inclinable vers l'arrière de 20°, dégagé sur les trois côtés. Leur puissance varie entre 20 et 130 tonnes force



Figure II.7 : Presse à col de cygne

II.3.3.2 Presses à arcade

Sont assemblées sur un bâti monobloc plus rigide que celui à col de cygne et elles sont dotés d'une puissance allant jusqu'à 300 tonnes force ; elles peuvent être à simple ou à double effet.



Figure II.8 : presse à arcade

II.3.3.3 Presses à montant droit

Leurs bâtis sont composés de trois parties, liées entre elles par des tirants en acier (la table, les montants et le chapiteau), elles ont une puissance de 1000 tonnes force.



Figure II.9 : presse à montant droit

II.3.3.4 Presses à colonnes

Elles sont très puissantes, jusqu'à 600 tonnes force, elles sont équipées de quatre glissières liant le sommier supérieur et inférieur, elles sont généralement employées pour le forgeage et le matriçage.



Figure II.10: presse à colonne

II.3.3.5 Presses à table mobile et bigorne

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



Figure II.11 : presse à table mobile et bigorne

II.4. Caractéristiques d'une presse

Sur une presse on peut effectuer une ou plusieurs opérations, mais elle ne peut être universelle. La presse porte certains nombres de caractéristiques qui peuvent se résumer à :

- Sa capacité (tonnes).
- La course de son coulisseau (mm).

- La cadence (nombre de coupe/minute).
- La dimension du coulisseau (mm^2).
- La hauteur de l'outil fermé (mm).

II.5 Exigence de choix d'une presse [2]

La sélection d'une presse pour la réalisation d'une opération est en fonction des critères ci-dessous :

- Type de travail à envisager ;
- L'effort nécessaire (nature de transmission de mouvement) ;
- Dimension de l'outil et de la pièce ;
- Longueur de course des coulisseaux ;
- Cadence nominale de fonctionnement.

II.6. Sécurité sur les presses : [2]

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

- Alimentation automatique : le dispositif d'alimentation automatique est indispensable lorsqu'il s'agit de satisfaire aux impératifs de sécurité et de la productivité.
- Protection par appareil à bracelets : protection efficace pour les mains dans la mesure où aucun risque d'accrochage n'est possible.
- Protection optique : la machine s'arrête automatiquement si la main de l'opérateur traverse les rayons lumineux.

II.7. Avantages et inconvénients des presses hydrauliques et les presses mécaniques [5]

Tableau II.1 : avantages et les inconvénients pour les (02) deux types de presses

Presses	Mécaniques	Hydrauliques
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> -Les presses sont très fiables. Elles peuvent créer une grande quantité de tonnage pression. -Elles sont idéales pour l'hydroformage qui est une technique de formation des métaux nécessitant la présence d'un agent liquide, et elles sont lentes ce qui donne suffisamment du temps au métal pour se former. -Le tonnage de la presse est facilement ajusté ce qui permet des opérations avec petit tonnage pour les matrices fragiles. -Destinés pour les travaux de grandes séries. 	<ul style="list-style-type: none"> -Un moteur plus puissant que celui de la presse mécanique parce qu'il n'y a pas un volant d'inertie pour stocker l'énergie. -Arrêt du coulisseau à n'importe quelle position de travail. -Modification de la course du coulisseau. -Très souples. - Vitesse de réglage et de travail lente. - Vitesse d'approche et de retour rapide.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> -La presse ne peut pas être surchargée car le système est protégé par deux soupapes de décharge séparément ajustées. - Difficulté d'arrêt du coulisseau en cas de danger. - Réglage d'approche du coulisseau difficile. 	<ul style="list-style-type: none"> -La maintenance de la presse hydraulique est plus difficile que celle de la presse mécanique car les pannes de cette dernière sont facilement détectables. - Les presses hydrauliques demandent beaucoup de maintenance : Risque de pannes (joints, pompes...etc.). L'huile doit toujours être présente à l'intérieur de la presse. -Lentes dans les cadences élevées.

Deuxième partie : les outils de presse

II.2. Définition d'un outil de presse [2]

L'outil de presse matérialise les résultats de réflexions et des décisions prises au cours de sa conception, il se compose généralement par deux (02) parties : la partie fixe (c'est la partie qui contient la matrice) ; et la partie mobile (c'est la partie qui contient le poinçon). Il contient la formalisation de la façon dont la tôle de départ est conçue et permet la réalisation d'une pièce conforme à la sortie de la presse.

Cet outil de presse est une construction mécanique de précision, ayant des caractéristiques mécaniques qui évitent des déformations pouvant altérer la forme finale de la pièce. Il doit satisfaire en plus de l'opération à effectuer (poinçonnage, emboutissage, détournage...), un certain nombre de conditions :

- Séparer la pièce et les déchets ;
- Guider la bande du métal et régler sa position ;
- Assurer la sécurité et une production élevée ;
- Faciliter le changement d'éléments usés et l'affutage.

II.3 Différents constituants d'un outil de presse [3]

En général, l'outil est composé d'une partie supérieure (poinçon) fixée sur le coulisseau de la presse, et d'une partie inférieure (matrice) fixée sur la table de presse (*Figure III.1*). Cet ensemble est parfaitement guidé et permet de travailler la tôle par des opérations successives de découpage, pliage, cambrage, emboutissage..., de façon à obtenir la pièce désirée (finie).

II.3.1 Poinçon

Le poinçon est un outil qui a pour fonction de laisser une marque sur une autre pièce ou même de la percer. Cet instrument est utilisé depuis la préhistoire. On appelle aussi poinçon la marque laissée par cet outil.

Il est nécessaire de vérifier le poinçon à la compression et au flambement pour déterminer sa longueur.

II.3.2 Matrice

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

II .4. Différents types d'outils de presse [4]

II.4.1. Outil de découpage

II.4.1.1. Outil simple découvert

Cet outil est constitué uniquement d'un poinçon et d'une matrice, c'est le moins cher et le plus rapidement exécuter des pièces à découper ; il est conçu pour le travail de petites unités mais en vue de la remonter de la bande de tôle avec le poinçon, il ne peut effectuer les travaux de série.

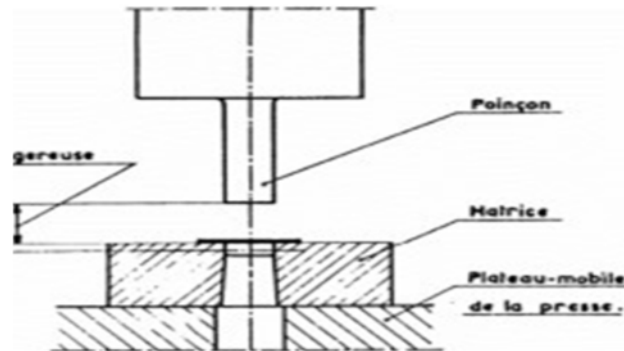


Figure II.12 : Outil simple découvert

II.4.1.2. Outil buté à découvert

Il est particulièrement pour le découpage des flans circulaires ; en plaçant deux butées sur la matrice dans deux sens perpendiculaires ; une est pour le guidage de la bande de tôle et l'autre pour assurer le contrôle de l'avance de tôle.

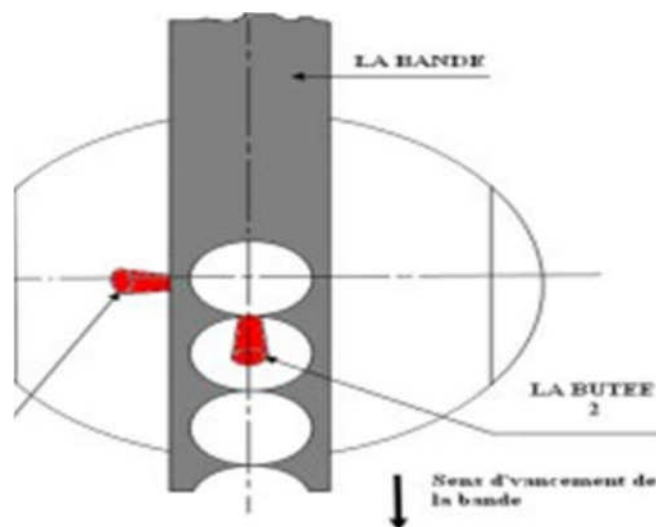


Figure II.13 : Outil buté à découvert

II.4.2.3. Outil à contre plaque

Utilisé pour les tôles d'épaisseur inférieure à 2mm. On distingue deux types d'outil :

a-À engrenage

L'avance du flan sur la matrice est assurée par un engrenage, malgré son manque de précision pour contrôler l'avance, on envisage une butée de départ qui met la tôle en position du premier coup de presse.

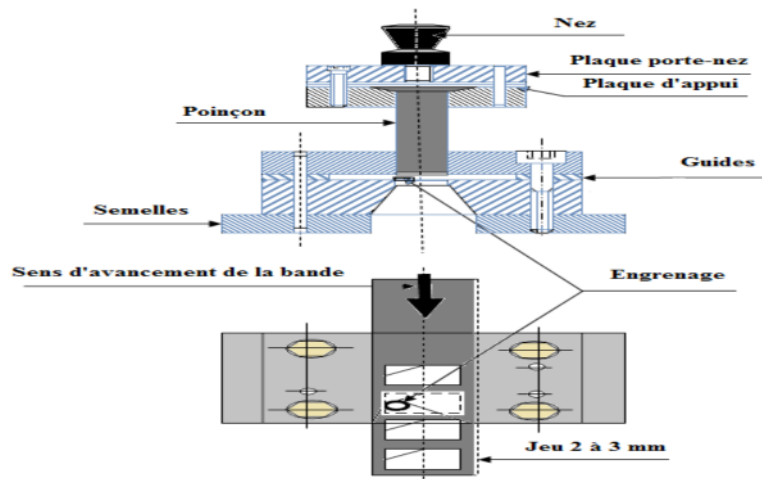


Figure II.14: Outil à engrenages

b-A couteau

Il porte un poinçon latéral et sa largeur est égale au pas (poinçon de pas) appelé couteau. Il n'y a pas d'engrenage.

c-A presse bande

Il est aussi appelé outil colonne, la contre plaque est remplacée par une pièce semblable montée sur des ressorts, tout le système est appelé presse-bond (dévêtitseur), cette dernière sert à maintenir la bande pour éviter toute déformation.

Le guidage de la partie mobile est assuré par des colonnes de guidage.

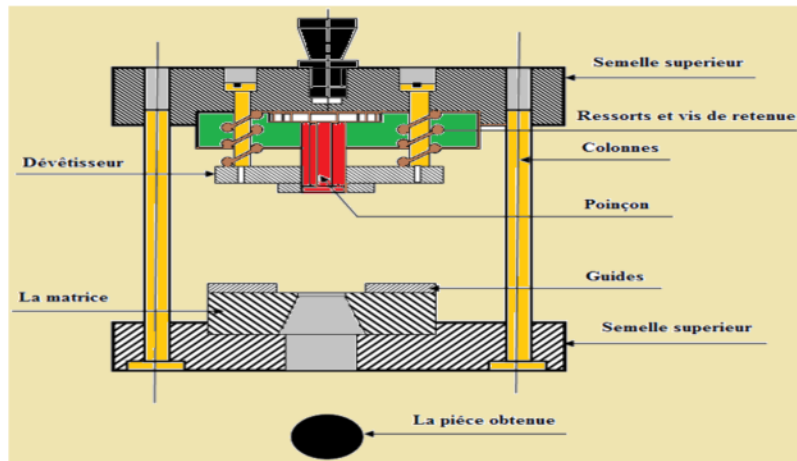


Figure II.15 : Outil à presse bande

II.4.2.4. Outil suisse (outil bloc) : [2]

L'outil Suisse est un système combiné de découpe où poinçon et matrice sont inversés. Le poinçonnage des ajours et la découpe de profil sont effectués en une seule frappe. La précision de position des différentes formes est excellente, et en fonction de la précision de l'outillage (quelques centièmes de mm).

- La précision de répétabilité est assurée (production de série).
- Les Pièces produites sont extraites de la matrice par un éjecteur.
- Le procédé utilisé pour la découpe des tôles minces (quelques dixièmes de mm)

Formes de tôles (bruts), sans précision ; la mise en position du brut est sans influence sur la qualité de production des pièces.

On peut appliquer ce procédé pratiquement sur tous les matériaux non cassants en feuilles.

Exemple : les alliages d'acier au carbone, inoxydable et à faible taux d'alliage, les alliages d'aluminium, les panneaux en fibres).

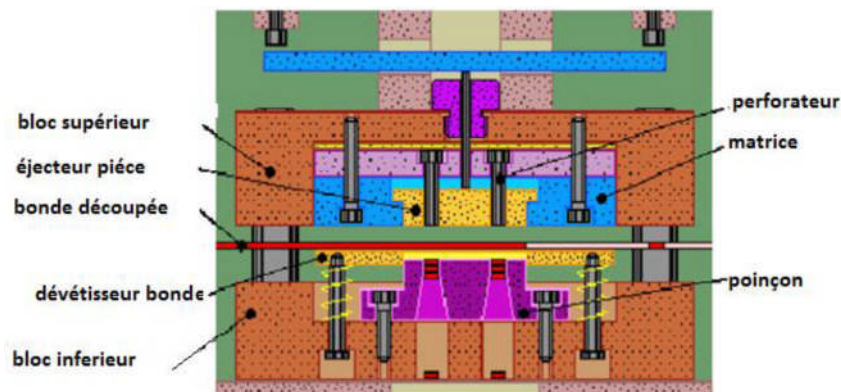


Figure II.16 : outil suisse

II.4.3. Outil de détourage

La qualité des tôles, cause des cornes d'emboutissage, de ce fait, l'impossibilité d'obtenir une pièce aux contours acceptables.

Le détourage est l'opération qui donne à la pièce son contour définitif par enlèvement de matière excédentaire, le procédé du découpage s'effectue avec un outil de forme.

On distingue différents types d'outils :

II.4.3.1. Outil de détourage normal

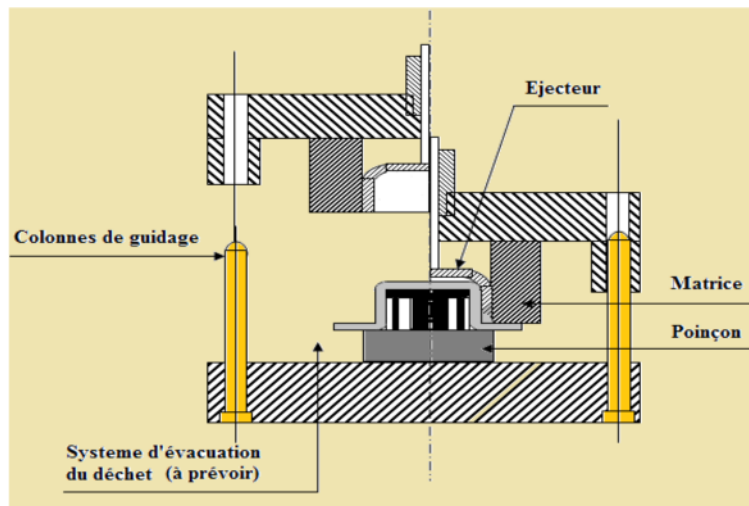


Figure II.17: Outil de détourage normal

II.4.3.2. Outil de détourage à Ras

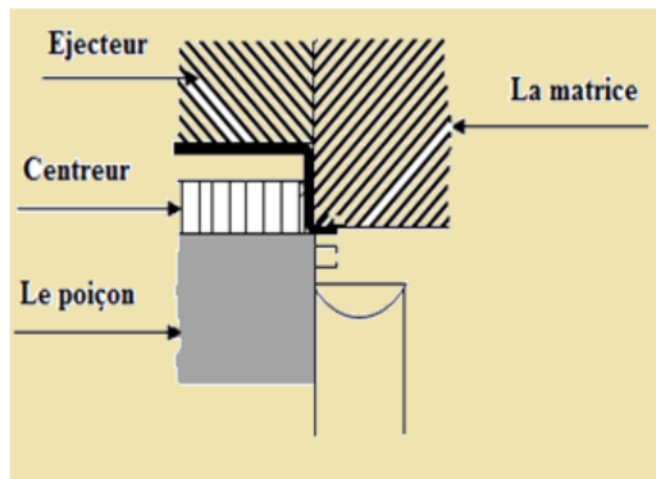


Figure II.18: Outil de détourage à Ras

II.4.3.3. Outil de détourage-poinçonnage

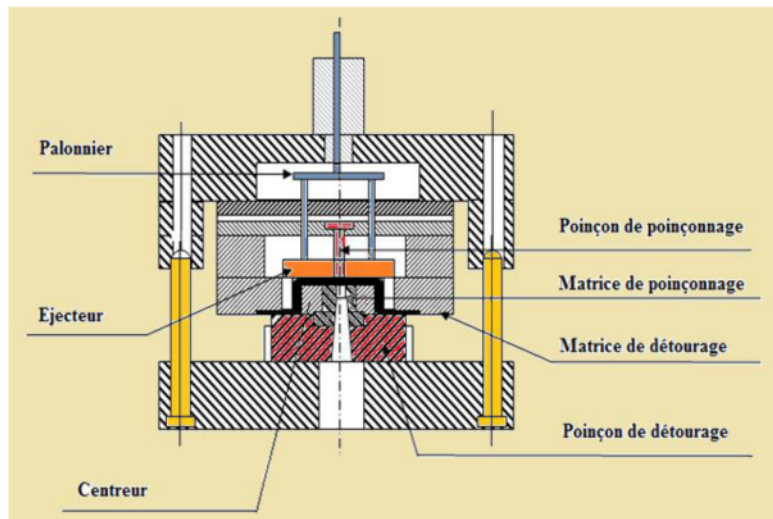


Figure II.19: Outil de détourage-poinçonnage.

II.4.4. Les outils de reprise

L'outil de reprise fait partie d'un ensemble de plusieurs outils. Chacun d'eux réalise une ébauche de mise en forme de la pièce à fabriquer. Ces ébauches se succèdent une à une, permettent d'obtenir la pièce finale. On distingue souvent ces outils par les opérations principales réalisées : découpage, cambrage ou pliage, emboutissage, détourage... À chaque opération, l'ébauche de la pièce issue de l'outil précédent est positionnée dans l'outil suivant grâce à différents moyens de centrage (drageoirs, pions de centrage...). Le déplacement et la manutention des flans, ainsi que des ébauches de la pièce sont réalisés par une personne.

Ce type d'outil est principalement utilisé pour les pièces de petite et moyenne série.

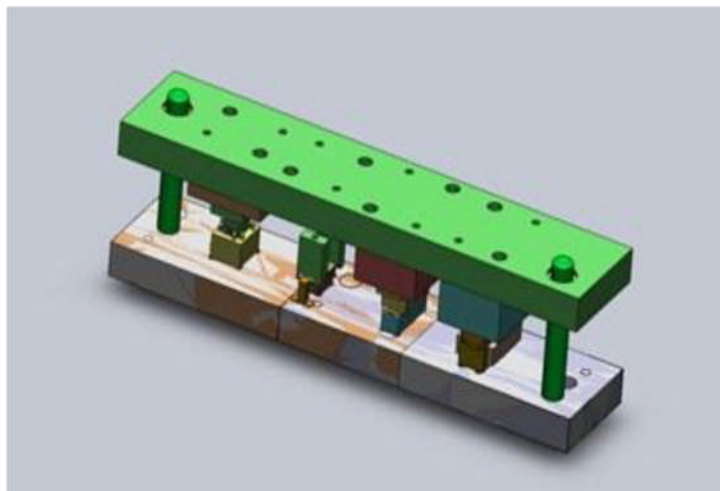


Figure II.20 : deux outils de reprise faits avec SolidWorks

II.4.5. Outil de poinçonnage à serre-flan

Cet outil convient pour les flans de faible épaisseur. Comporte des colonnes de guidage pour assurer le centrage des poinçons par rapport à la matrice.

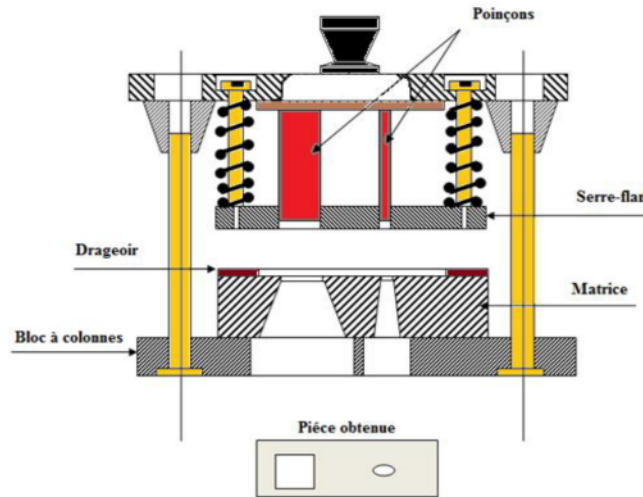


Figure II.21 : Outil de poinçonnage à serre-flan.

II.4.6. Outil combiné

Cet outil convient pour les tôles d'épaisseurs inférieures à 1mm

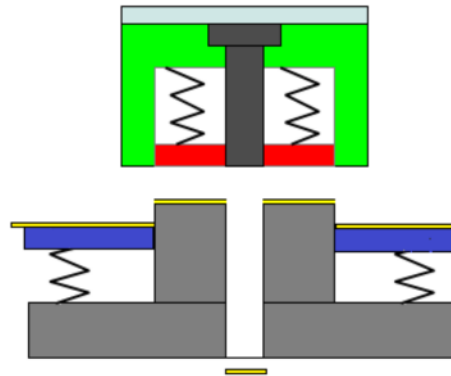


Figure II.22: Outil combiné

II.4.7. Outil à came

Le but de la came est de transformer le mouvement vertical des coulisseaux en mouvement horizontal. Ils sont utilisés dans les outils de poinçonnage ou de cambrage lorsque plusieurs opérations sont simultanées, et aussi dans les outils combinés à suivre pour cambrer ou poinçonner les pièces liées à la bande.

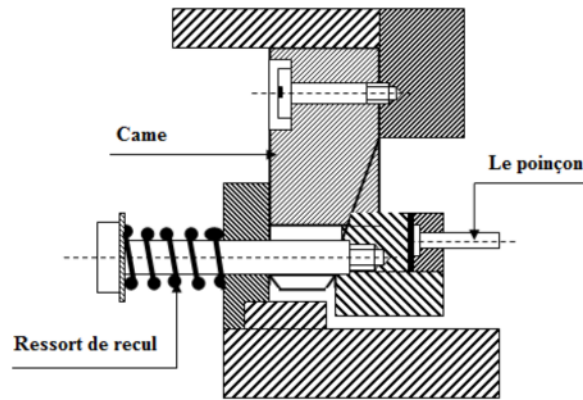


Figure II.23 : Outil à came

II.4.8. Outil monté sur une presse à simple effet [2]

II.4.8.1. Outil direct

Le poinçon et le serre flan sont montés directement sur les coulisseaux de la presse à simple effet.

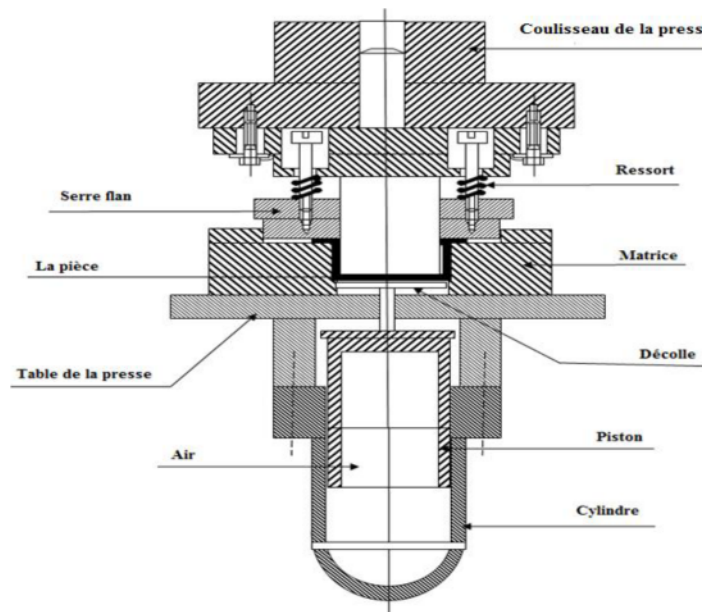


Figure II.24 : Outil direct

II.4.8.2. Outil inverse

A l'inverse de l'outil direct. La matrice est placée sur les coulisseaux

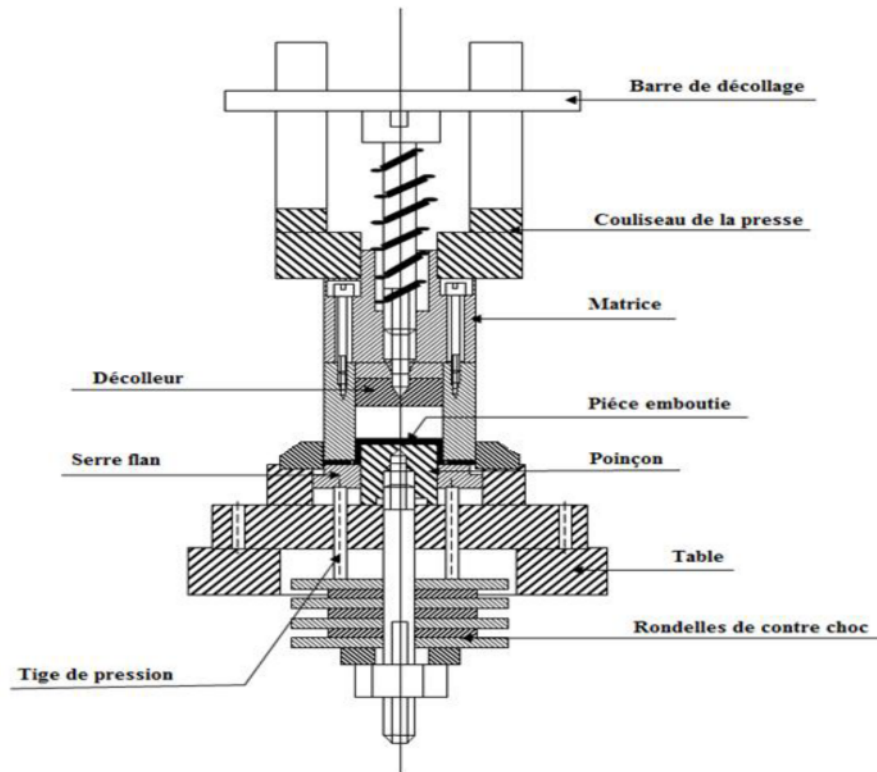


Figure II.25 : Outil inverse

II.5. Montage des outils sur les presses

II .5.1. Petites presses

-Partie inférieure de l'outil

Dans la presse, le plateau présente des trous taraudés ou filetés à l'intérieur, cela est dans le but de la fixation de la semelle inférieure, et on distingue deux manières de fixation de la semelle

1. Fixation par bridage.
2. Fixation par vis.

-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 bloqué avec des vis de pression, et pour des outils longs, ces derniers peuvent être fixés par les trous de coulisseau. Des outils longs, ces derniers peuvent être fixés par les trous de coulisseau.

II.5.2. 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.

II.3. Conclusion

Ce chapitre nous a donné un aperçu général et global sur les presses utilisées dans l'industrie, leurs principes de fonctionnement et ainsi leurs classements des différents types selon plusieurs paramètres comme le mode de transformation de l'énergie, leurs formes de bâti, ou leurs nombres de coulisseau.

Leurs équipements comme les différents outils et les différents systèmes et mécanismes entrants, ce qui nous aidera à choisir la presse qui convient à notre outil ont également fait l'objet de ce chapitre.

Chapitre 3 : Généralités sur les matériaux

GENERALITES SUR LES MATERIAUX

III.1. Introduction

Presque tous les matériaux utilisés dans la fonderie, la construction mécanique ou l'usage de la matière sous toutes ses formes sans extrait de la nature, cela dit l'homme apporte toujours sans petit plus pour améliorer les caractéristiques d'un matériau juger peut fiable, et on faisant des essais pour constater l'amélioration.

En parlant du principe que la matière d'un outil doit impérativement avoir une dureté supérieure que celle de la pièce à usiner et en tenant compte des différents paramètres tels que : la résistance aux frottement, aux chocs, usinabilité...etc. Des compromis naissants, il est donc important de faire un choix judicieux en ce qui concerne les matières à utiliser de façon à ce que l'outil présente des bonnes caractéristiques mécaniques, et que son usinabilité ne représente pas un handicap technique ni financier pour l'entreprise.

III.2. Caractéristiques du matériau de l'outil [6]

Les parties actives de l'outil doivent satisfaire deux groupes d'exigence :

a- Bonnes propriétés liées à la tenue en service :

- Résistance à l'usure,
- Résistance aux chocs,
- Ténacité (capacité d'absorption de fortes charges sans rupture brutale).

b-bonnes propriétés liées à la mise en œuvre :

- l'usinabilité,
- absence de déformation et de rupture aux traitement thermique.

III.3. Critères du choix des métaux

On choisit le matériau d'un outil selon son fonctionnement dont il a été conçu, cela dit l'importance de ses caractéristiques prend effet quant à l'importance de la série et des données sur la pièce.

Les critères de choix sont basés sur les principaux paramètres :

- L'importance de la série : dans le cas d'une série importante ou les machines travaillant à haute cadence, tout le temps d'immobilisation de l'outil prend une importance

considérable dans le prix de la pièce, et de ce fait, les matériaux doivent avoir une bonne résistance à l'usure pour limiter le plus possible les affutages. Ces critères sont utilisés pour les très grande séries.

- La nature de matériau à travailler : l'usure de l'outil doit être en fonction de la dureté du matériau et de son état structural (intérêt de découper de feuillards d'aciers à l'état globulaire par exemple).
- Précision des pièces (tolérance dimensionnelles) : la tolérance est directement liée à la résistance à l'usure des parties actives et à la ténacité (car une tolérance serrée étant obtenue par un faible jeu. Il y a risque de contact entre arêtes coupante, poinçon et matrice).

Tableau III.1 : choix des aciers à outils, en fonction du matériau travaillé et de l'important de la série. (formes simple, dimension de la pièce : 20 * 50 mm, épaisseur :1.3 mm). [6]

Matériau travaillé	Série			
	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷
Al ou Cu ou alliage de Mg	Y 105 et Y 120 90 MV 8 et 90 MCW 5	90 MV 8 et 90 MCW 5 Z 100 CDV 5	Z 160 CD 12	Carbure
Acier au C(0.70%) ou inoxydable ferritique.	Y 105 et Y120 90 MV 8 et MCW	90 MV 8 et 90 MCW 5 Z 100 CDV 5	Z 160 CD 12	Carbure
Aciers inoxydables austénitiques.	Y 105 et Y120 Z 100 CD 5	Z 100 CDV 5 et Z 160 CDV 12	Z 230 CD 12 14	Carbure
Aciers à ressort trempé (52 HRC max)	Z 100 CDV 15 et Z 160 CDV 12	Z 160 CDV 12	Z 230 CD 12 14	Carbure
Tôle électrique e=0.6 max	-----	-----	Z 230 CD 12 14 carbure	Carbure

Tableau III.2 : choix des aciers à outil, en fonction de l'épaisseur et de l'importance de la série ;
(découpage sans angle vif, acier type A50 max. $75 < HRB > 85$)

Epaisseur (mm)	Série		
	10^4	10^5	10^6
0.25	Y ₁ 105 V Y ₁ 120	Y ₁ 105 Y ₁ 120 V	Y ₁ 105 V et Y ₁ 120 V Z100 CDV 5
0.8	Y ₁ 120 V	Y ₁ 120 V	Z160 CDV 12
1.6	Y ₁ 120 V	Y ₁ 120 V	Z160 CDV 12
3	Y ₁ 120 V	Y ₁ 105 V Z 100 CDV 5	Z 160 CDV
(1) Aciers résistants au choc			

III.4. Matériaux de base [6]

Dans le domaine des matériaux, nous avons deux types, les matériaux non ferreux et les matériaux ferreux.

Les matériaux non ferreux sont des alliages à base d'éléments non ferreux tels que : Aluminium, Cuivre, Zinc, Magnésium, Phosphore, etc...

Cependant, dans l'industrie en particulier, la construction mécanique demande des matériaux qui présentent des caractéristiques plus efficaces pour supporter toutes les charges.

Dans ce cas, nous avons les matériaux ferreux qui sont à base de fer et d'autres éléments tels que : le carbone, le silicium, le cobalt, le vanadium, le magnésium, etc...

III.4.1. Les aciers

Ce sont des alliages à base de fer et de carbone qui peuvent être homogénéisés par chauffage. On retrouve dans les aciers les éléments suivants :

- Élément d'élaboration ;
- Élément d'addition ;
- Élément nuisible ;

Selon les familles des aciers on distingue six (06) classes :

- 1) Classe des aciers extra-doux ; ce sont des aciers qui contiennent de la ferrite et un peu de cémentite. Leur teneur en carbone n'excède pas 0.1% C.
- 2) Classe des aciers mi- doux ; sa teneur en carbone varie entre 0.25 et 0.4% C.
- 3) Classe des aciers doux ; sa teneur en carbone varie entre 0.1 et 0.25% C. sa structure ferritique avec un pourcentage en perlite inférieur à 50%.
- 4) Classe des aciers extra-durs ; dont la teneur en carbone varie de 0.77 à 2.11% C.
- 5) Classe des aciers mi-durs ; dont la teneur en carbone varie de 0.4 à 0.6% C.
- 6) Classe des aciers durs ; dont la teneur en carbone varie de 0.6 à 0.77% C.

Tableau III.4: Principaux aciers au carbone. [6]

Nuance	HB	C %	σ_r (MPa)	Désignations normalisées		Emplois principaux
				Classe A	Classe XC	
Extra-doux	98 à 126	0.05 à 0.1	340 à 450	A35 A45	XC 5 XC20	Très malléable. Tôles : chaudronnerie. Tubes et fils.
Doux	126 à 154	0.1 à 0.25	450 à 550	Adx A45 A55	XC20 XC30	Profils pour charpentes métalliques, tôles pour serrurier
Demi- dur	154 à 183	0.4 à 0.6	550 à 650	A55 A65	XC30 XC40	Moteurs et machines – outils, outils agricoles.
Dur	183 à 210	0.6 à 0.77	650 à 750	A65 A75	XC40 XC50	Outils de coupe, burins, bédanes, coutelleries (pour une grande dureté)
Extra- dur	210 à 280	0.77 à 2.11	750 à 1000	A75 A100	XC50 XC85 (ou CC)	Outil de coupe, coutelleries. Pièces de grande dureté).

III.4.1.1 Quelques caractéristiques des aciers au carbone

- Les propriétés des aciers au carbone varient avec la teneur en carbone ;
- Leur densité est de 7.8 ;
- Leur température de fusion varie de 1 350 à 1 450°C suivant la nuance ;
- Ils sont très malléables à chaud (forge) et résistent bien aux efforts de traction, compression et cisaillement ;

III.4.1.2 Les principaux aciers

Classification :

Les aciers représentés dans le tableau ci-dessous sont classés en trois (03) principales classes ;

Tableau III.5 : Aciers non alliés général-série A- (acier ne devant pas subir de traitement thermique – soudabilité).

Désignation	σ_e (MPa)	σ_r (MPa)	A min (%)	Kcu (J/cm)
A33	180	330 – 500	18	
A34	170	340 - 420	26	70
(A37) E24	240	370 - 450	24	70
(A42) E26	260	420 - 500	21	70
(A47) E30	300	470 - 570	21	60
(A52) E36	360	520 - 620	20	60
A50	300	500 - 600	19	
A60	340	600 - 720	15	
A70	370	700 – 850	10	

III.5 Traitements thermiques

Les traitements thermiques des aciers consistent à les soumettre à l'action de cycle thermique (chauffage et refroidissement). En vue de charger ou d'améliorer les propriétés mécaniques de quelques organes de l'outil tel que : poinçons, matrice, etc...

L'utilité de ces traitements est de donner les caractéristiques mécaniques adéquates (résistance à l'usure pour les arrêtes de coupe des poinçons et de la matrice, la résistance aux chocs, etc... plusieurs types de traitements thermiques naissent suivant la variation de la température du chauffage et celle de refroidissement dont on cite :

III.5.1 La trempe : (727+50 ° et plus)

On appelle traitement thermique de trempe, tout traitement qui consiste à soumettre une pièce à un cycle thermique contenant :

- Un chauffage dans le domaine austénitique ;
- Un maintien suffisamment lent afin de permettre la dissolution partielle ;
- Un refroidissement effectué à une température dite : température de trempe.

La trempe est souvent la première étape d'un traitement comportant un ou plusieurs revenus.

Remarque : pour X210CrW12, sa trempe se fait à 950°C dans l'huile. La valeur de la dureté après la trempe est de 64 HRC

La majorité de ces traitements (trempe) ont pour but l'amélioration des caractéristiques telles que :

Une bonne résilience l'augmentation de la résistance à la rupture, une dureté importante, mais elle engendre une diminution de la résistance à la traction de l'allongement.

III.5.2 Le revenu : (entre 180°C et A_{c1})

C'est un traitement thermique pratiqué souvent après la trempe pour éliminer les défauts causés par la trempe, par amélioration de la très faible résilience avec une diminution légère de la dureté.

Ils comportent trois (03) étapes

- Chauffage à une température compris entre 180°C et A_{c1} ;
- Maintien à cette température pendant deux (02) heure ;
- Refroidissement moyennement lent par immersion dans l'huile.

Tableau III.6 : Quelques valeurs de dureté après le revenu pour les aciers Z200 C12 (X210CrW12).

T (C°)	100	200	300	400
Dureté HRC	63	62	60	58

III.5.3 Traitement thermique de diffusion

III.5.3.1 Cémentation : (920 à 950°C)

Diffusion de carbone en milieu pulvérulent, pâteux, liquide ou gazeux effectuée à une température supérieure à A_{c1} . Il est souvent suivi d'une trempe. Son but principal est l'obtention d'une surface dure et résistance à l'usure par enrichissement de la couche superficielle en carbone jusqu'à de 0.8 à 1.2%.

III.5.3.2 Nitruration : (500 à 570 °C)

C'est un traitement qui consiste à saturer en azote la surface de l'acier dans le milieu ammoniac. La nitruration accroît sensiblement la dureté de la couche superficielle, sa tenue à l'usure, la limite de fatigue et la tenue à la corrosion dans des milieux comme l'atmosphère, l'eau, la vapeur etc...

III.5.3.3 Cyanuration et carbonitruration : (730 à 830°C)

C'est une saturation simultanée de la surface de l'acier en carbone et en azote. Ce traitement prévoit surtout l'augmentation de la dureté et de la tenue à l'usure.

Tableau III.7 : Matériaux utilisés pour la conception de l'outil.

Pièces	Matière	T. thermique	Caractéristiques mécaniques
Goupille	St		Une bonne ténacité
Vis CHC	St		//
Vis CHC	St		//
Queue fixe	St 60 2K		//
Vis CHC	St		//
Plaque support	St 37.2		//
Plaque de pression	X210CrW12	Trempé	Une bonne résistance à l'usure et aux chocs.
Plaque à poinçons	U St 37.2		Une bonne ténacité
Poinçon (1)	X210CrW12	Trempé	Une bonne résistance à l'usure et aux chocs.
Poinçon (2)	X210CrW12	Trempé	
Poinçon (3)	X210CrW12	Trempé	
Vis CHC	St		Une bonne ténacité
Plaque de guidage	U St 37.2		//
Listel de guidage	C15	Trempé	Surface très dure
Matrice	X210CrW12	Trempé	Une bonne résistance à l'usure et aux chocs.
Lame de coupe	X210CrW12	Trempé	//
Plaque de base	U St 37.2		Une bonne ténacité
Listel	A33		Une bonne ténacité
Vis CHC	St		//
Goupille	St		//
Pastille	X210CrW12	Trempé	Une bonne résistance à l'usure et aux chocs.
Butée	C 15	Trempé	Surface très dure
Support	St		Une bonne ténacité

III.6. Le cuivre

Le cuivre est un métal de couleur rouge orangé ductile et malléable. Il est très utilisé en électricité et électronique pour son excellente conductivité électrique, et dans la construction pour sa résistance à la corrosion.

III.6.1. Utilisation du cuivre

Les usages du cuivre découlent de ses propriétés de conductivité électrique : $\sigma = 60 \cdot 10^6 \text{ S.m}^{-1}$ (Al : $38 \cdot 10^6 \text{ S.m}^{-1}$) et de conductivité thermique : $\lambda = 401 \text{ w.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Il est donc très utilisé comme conducteur de courant en basse tension et en électronique : c'est le second meilleur conducteur après l'argent. Pour le transport d'électricité à très haute tension, on lui préfère toutefois les câbles en alliage d'aluminium, plus légers, car sa densité est proche de 9.

C'est un métal qui résiste assez bien à la corrosion à l'air, mais il est attaqué par les dérivés du soufre et l'acide sulfurique. Dans les revêtements de toitures et coupoles, il adopte la couleur « vert de gris » caractéristique, qui est due à la formation d'une couche protectrice de surface constituée de carbonate et de sulfate de cuivre.

Chapitre 4 : Etude et conception

ETUDE ET CONCEPTION DE L'OUTIL

IV.1. Introduction

L'outil de presse doit répondre à un cahier des charges défini par le donneur d'ordre, tout en étant en adéquation avec les limites du savoir-faire du métier de transformation et mise en forme des tôles.

Ce chapitre précisera les différents paramètres à prendre en compte dans l'étude et développement de l'outil.

IV.2. Cahier des charges

Dans les travaux des métaux en feuilles, il existe une grande variété de presses, et son choix dépend de :

- Opération à effectuer.
- Effort fourni.

IV.2.1. Présentation de la pièce

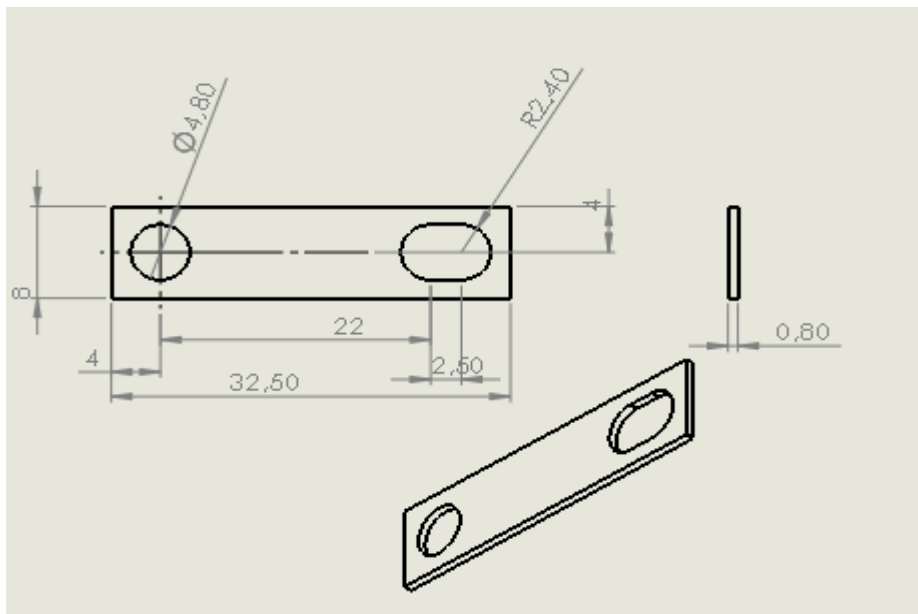


Figure IV.1: La forme de la pièce à réaliser et ses dimensions

IV.2.1.1. Emplacement de la pièce

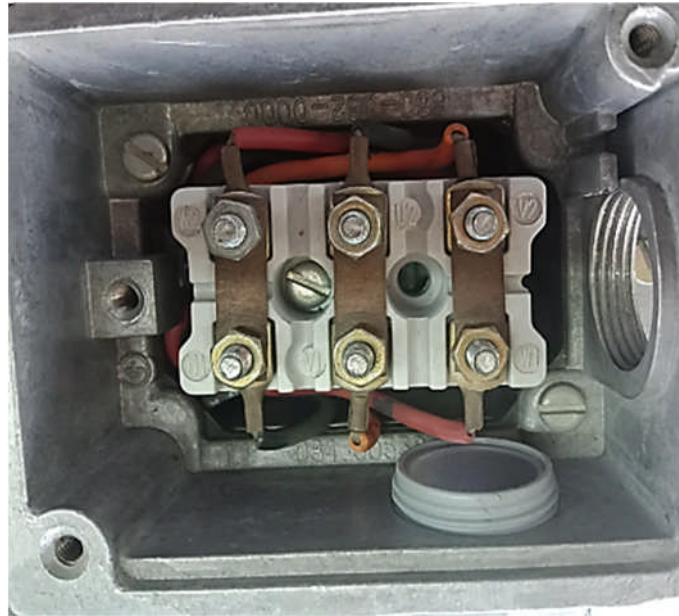
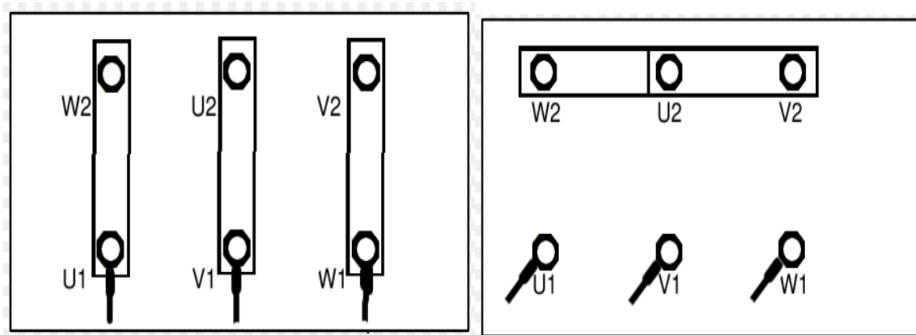


Figure IV.2 : Emplacement de la barre dans la boîte à borne

On utilise cette pièce pour assurer le couplage choisi par les enroulements sur la plaque à borne du moteur.



Raccordement en triangle

Raccordement étoile

Figure IV.3 : Différents types de couplage des moteurs électrique [6]

IV.2.1.2. Caractéristiques de la pièce

Tableau IV.1 : Caractéristique de la pièce

Nom de la pièce	Barre de liaison
Matière	Cuivre <i>CuZn37 F38 DIN 17670</i>
Epaisseur	0.8 mm
Longueur	32.5 mm
Largeur	8mm
Diamètre d_1	4.8 mm
Diamètre d_2 (trou oblong)	4.8*22mm
Résistance à la rupture en traction R_r	47 daN/mm ²

IV.2.2. Processus de fabrication de la barre de liaison

Le processus de fabrication passe par 3 étapes

a- Première étape

Elle consiste de découper des bandes à partir de tôle fournie en format commercial standard sous forme des feuilles en cuivre de 1m * 2m.

b- Deuxième étape

Découpage du pas et poinçonnage des deux trous.

L'opération de découpage du pas consiste à limiter l'avance de la bande, pour pouvoir effectuer les autres opérations, et effectuer un poinçonnage des deux trous, un trou normal (forme 2) et un trou oblong (forme 3)

c- Troisième étape

L'opération consiste à découper la pièce (forme4).

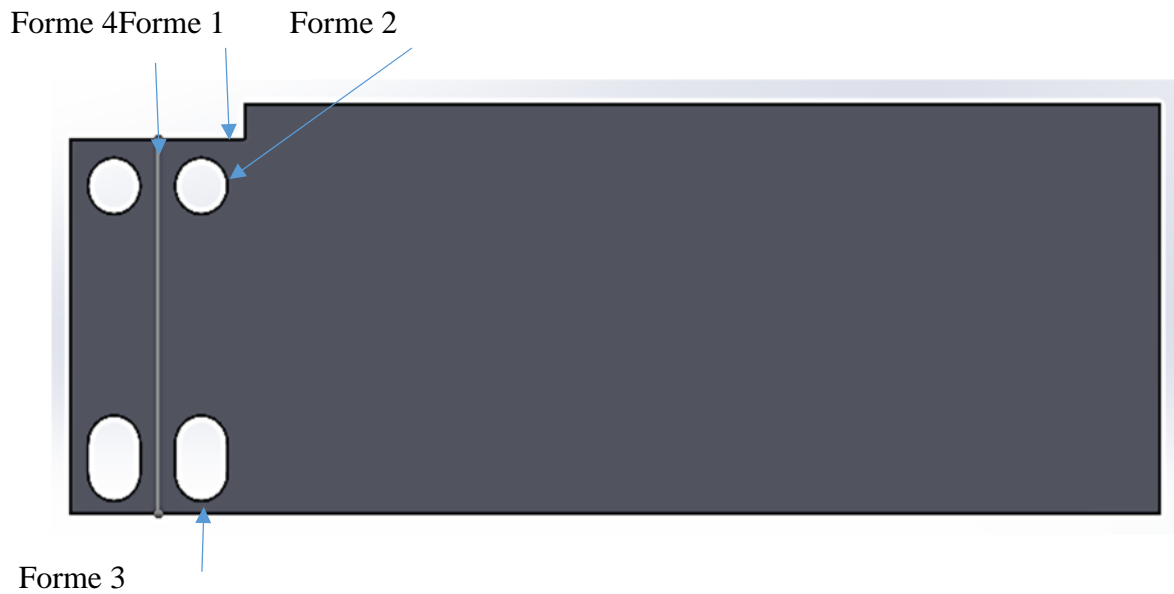
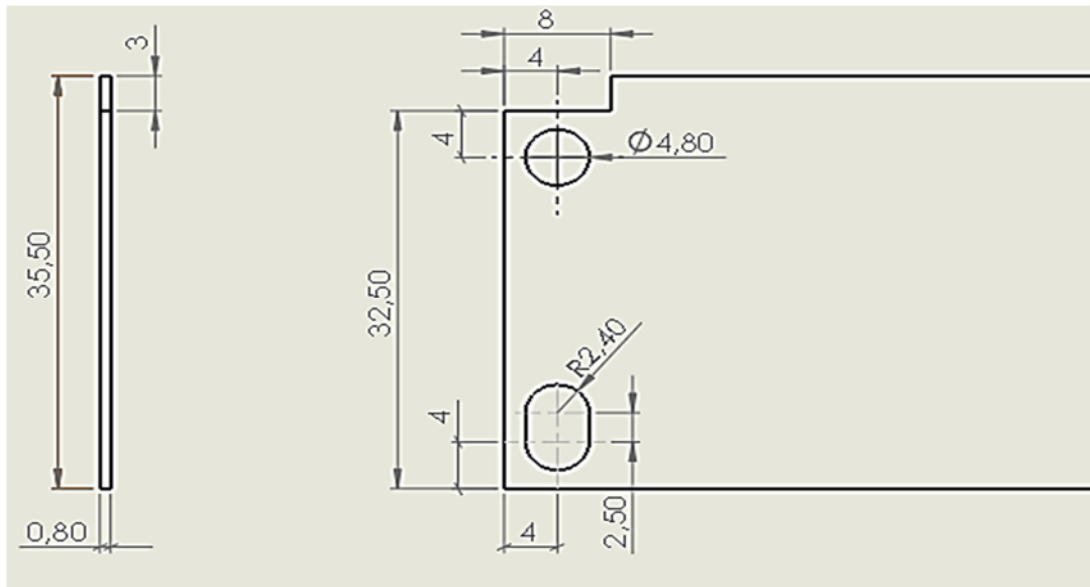


Figure IV.4 : Différentes étapes d'obtention de la pièce

IV.3. Calcul de l'effort du découpage et du poinçonnage

L'effort total que doit fournir la presse doit être supérieur à l'effort de découpage des quatre poinçons (1), (2), (3), (4).



Ils sont en : X210CrW12 (acier fortement allié) ;

$R_r = 207 \text{ daN/mm}^2$ (Résistance limite à la rupture) ;

$R_e = 90 \text{ daN/mm}^2$ (Résistance limite d'élasticité) ;

$A = 7\%$ (Allongement après rupture) ;

$HRC = 64$ (Dureté Rockwell).

Les efforts appliqués pour obtenir la forme finale sont :

$$\boxed{F_{de} = P \cdot e \cdot R_c}$$

Avec :

P : Périmètre à découper.

e : Epaisseur de la tôle.

R_c : Résistance au cisaillement de tôle.

IV.3.1. Calcul de l'effort du poinçonnage (1) F_{de1} (Forme 1)

$$\boxed{F_{de1} = S_1 \cdot R_c}$$

Avec : $\boxed{S_1 = L_1 \cdot e}$

$$\boxed{F_{de1} = L_1 \cdot e \cdot R_c}$$

L_1 : Longueur de la ligne de coupe du poinçon.

S_1 : Section de la forme à découper

$$R_c = 0.8 * R_r$$

$$R_c = 0.8 * 47 = 37.6 \text{ daN/mm}^2$$

$$\boxed{R_c = 37.6 \text{ daN/mm}^2}$$

$$L_1 = (8 + 3) = 11 \text{ mm}$$

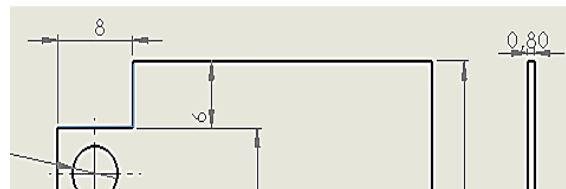
$$\boxed{L_1 = 11 \text{ mm}}$$

$$S_1 = 11 * 0.8 = 8.8 \text{ mm}^2$$

$$\boxed{S_1 = 8.8 \text{ mm}^2}$$

$$F_{de1} = 8.8 * 37.6 = 330.88 \text{ daN}$$

$$\boxed{F_{de1} = 330.88 \text{ daN}}$$



IV.3.2. Effort de poinçonnage(2) F_{de2} (Forme2)

$$F_{de2} = P_2 \cdot e \cdot R_c$$

P_2 : périmètre de trou $\varnothing 4.8$

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



A.N :

$$P_2 = 3.14 \cdot 4.8$$

$$P_2 = 15.072 \text{ mm}$$

$$F_{de2} = 15.072 \cdot 0.8 \cdot 37.6 = 453.36 \text{ daN}$$

$$F_{de2} = 453.36 \text{ daN}$$

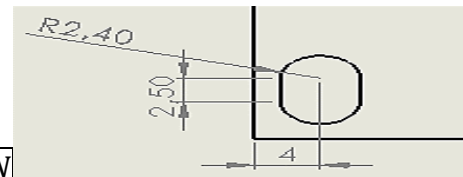
IV.3.3. Effort de poinçonnage(3) du trou oblong F_{de3} (Forme 3)

$$F_{de3} = P_3 \cdot e \cdot R_c$$

$$P_3 = 2\pi \cdot r + 5 = 20.072 \text{ mm}$$

$$P_3 = 20.072 \text{ mm}$$

$$F_{de3} = 20.072 \cdot 0.8 \cdot 37.6 = 603.76 \text{ daN}$$



$$F_{de3} = 603.76 \text{ daN}$$

IV.3.4. Effort de poinçonnage(4) du trou oblong F_{de4} (Forme 4)

$$F_{de4} = L_4 \cdot e \cdot R_c$$

$$L_4 = 32.5 \text{ mm}$$

$$F_{de4} = 32.5 \cdot 0.8 \cdot 37.6 = 977.6 \text{ daN}$$

$$F_{de4} = 977.6 \text{ daN}$$

IV.3.5. Calcul de l'effort total de découpage

$$F_{deTotal} = F_{de1} + F_{de2} + F_{de3} + F_{de4}$$

$$F_{deTotal} = 120.32 + 453.36 + 603.76 + 977.6 = 2155.05 \text{ daN}$$

$$\boxed{F_{deTotal} = 2155.05 \text{ daN}}$$

IV.4.4. Calcul de la force de pression du dévêtisseur[2]

C'est l'effort d'extraction, car après un découpage, la tôle a tendance à rester solidaire au poinçon.

Pour effectuer le dégagement, les outils sont munis d'un dévêtisseur. L'effort nécessaire pour effectuer cette extraction est évalué selon l'importance de la surface de tôle entourant le poinçon entre 2 et 7 % de l'effort nécessaire à la découpe.

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

$$F_{dev} = 7\% \cdot F_{deTotal}$$

$$F_{dev} = 0.07 * 1057.12 = 73.99 \text{ daN}$$

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

$$F_{dev} = 2\% \cdot F_{deTotal}$$

$$F_{dev} = 0.02 * 1308.48 = 26.16 \text{ daN}$$

$$F_{dev} = 73.99 + 26.16 = 100.15 \text{ daN}$$

$$\boxed{F_{dev} = 100.15 \text{ daN}}$$

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

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

$$F_{pr} > F_{deTotal} + F_{dev}$$

$$F_{pr} \geq 2155.05 + 100.15$$

$$F_{pr} \geq 2255.2 \text{ daN}$$

IV.4.5. La presse à utiliser

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

- L'effort de la presse doit être supérieur aux efforts utilisés.
- La longueur et la largeur de la table, suffisamment supérieures à celles de l'outil.
- La hauteur libre entre la table et le coulisseau doit être supérieure à la hauteur de l'outil fermé.
- La nature des opérations à réaliser. Pour notre cas, il s'agit de découpage.

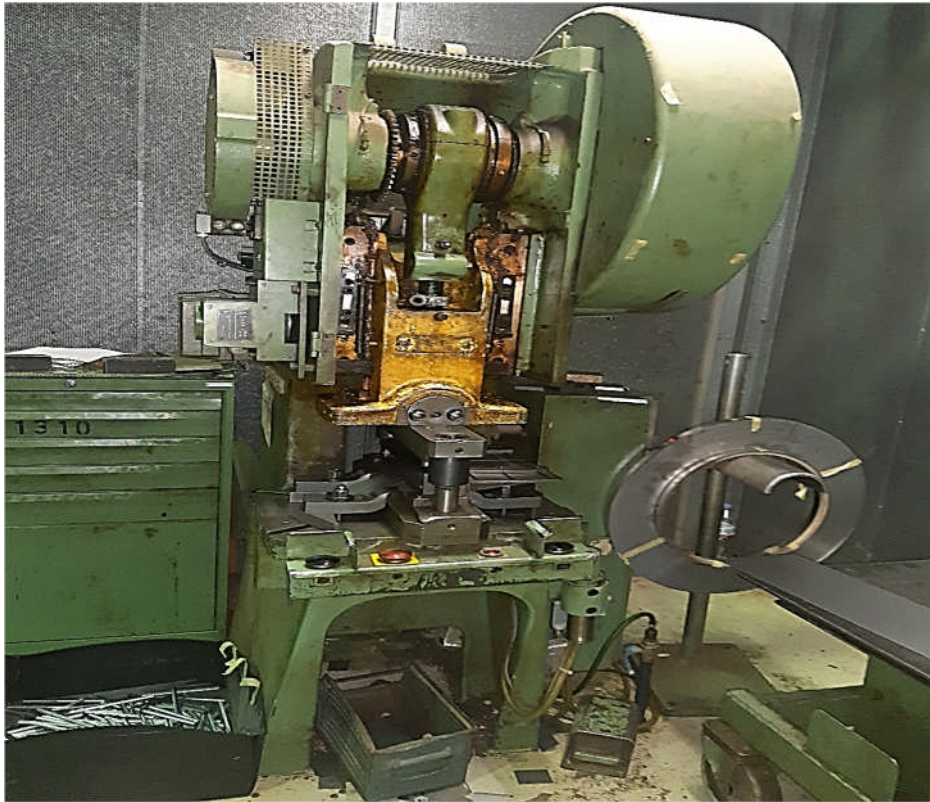


Figure IV.5 : Presse mécanique

A partir de l'effort que nous avons trouvé, on a opté pour une presse " TP 30 col de cygne" de construction allemande qui a les caractéristiques qui apparaissent dans le tableau suivant :

Tableau IV.2: Caractéristiques de la presse.

Profondeur du col de cygne	200mm
Base de la table : Longueur * profondeur	560 * 400 mm
Passage dans la table: Ø/épaulement	180/160 mm
Base du coulisseau Largeur * profondeur	355 * 220 mm
Trou dans le coulisseau: Ø*profondeur	32/80 mm
Distance entre plateau mobile et coulisseau, plus grande course en bas, Réglage du coulisseau en haut	175 mm
Distance entre table et coulisseau, plus grande course en bas, Réglage du coulisseau en haut	250mm
Course	8 – 80mm
Réglage du coulisseau	50mm
Epaisseur du plateau mobile	75 mm
Passage dans le plateau mobile	Ø90mm
Distance entre table et guide du coulisseau	385 mm
Nombre de coups par minutes	100 mm
Dispositif de sécurité	-Commande de sécurité à deux mains avec condition simultanée -Frein auxiliaire -Dispositif de sécurité contre les surcharges dans le coulisseau

IV.4.6. Choix du nombre de ressorts

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

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

Avec :

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

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

N : Le nombre de ressort.

A.N:

$$F_{ressort} = \frac{100.15}{4} = 25.03$$

$$\boxed{F_{ressort} = 25.03 \text{ daN}}$$

Le ressort qui satisfait les conditions de travail est le ressort pour outil à charge forte tiré dans le tableau (IV.4) qui a les caractéristiques suivant :

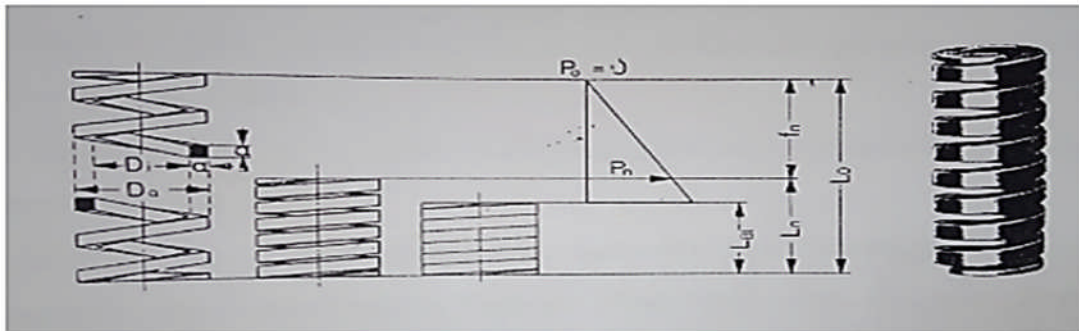


Figure IV.6: schéma de dimensionnement d'un ressort [3]

Tableau IV.3 : Ressort à charge forte

Da	Di	a*a	Lo	Ln	LBI	fin	F(K _p)
10	7	1.5*1.5	20	12.6	11.5	4.7	17
11.5	7.5	2*2	20	14.2	13.5	5.8	29
12	9	1.5*1.5	50	32.2	22	26.8	13
12.5	7.5	2.5*2.5	25	21	18.7	4	45
14	9	2.5*2.5	50	37.5	33	12.5	42
14.5	9.5	2.5*2.5	32	21.6	19.8	10.4	52
17.5	9.5	4*4	45	37.8	35.5	7.2	160
19	11	4*4	50	39.4	36.5	10.6	175
19.5	11.5	4*4	45	35.2	32.5	9.8	160
21	13	4*4	45	34	32	11	130
23	15	4*4	83	58.4	55	24.6	112
26	14	6*6	45	40.2	37	4.8	300
28	14	7*7	98	83.5	81	14.5	540
30	21	4.5*4.5	50	32.5	30.5	17.5	126
26	26	5*5	50	31	29	19	136
42	26	8*8	72	55.5	53	16.5	470
60	40	10*10	120	91	84	29	510
70	54	8*8	60	39	36	21	182
80	60	10*10	60	46	42	14	225

D'après le tableau on a opté pour des ressorts de caractéristique suivante

$$D_a = 11 \text{ mm}$$

$$D_i = 7.5 \text{ mm}$$

$$L_0 = 20 \text{ mm}$$

$$L_n = 14.2 \text{ mm}$$

IV.4.7. Calcul de la résistance des poinçons au flambement

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

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

Si :

- $F < F_{cr}$ la poutre ne subit qu'un faible raccourcissement qui est dû à la compression.

- $F > F_{cr}$ la poutre se déforme et la rupture peut intervenir rapidement.

- $F = F_{cr}$: La barre est en équilibre instable, il peut y avoir changement d'état d'équilibre pour atteindre un état d'équilibre stable en flexion composée

F : effort de découpage

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

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

Avec :

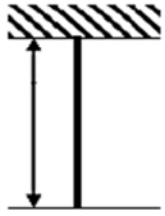
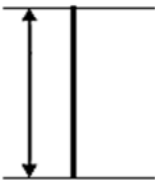
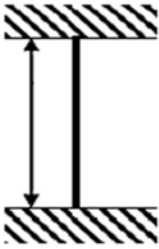
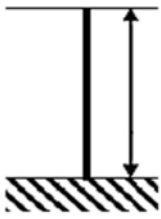
E : module de Young.

I : moment d'inertie.

l : longueur réelle.

La longueur libre de flambage l est donnée en fonction du type d'appui. Elle est donnée par le tableau suivant (5)

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

Longueurs libres de flambage				
Types de liaisons	Encastré en A Et libre en B	Liaisons pivotantes en A et B	Encastré en A et B	Encastré en A Et Pivots en B
Valeurs de l	 $l = 2L$	 $l = L$	 $l = L/2$	 $l = 0,7L$

Dans notre cas les poinçons sont encastre d'un et libre de l'autre, la longueur de flambement $l = 2L$

1) Poinçon rectangulaire (1) :

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

$$E = 210000 \text{ Mpa}$$

$$L = 94 \text{ mm}$$

$$I = \frac{a \cdot b^3}{12}$$

$$I = \frac{8 \cdot 6^3}{12} = 144 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr} = \frac{3.14^2 \cdot 210000 \cdot 144}{35344} = 8435.78 \text{ daN}$$

$$\boxed{F_{cr} = 8435.78 \text{ daN}}$$

$F_{cr1} > F_{de1} \rightarrow$ Donc la condition est vérifiée

2) Poinçon rond (2) :

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3.14 \cdot (4.8)^4}{64} = 26.04 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr} = \frac{3.14^2 * 210000 * 26.04}{35344} = 1525.47$$

$$\boxed{F_{cr} = 1525.47 \text{ daN}}$$

$F_{cr2} > F_{de2} \rightarrow$ Donc la condition est vérifiée

3) Poinçon (3) :

$$I = 27.04 \text{ mm}^2$$

$$F_{cr3} = \frac{3.14^2 * 210000 * 27.04}{35344} = 1584.05 \text{ daN}$$

$$\boxed{F_{cr3} = 1584.05 \text{ daN}}$$

$F_{cr3} > F_{de3} \rightarrow$ Donc la condition est vérifiée

4) Poinçon rectangulaire (4) :

$$I = \frac{a \cdot b^3}{12} = \frac{0.8 * 50^3}{12} = 8333.33 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr4} = \frac{3.14^2 * 210000 * 8333.33}{35344} = 488181.67$$

$$\boxed{F_{cr4} = 488181.67 \text{ daN}}$$

$F_{cr4} > F_{de4} \rightarrow$ Donc la condition est vérifiée

IV.4.8. Position du nez

La position du nez de fixation de la partie supérieure de l'outil sous le coulisseau de la presse est conditionnée par celle du barycentre des efforts.

La position des poinçons de l'outil sera conforme à la (figure IV.4).

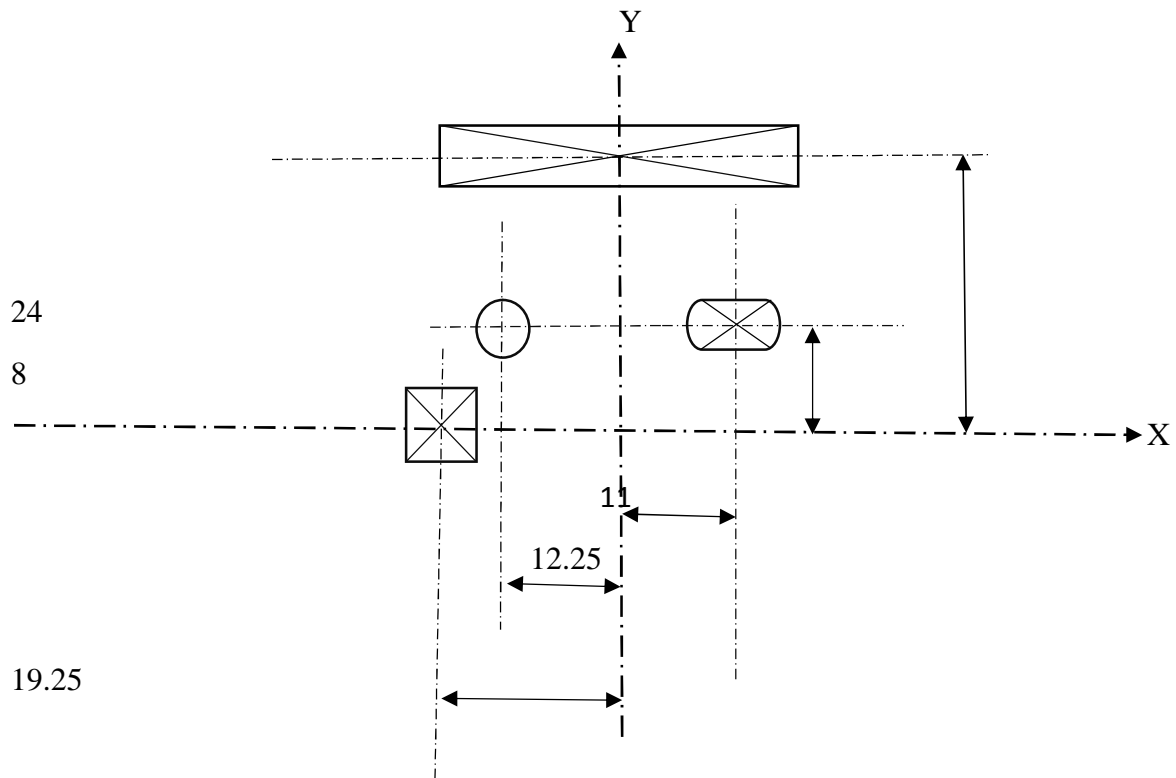


Figure IV.7: Positionnement des poinçons sur la partie supérieure.

Calcul :

Pour déterminer la position du nez on applique la formule suivante :

$$X = \frac{\sum F_i X_i}{\sum F_i}$$

F_i : les efforts appliqués par chaque poinçon.

X_i : les centres de gravité de chaque poinçon.

- Les efforts appliqués par chaque poinçon :

$$F_1 = 120.32 \text{ daN} \quad F_2 = 453.36 \text{ daN}$$

$$F_3 = 603.76 \text{ daN} \quad F_4 = 977.6 \text{ daN}$$

- Le centre de gravité de chaque poinçon :

$$X_1 = 19.25 \text{ mm} \quad X_2 = 12.25 \text{ mm}$$

$$X_3 = 11 \text{ mm} \quad X_4 = 0 \text{ mm}$$

$$X = \frac{F_1 X_1 + F_2 X_2 + F_3 X_3 + F_4 X_4}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4}$$

$$X = \frac{120.32 * 19.25 + 453.36 * 12.25 + 603.76 * 11}{120.32 + 453.36 + 603.76 + 977.6} = 6.73 \text{ mm}$$

$$\boxed{X = 6.73 \text{ mm}}$$

$$Y = \frac{\sum F_i Y_i}{\sum F_i}$$

$$Y_1 = 0 \text{ mm} \quad Y_2 = 8 \text{ mm}$$

$$Y_3 = 8 \text{ mm} \quad Y_4 = 24 \text{ mm}$$

$$Y = \frac{F_1 Y_1 + F_2 Y_2 + F_3 Y_3 + F_4 Y_4}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4}$$

$$Y = \frac{453.36 * 8 + 603.76 * 8 + 977.6 * 24}{120.32 + 453.36 + 603.76 + 977.6} = 14.81 \text{ mm}$$

$$\boxed{Y = 14.81 \text{ mm}}$$

Donc la position du nez est : (6.73 ; 14.81)

IV.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons réussi à faire une étude et à concevoir un outil de découpage qui sert à la réalisation d'une pièce « barre de liaison » d'un moteur électrique.

Les différents calculs que nous avons effectués successivement, nous ont permis d'avoir la capacité de la presse à utiliser, la position du nez par rapport à l'outil. Un calcul de vérification au flambement de tous les poinçons n'était pas épargné.

IV.6. Détail de l'outil

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

- Semelle supérieure

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

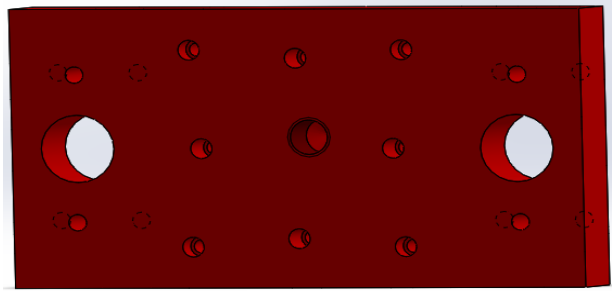


Figure IV.7 : Semelle supérieure

- Poinçons

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

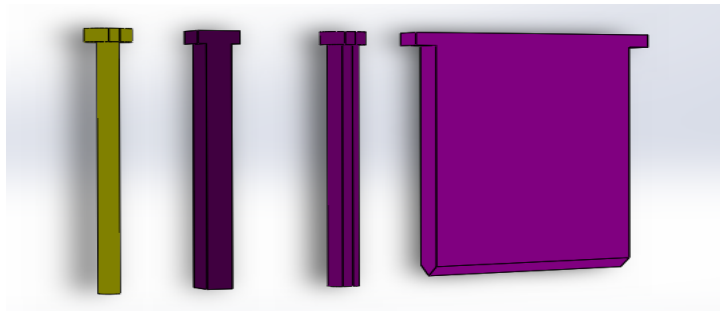


Figure IV.8 : Poinçons

- Porte poinçon

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

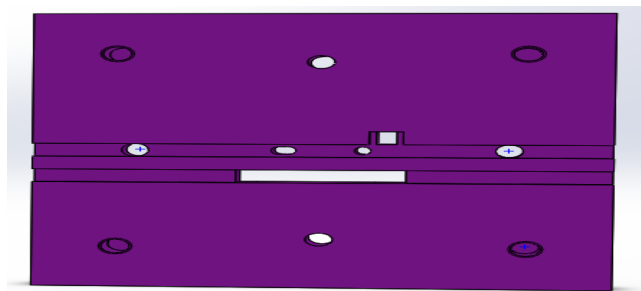


Figure IV.9 : Porte poinçon

- **Semelle inferieure**

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

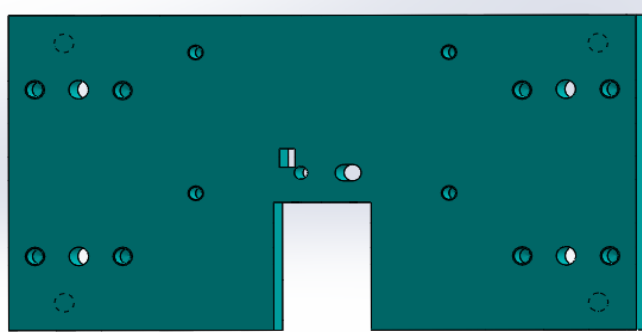


Figure IV.10 : Semelle inferieure

- **Les règles**

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

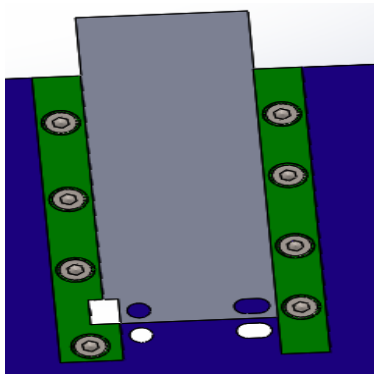


Figure IV.11 : Les règles

- **Colonnes de guidage**

Elles coulisent dans les embases supérieures avec glissement et elles sont emmanchées sur les embases inferieures.

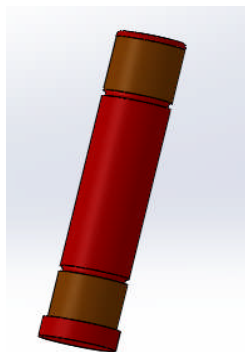


Figure IV.12 : Colonnes de guidage

- **Plaque de pression**

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

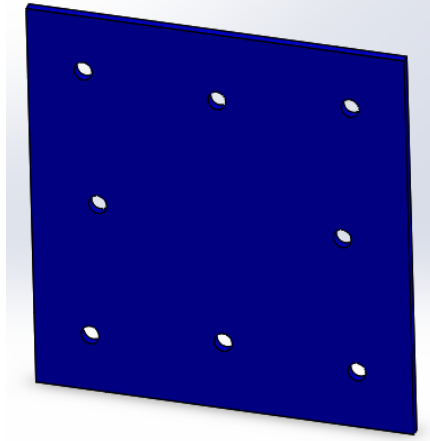


Figure IV.13 : Plaque de pression

- **Embase**

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

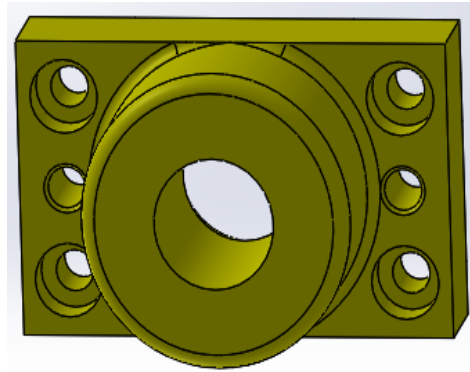


Figure IV.14 : Embase

- **La matrice**

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

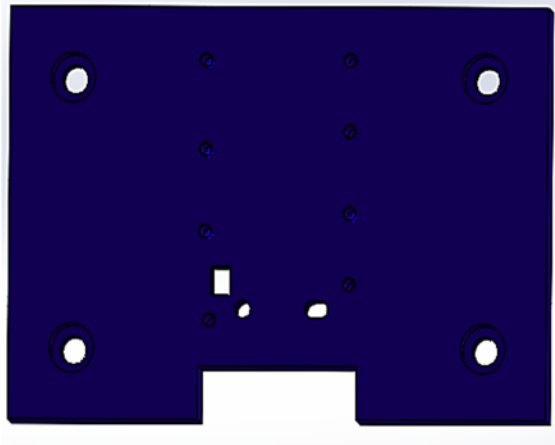


Figure IV.15 : La matrice

- **Dévêtisseur**

Il sert à extraire les poinçons de la bande ou de la pièce dans laquelle il a pénétré.

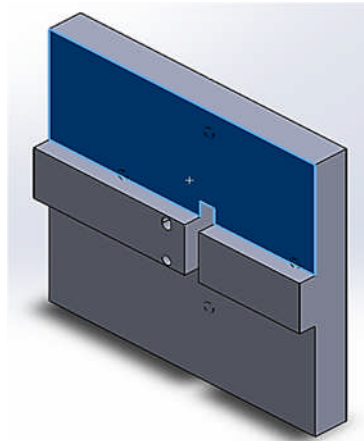


Figure IV.16 : Dévêtisseur

- **Nez de fixation** : c'est une bride qui assure la fixation de la partie active de l'outil sur le porte outils de la machine.

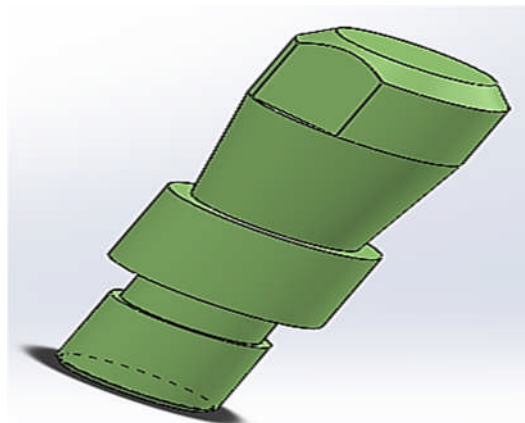


Figure IV.16 : Nez de fixation

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

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

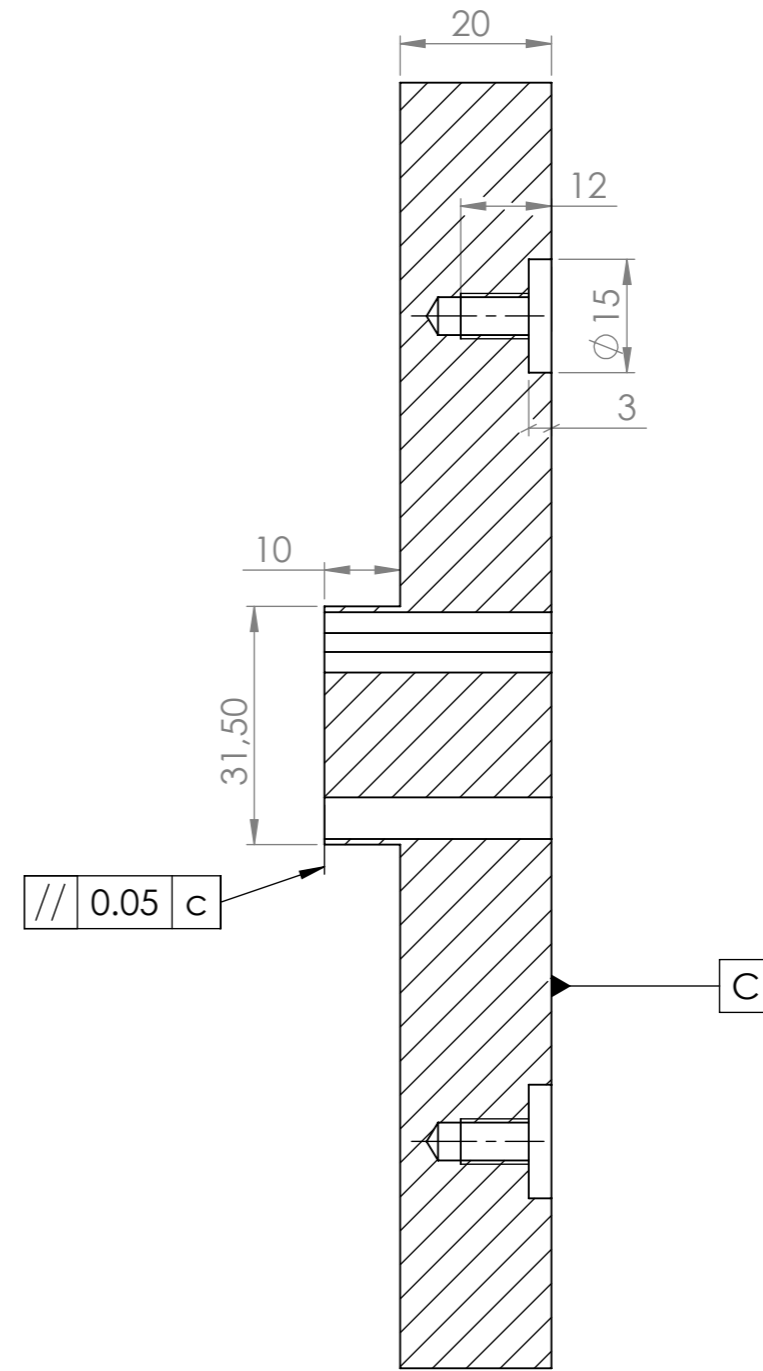
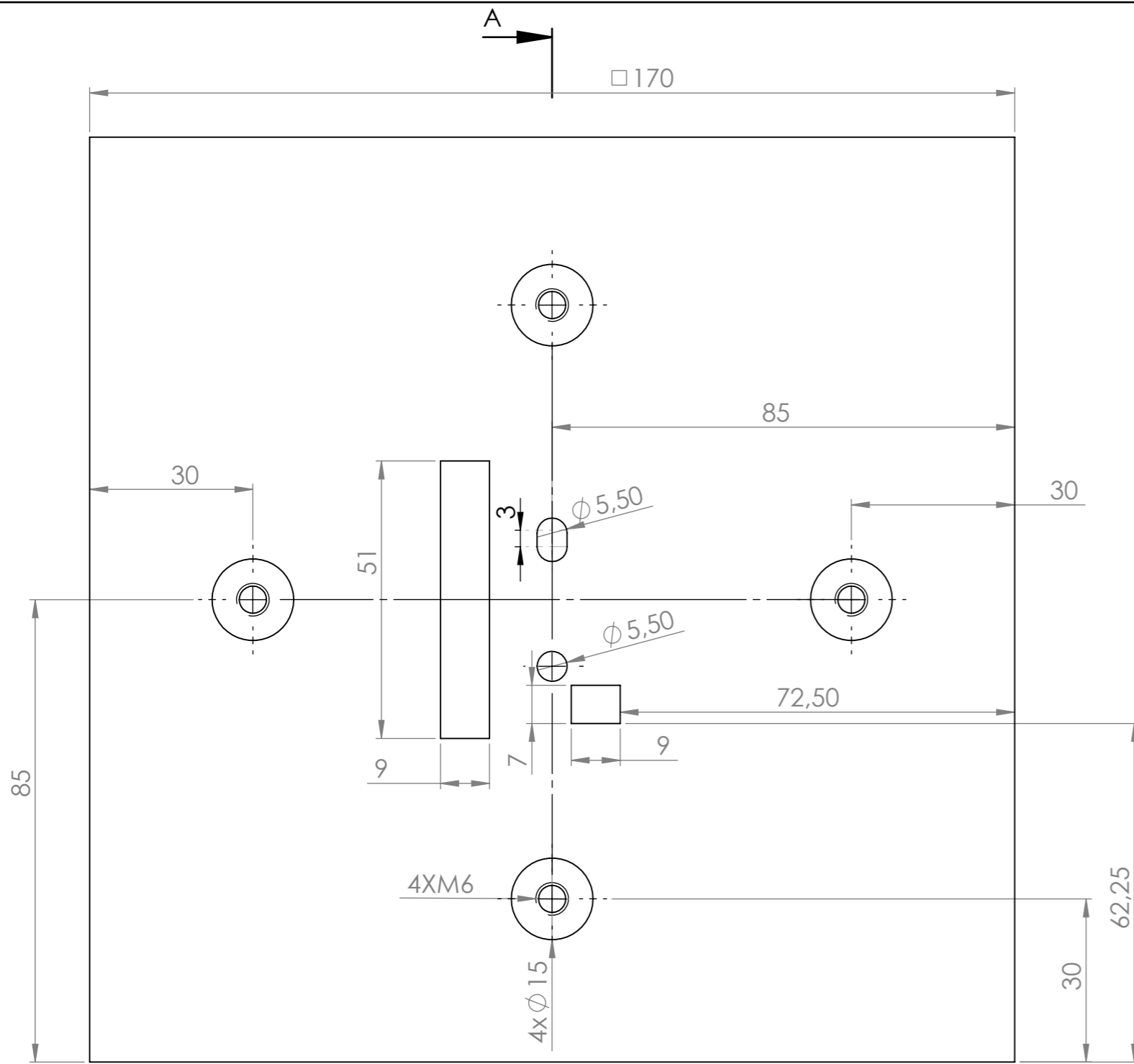
La conception de l'outil nous a permis de faire un travail de recherche sur les presses, leurs outils et de leur mise en œuvre.

La conception réalisée en utilisant le logiciel de conception assisté par ordinateur(CAO) nous a permis d'avoir les caractéristiques dimensionnelles et géométriques des différents composants de l'outil.

Enfin on peut dire que l'étude de l'outil proposé est suffisante pour sa réalisation et sa mise en marche au sein de l'entreprise.

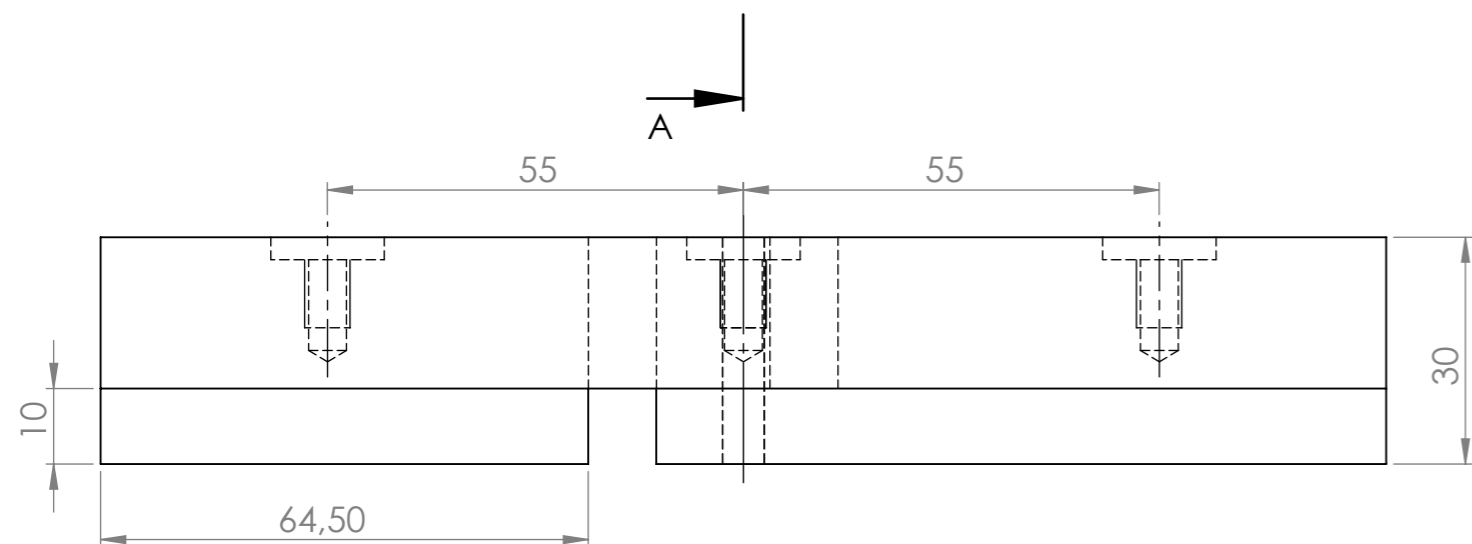
Références bibliographiques

- [1] Émerik Henrion. Développement d'une ligne de découpe automatisée. Génie mécanique [physics.class- ph]. 2014.
- [2] Etude et conception d'un outil à suivre à bande, Mr. SAADI, mémoire de fin d'étude promotion 2014.
- [3] Cours mise en forme des métaux, Mr. JERBI Mourad, 2018.
- [4] Déformation plastique des tôles à l'usage des techniciens en génie mécanique, par R. QUADREMER Edition DELAGRAVE.
- [5] Technique d'ingénieur.
- [6] Document de l'ENEL.
- [7] Ouvrage numérisé par la **bibliothèque Michel Serres, Ecole Centrale de Lyon** (Ecully, France).

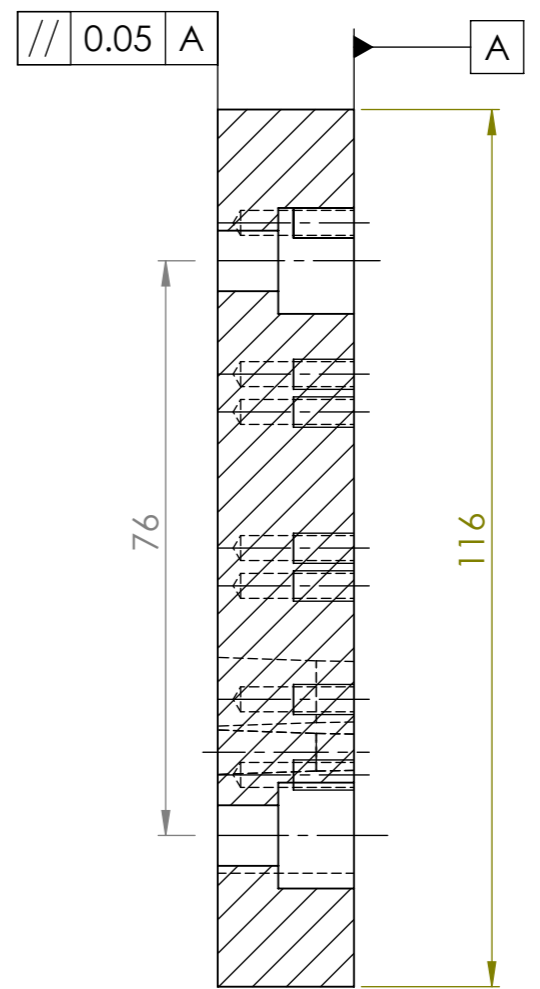
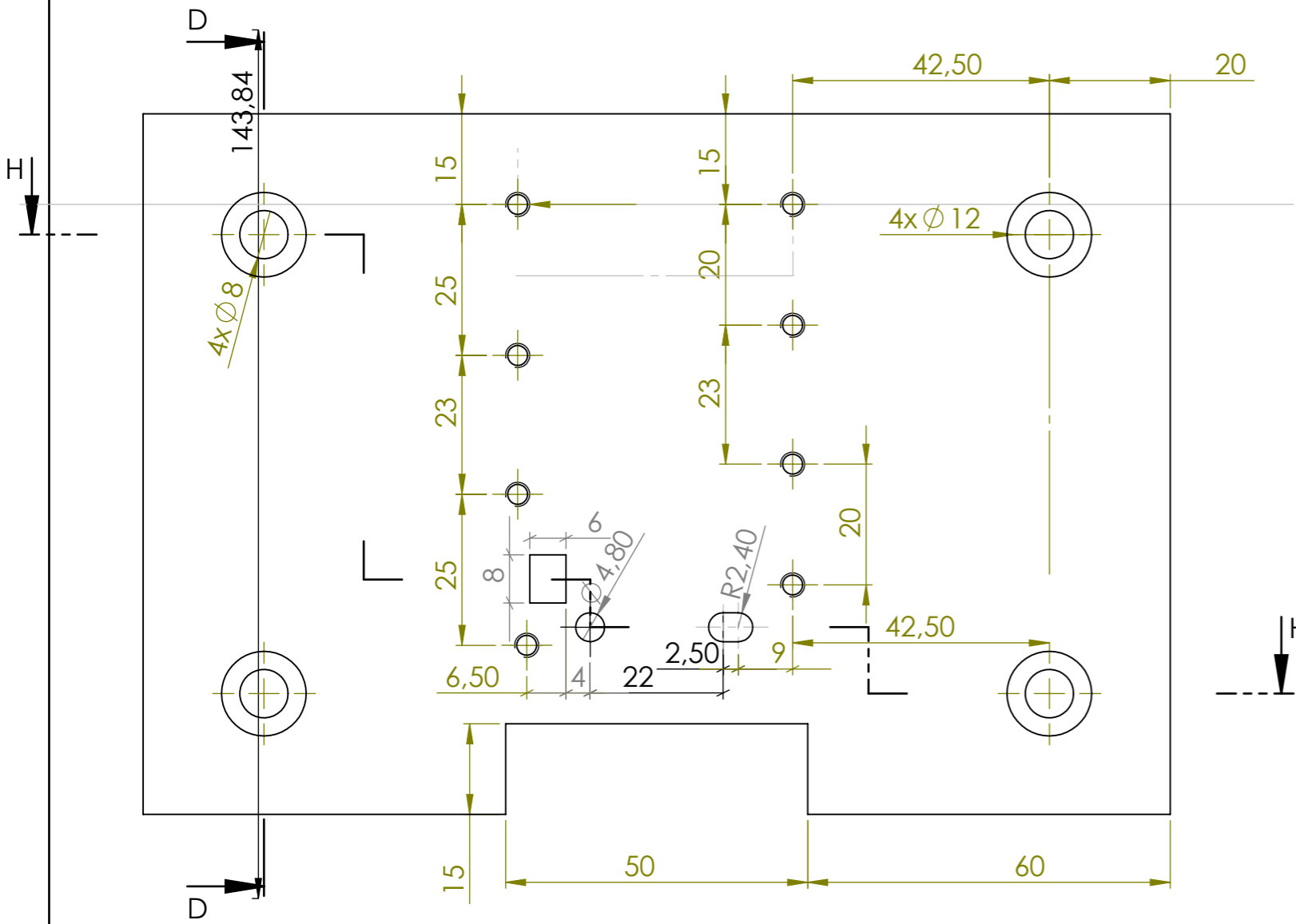


Tolerances 0.1
Ra=3.2
sauf indications

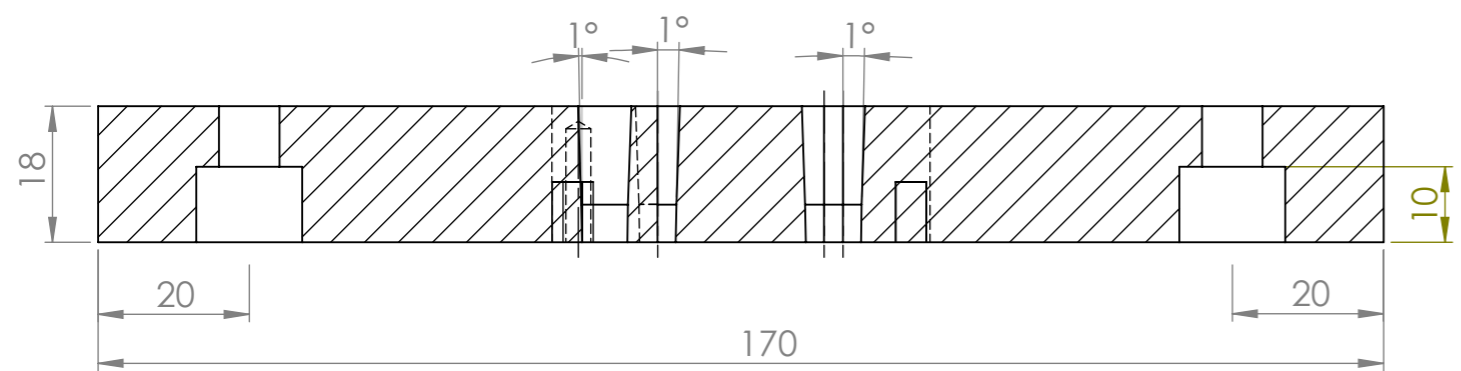
COUPE A-A



02	01	Dévêtisseur	St 60	
RF	NB	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELE 1:1		ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE DECOUPAGE D'UNE BARRE DE LIAISON D'UN MOTEUR ELECTRIQUE		AZI Lynda MEZIANE Samira
A3		UNIVERSITE MOULOU D MAMERI TIZI OUZOU		2019/2020
				MASTERE 2

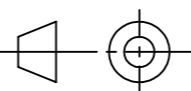


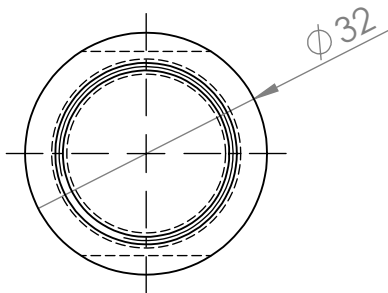
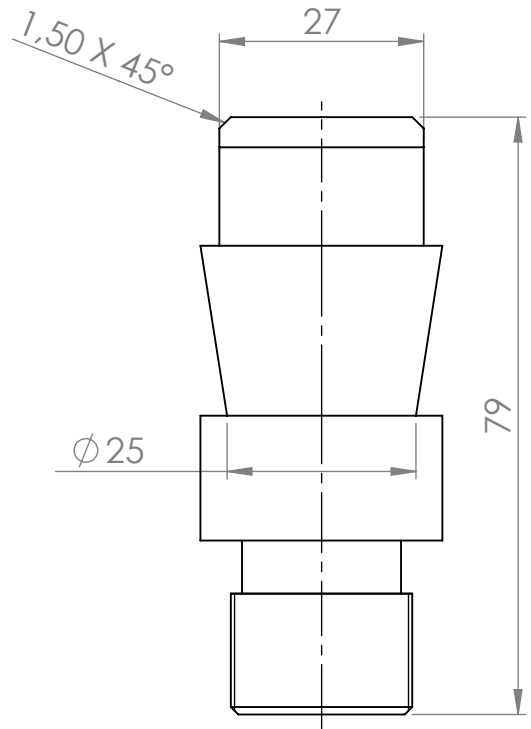
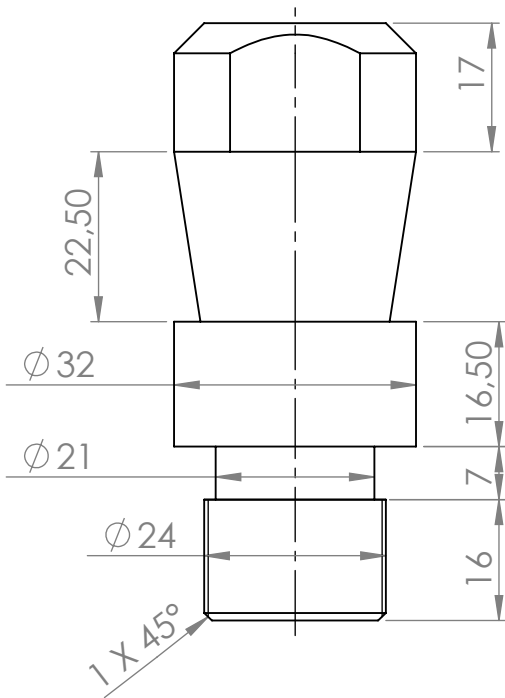
COUPE D-D



COUPE H-H

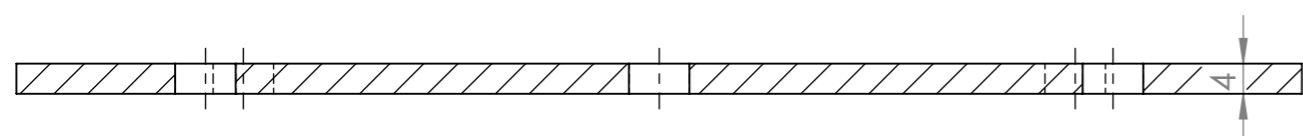
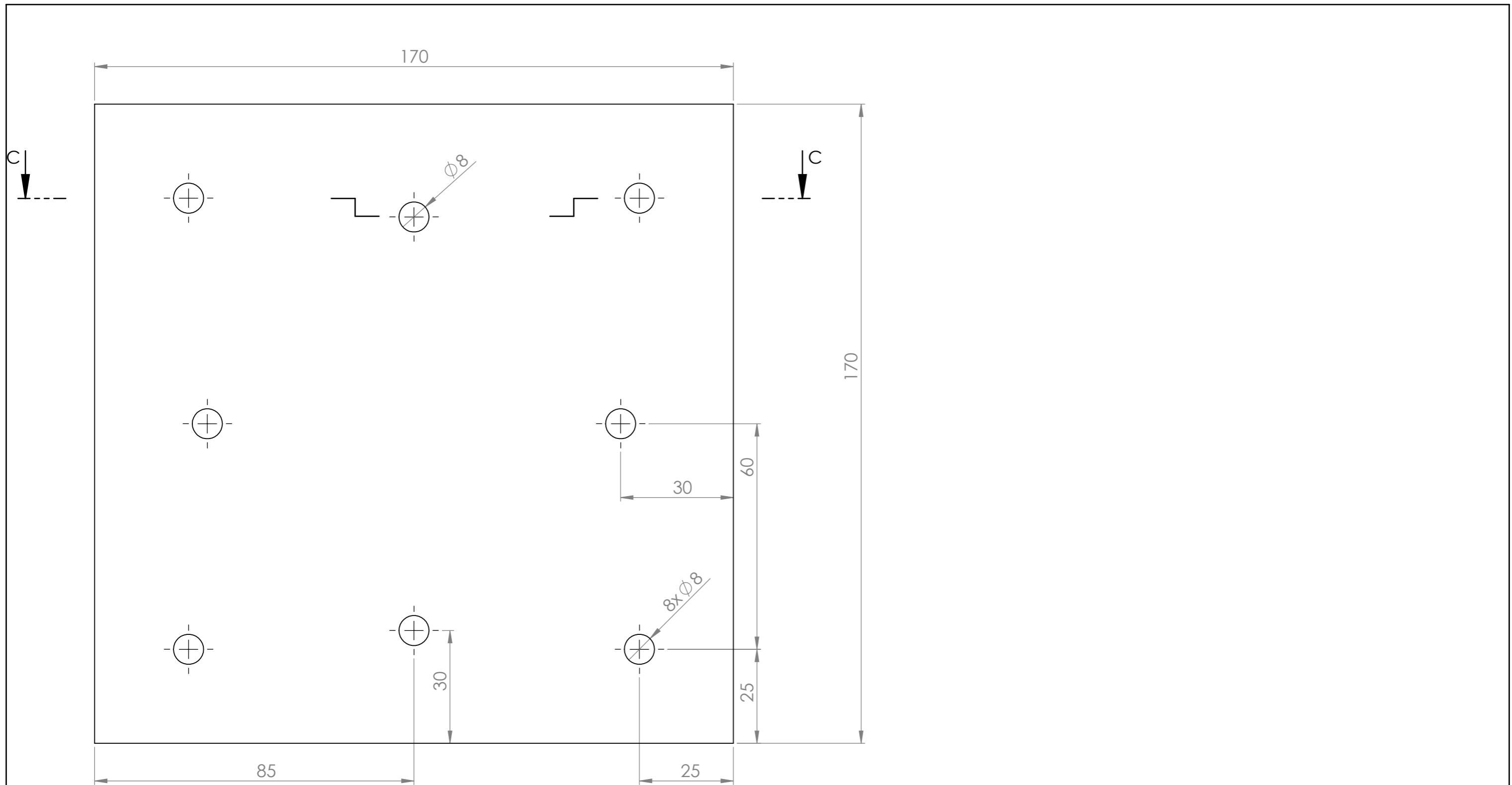
Tolerances ± 0.1
 Ra=3.2
 sauf indications

17	01	Matrice	Z200C 12	tempée à 60-62 HRC
RF	NB	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELE 1:1		ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE DECOUPAGE D'UNE BARRE DE LIAISON D'UN MOTEUR ELECTRIQUE	AZI Lynda MEZIANE Samira	
			2019/2020	
A3		UNIVERSITE MOULOU D MAMERI TIZI OUZOU	MASTERE 2	



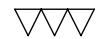
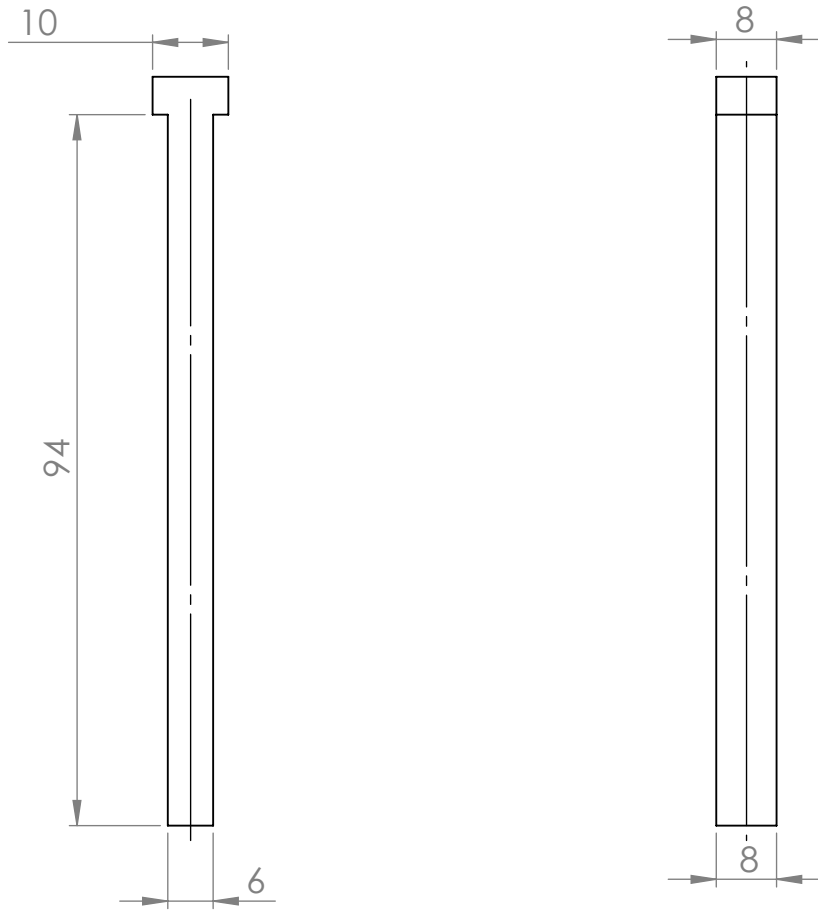
Rugosité Ra=3.2

06	1	NEZ	ST 60	
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech: 1/1		ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE DECOUPAGE D'UNE BARRE DE LIAISON POUR UN MOTEUR ELECTRIQUE		AZI Lynda MEZIANE Samira
				2019/2020
A4		Université Mouloud MAMMERI -tizi ouzou		MASTER II



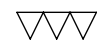
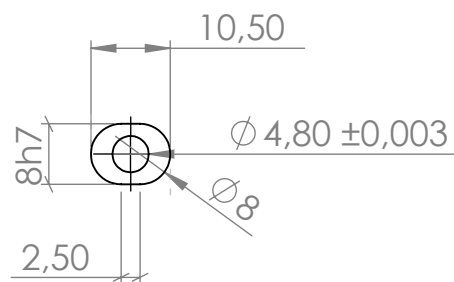
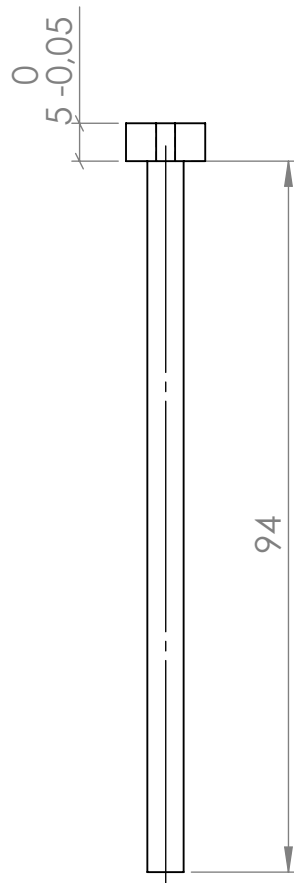
COUPE C-C

03	02	plaque de pression	XC65	
RF	NB	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELE 1:1		ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE DECOUPAGE D'UNE BARRE DE LIAISON D'UN MOTEUR ELECTRIQUE	AZI Lynda MEZIANE Samira	
			2019/2020	
A3		UNIVERSITE MOULOUD MAMERI TIZI OUZOU	MASTERE 2	



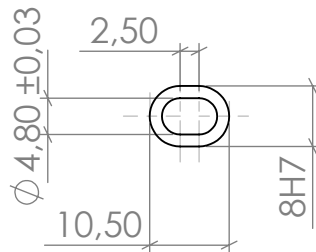
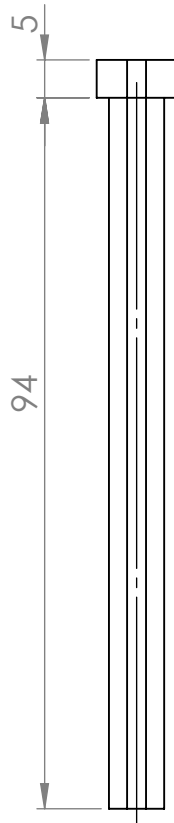
Tolérance ± 1.6
Sauf indication

07	01	poinçon (1)	Z200C12	Trempé 60-62 HRC
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/1		<p>ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE DECOUPAGE D'UNE BARRE DE LIAISON POUR UN MOTEUR ELECTRIQUE</p>	AZI LYNDA MEZIANE SAMIRA	
			2019/2020	
A4		Université Mouloud MAMMERI -tizi ouzou	MASTER II	



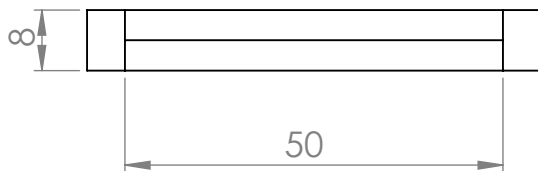
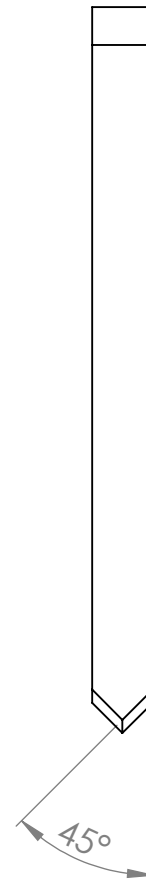
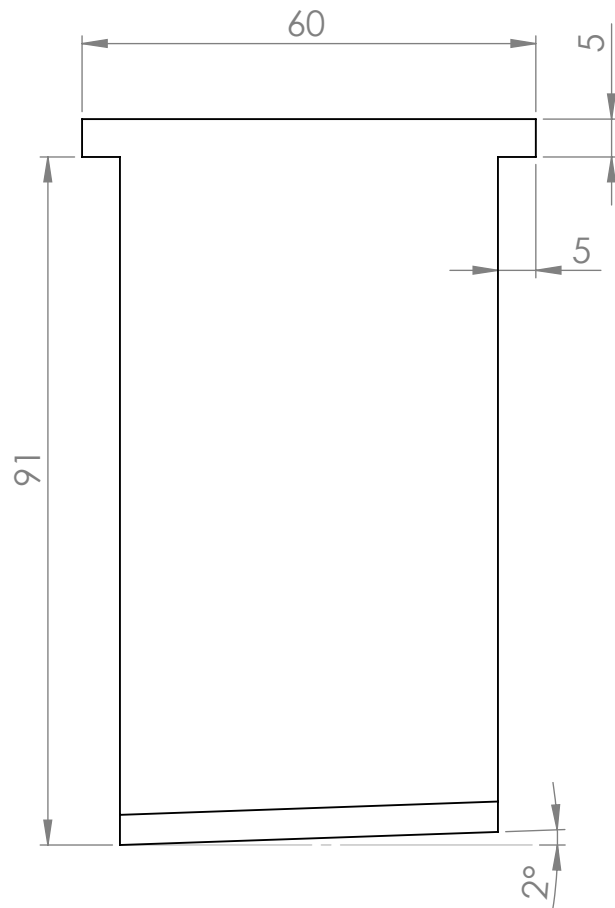
Tolérance ± 1.6
Sauf indication

08	01	Poinçon (2)	Z200C12	Trempé 60-62 HRC
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/1		ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE DECOUPAGE D'UNE BARRE DE LIAISON POUR UN MOTEUR ELECTRIQUE		AZI LYNDA MEZIANE SAMIRA
				2019/2020
A4		Université Mouloud MAMMERI -tizi ouzou	MASTER II	

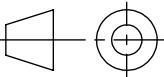


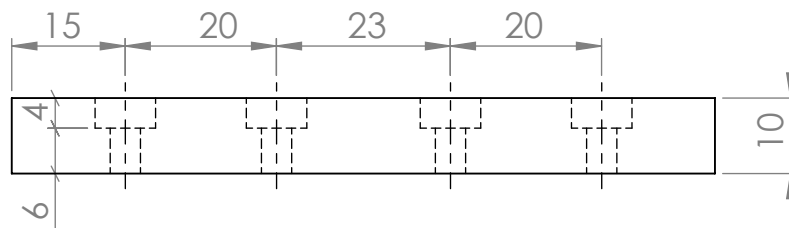
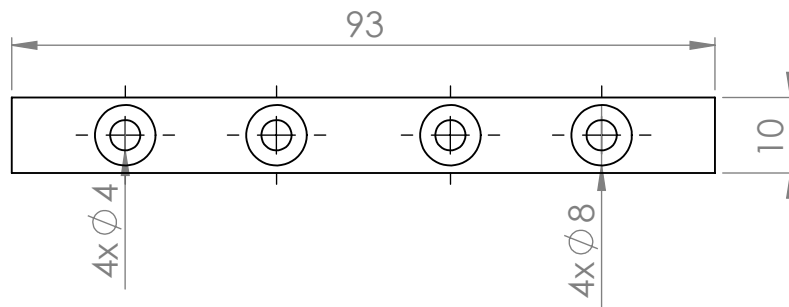
Tolérance ± 1.6
Sauf indication

09	01	Poinçon (3)	Z 200	Trempé 60-62 HRC
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/1		ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE DECOUPAGE D'UNE BARRE DE LIAISON POUR UN MOTEUR ELECTRIQUE	AZI LYNDA MEZIANE SAMIRA	
			2019/2020	
A4		Université Mouloud MAMMERI -tizi ouzou	MASTER II	



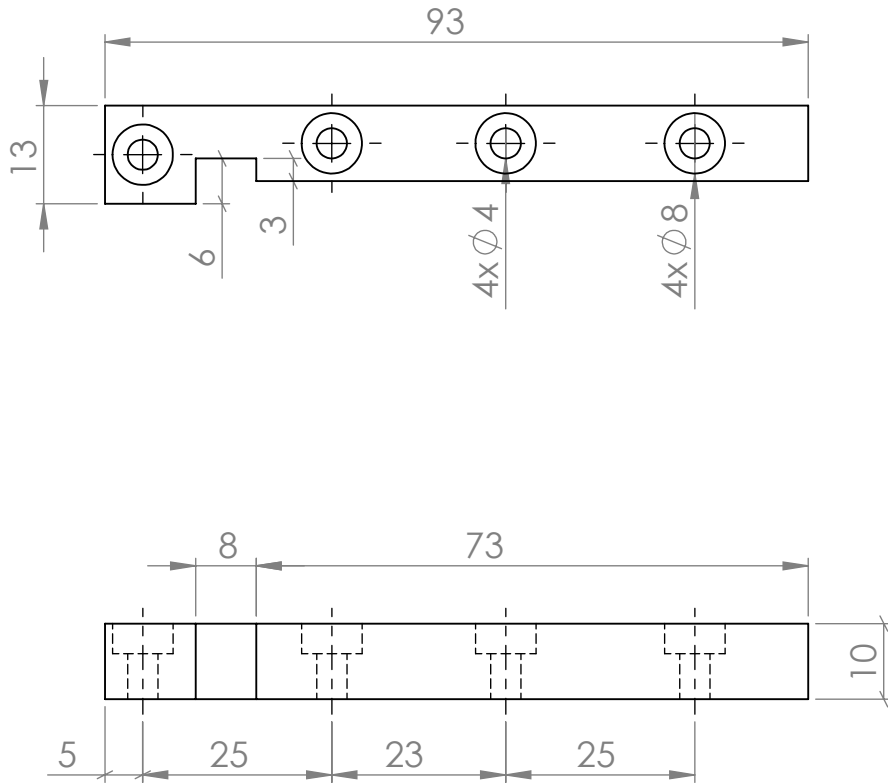
Tolérance ± 1.6
Sauf indication

09	01	poinçon (4)	Z200C12	Trempé 60-62 HRC
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech: 1/1	ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE DECOUPAGE D'UNE BARRE DE LIAISON POUR UN MOTEUR ELECTRIQUE			AZI LYNDA MEZIANE SAMIRA
				2019/2020
A4	Université Mouloud MAMMERI -tizi ouzou			MASTER II



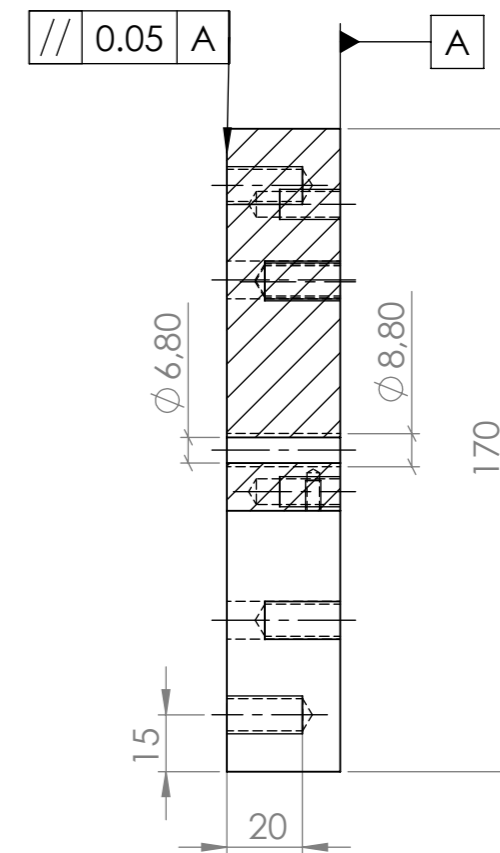
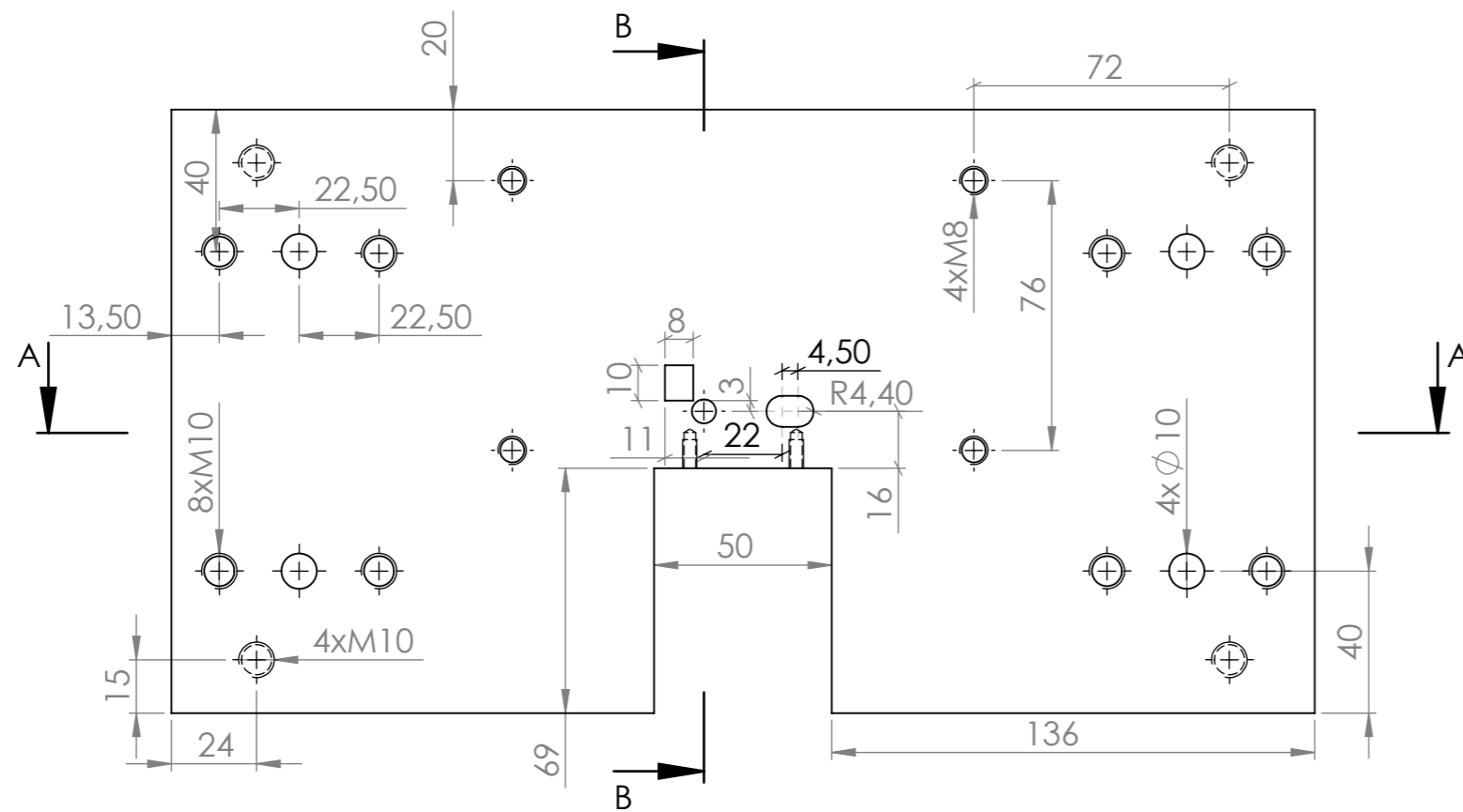
Tolérance ± 0.01
 Sauf indication
 Ra=3.2

20	01	Règle (1)	St60	
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/1		ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE DECOUPAGE D'UNE BARRE DE LIAISON POUR UN MOTEUR ELECTRIQUE		AZI LYNDA MEZIANE SAMIRA
				2019/2020
A4		Université Mouloud MAMMERI -tizi ouzou		MASTER II

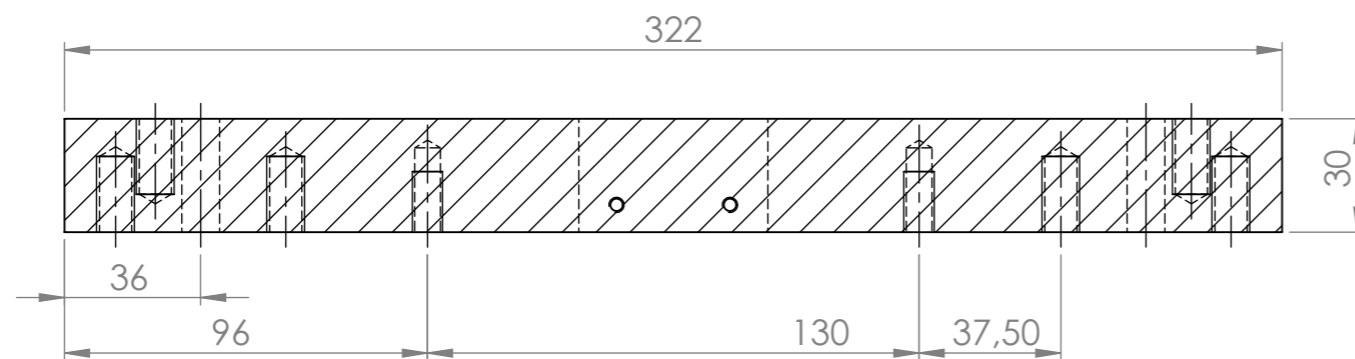


Tolérance ± 0.01
 Sauf indication
 Ra=3.2

19	01	Régle (2)	St 60	
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech: 1/1	ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE DECOUPAGE D'UNE BARRE DE LIAISON POUR UN MOTEUR ELECTRIQUE			AZI LYNDA MEZIANE SAMIRA
				2019/2020
A4	Université Mouloud MAMMERI -tizi ouzou			MASTER II



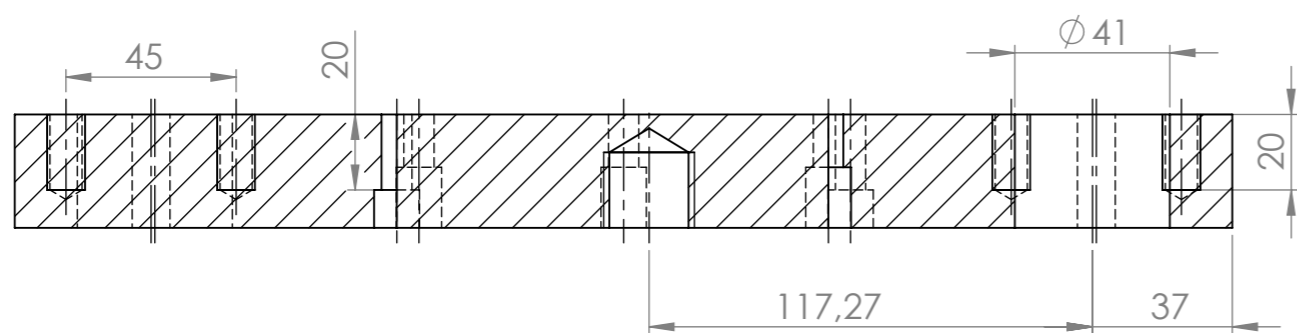
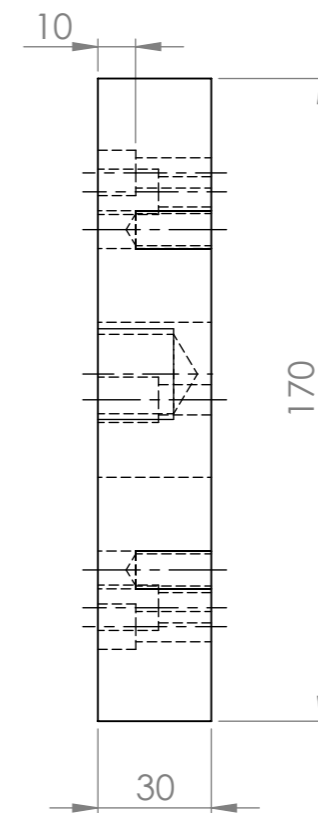
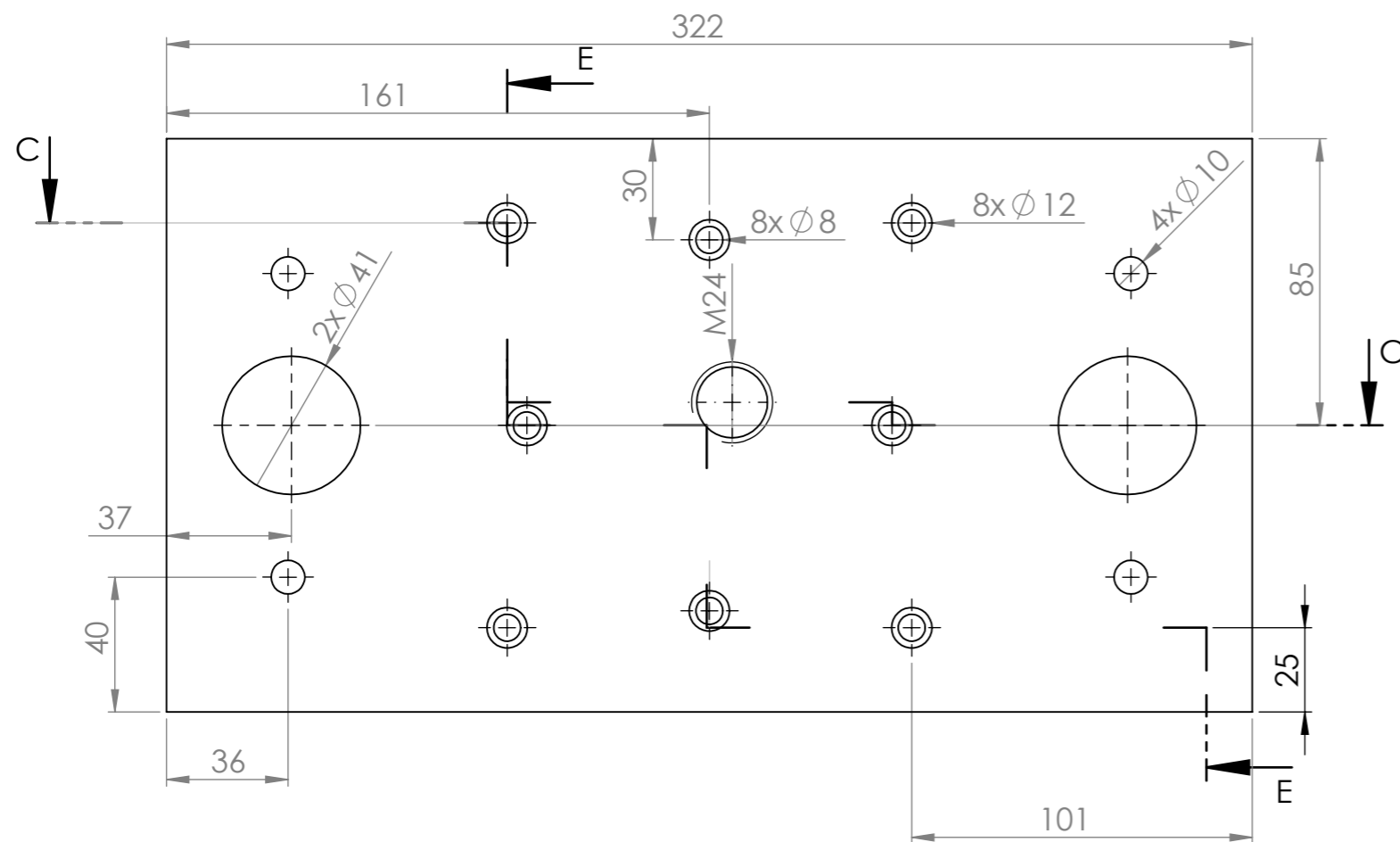
COUPE B-B



COUPE A-A

Tolerances ± 0.1
 Ra=3.2
 sauf indications

16	01	Semelle inférieure	S 235	
RF	NB	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELE 1:1		ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE DECOUPAGE D'UNE BARRE DE LIAISON D'UN MOTEUR ELECTRIQUE	AZI Lynda MEZIANE Samira	
			2019/2020	
A3		UNIVERSITE MOULOU D MAMERI TIZI OUZOU	MASTERE 2	



COUPE C-C

Ra = 1.6 sauf indication

01	01	Semelle supérieure	ST 37.2	
RF	NB	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELE 1:10			ETUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE DECOUPAGE D'UNE BARRE DE LIAISON D'UN MOTEUR ELECTRIQUE	AZI Lynda MEZIANE Samira
A3				UNIVERSITE MOULOU D MAMERI TIZI OUZOU
				MASTERE 2