

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



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES



*En vue de l'obtention du diplôme de
Master en Génie Mécanique
Option : Construction Mécanique*

Thème :

*Etude et conception d'un outil à stations de
poinçonnage et pliages de la nouvelle traverse de la
cuisinière ENHEM*



Proposé par :

Mr. M. CHALAL

Réalisé par :

Mr. OUBRAHAM Amar

Mr. BELKHIS Mohand

Encadré par :

Mr. A. BEHTANI

2019/2020

Remerciements

Nous tenons en premier lieu à remercier Dieu tout puissant, de nous avoir aidé et donné le courage pour arriver au terme de ce travail. Toute notre gratitude va pour nos familles qui nous ont soutenu avec tous les moyens pour assurer notre réussite.

Nos remerciements les plus sincères vont à notre promoteur, **Mr : A. BEHTANI** pour avoir bien voulu nous encadrer et pour ses précieux conseils et orientations. Nous le remercions d'avoir su partager son expérience et sa passion notamment dans le domaine de la conception mécanique.

Nous tenons à remercier **Mr : M. CHALAL** pour tout le temps qu'il nous a consacré.

Enfin, nos remerciements à toutes les personnes, qui de manière directe ou indirecte, ont contribué à l'aboutissement de ce travail.

Nous remercions chaleureusement les membres de jury qui nous feront l'honneur d'examiner notre travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail A :

MON chère grand-père.

Mes très chers parents qui sont toujours A mes côtés.

Mes sœurs et mon frère.

***Toute ma Famille et tous mes Amis qui m'ont toujours
soutenu.***

O. Amar

Je dédie ce travail à toute ma famille.

Mes parents.

Mes sœurs.

Tous mes amis (es) et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

Mohand

Liste des figures

CHAPITRE I. Procèdes de mise en forme des tôles

Figure I. 1 Bobinage de tôle.....	7
Figure I. 2 Bobine de tôle.	7
Figure I. 3 Le laminage.	8
Figure I. 4 Principe de fonctionnement des cylindres de laminoir.....	9
Figure I. 5 Laminage à chaud.	10
Figure I. 6 Train de laminage.	10
Figure I. 7 Laminage à froid.	10
Figure I. 8 Schéma d'une cage quarto de laminage.	11
Figure I. 9 Schématisation du principe du découpage mécanique des tôles.	12
Figure I. 10 Cisailage.....	12
Figure I. 11 Crevage.....	13
Figure I. 12 Encochage.....	13
Figure I. 13 Grignotage.	14
Figure I. 14 Ajourage.	15
Figure I. 15 Détourage.....	15
Figure I. 16 Soyage.	15
Figure I. 17 Poinçonnage.	16
Figure I. 18 Les différentes étapes de poinçonnage.....	18
Figure I. 19: Le poinçon et ses composant	19
Figure I. 19 Le poinçon et ses composantes	19
Figure I.20: matrice	20
Figure I. 20 matrice	20
Figure I. 21 Jeu de découpage.	20
Figure I. 22 Jeu de poinçonnage.	20
Figure I. 23 : Contrainte de compression sur le poinçon	24
Figure I. 24 : L'état d'un flambement du poinçon de découpage	25
Figure I. 25 Principe du pliage.	26
Figure I. 26 Pliage en V.	27
Figure I. 27 Pliage en V par frappe.	27
Figure I. 28 Pliage en V par l'air.	28
Figure I. 29 Pliage en U.....	28
Figure I. 30 Pliage en L.....	29
Figure I. 31 Le rayon intérieur de pliage.....	29
Figure I. 32 Le retour élastique.	30

CHAPITRE II. Généralité sur les presses

Figure II. 1 Presse hydraulique	31
Figure II. 2 La presse à vis	32
Figure II. 3 presse mécanique	32
Figure II. 4 presse à simple effet	33
Figure II. 5 Presse à double effets	33
Figure II. 6 Presse à triple effets	34
Figure II. 7 Presse à col de cygne	34
Figure II. 8 presse à arcade	35
Figure II. 9 presse à montant droit.....	35
Figure II. 10 presse à colonne	36
Figure II. 11 presse à table mobile et bigorne	36
Figure II. 12 Outil simple découvert.....	39
Figure II. 13 : Outil buté à découvert	40
Figure II. 14 : Outil à engrenages	40
Figure II. 15 Outil à presse bande	41
Figure II. 16 outil suisse.....	42
Figure II. 17 Outil de détournage normal	42
Figure II. 18 Outil de détournage à Ras	43
Figure II. 19 Outil de détournage-poinçonnage.....	43
Figure II. 20 deux outils de reprise faits avec SolidWorks	44
Figure II. 21 Outil de poinçonnage à serre-flan.....	44
Figure II. 22 Outil combiné	44
Figure II. 23 Outil à came.....	45
Figure II. 24 Outil direct.....	45
Figure II. 25 Outil inverse	46

Chapitre III. Généralité sur les matériaux et les aciers

Figure I. 1 Le bronze.....	56
----------------------------	----

Chapitre IV. Etude et conception de l'outil

Figure IV. 1 1 la nouvelle traverse avec le logiciel CAO.....	57
Figure IV. 2 prototype de l'ancienne et la nouvelle traverse de la cuisinière ENIEM.....	57
Figure IV. 3 Emplacement de la pièce	59
Figure IV. 4 Périmètre de poinçon 1.....	60
Figure IV. 5 périmètre de poinçon 2.....	60
Figure IV. 6 périmètre de poinçon 3.....	60
Figure IV.7Figure IV. 7 périmètre de poinçon 4 périmètre de poinçon 4.....	61
Figure IV. 8 périmètre de poinçon 5.....	62
Figure IV. 9 longueur de pli 1.....	62
Figure IV. 10 longueur de pli 2.....	63
Figure IV. 11 longueur de pli 3.....	63
Figure IV. 12 longueur de pli 4.....	63
Figure IV. 13 longueur de pli 4.....	64
Figure IV. 14 longueur de pli 6.....	64
Figure IV. 15 longueur de pli 7.....	65
Figure IV. 16 Classification des ressorts par couleur.....	65
Figure IV. 17 Schéma de dimensionnement d'un Ressort	69
Figure IV. 18 semelle inférieur.....	71
Figure IV. 19 Les tasseaux	71
Figure IV. 20 L'ensembles des matrices inférieures de poinçonnage (1,2,3,4) et de pliage (5)	72
Figure IV. 21 Embase et butée de fin de course.....	73
Figure IV. 22 Colonne de guidage	73
Figure IV. 23 Porte matrice de poinçonnage	74
Figure IV. 24 Partie fixe de l'outil.....	74
Figure IV. 25 poinçon	75
Figure IV. 26 semelle supérieur	76
Figure IV. 27 Embase supérieur	77
Figure IV. 28 Serre flan de poinçonnage (1) et pu pliage (2).....	78
Figure IV. 29 Porte poinçon	78
Figure IV. 30 Matrice de pliage	78
Figure IV. 31Partie mobile de l'outil	79
Figure IV. 32 Outil complète assemblé.....	80

Liste des tableaux

Chapitre I. Procédés de mise en forme des tôles

Tableau.I 1 Résistance au cisaillement (Rc) de quelques matériaux.....	22
--	----

Chapitre II. Généralités sur les presses et leurs outils

Tableau II. 1 .Avantages et inconvénients des presses hydrauliques et les presses mécaniques [5] ..	37
---	----

Chapitre III. Généralités sur les matériaux

Tableau III. 1: choix des aciers à outils, en fonction du matériau travaillé et de l'importance de la série. (formes simple, dimension de la pièce : 20*50 mm, épaisseur :1.3 mm).	49
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).....	50
Tableau III. 3 Principaux aciers au carbone. [6].....	51
Tableau III. 4 Aciers non alliés général-série A- (acier ne devant pas subir de traitement thermique – soudabilité).....	52
Tableau III. 5 Quelques valeurs de dureté après le revenu pour les aciers Z200 C12 (X210CrW12).	54
Tableau III. 6 Matériaux utilisés pour la conception de l'outil	55

Chapitre IV. Etudes et conception de l'outil

Tableau IV. 1 dimensions de la pièce	58
--	----

Tableau IV. 2 propriétés mécanique de la pièce	58
Tableau IV. 3 Composition chimique de la pièce	58
Tableau IV. 4 Ressort à couleur rouge (charge forte).	70

SOMMAIRE

Introduction général	1
Présentation de l'entreprise.....	2

CHAPITRE I : Procèdes de mise en forme des tôles

I.1 Introduction	6
I.2 La tôle.....	7
I.2.1 Définition.....	7
I.3 Procédé d'obtention des tôles.....	8
I.3.1 Le laminage.....	8
I.3.1.1 Le laminoir :.....	8
I.3.1.2 Les types de laminage	9
I.4 Découpage	11
I.4.1 Définition.....	11
I.4.2 Principe.....	11
I.4.3 Quelques Types de découpage.....	12
I.4.3.1 Cisailage.....	12
I.4.3.2 Crevage.....	12
I.4.3.3 Encochage.....	13
I.4.3.4 Le grignotage	13
I.4.3.5 Ajourage	13
I.4.3.6 Détourage.....	14
I.4.3.7 Soyage	14
I.5 Le poinçonnage	15
I.5.1 Définition	15
I.5.2 Principe.....	16
I.5.3 Les principaux outils de poinçonnage	18
I.5.3.1 Le poinçon	18
I.5.3.2 La matrice	18
I.6 Influence des paramètres de l'opération de découpage et poinçonnage.....	19
I.6.1 Jeu de découpage :.....	19
I.6.2 Paramètres liés au réglage de l'outil :.....	19

I.6.2.1	Le serre-flan :.....	20
I.6.2.2	Pénétration du poinçon dans la matrice :	20
I.6.2.3	Vitesse de découpage :.....	20
I.6.3	Paramètres liés à l'usure de l'outil	20
I.6.3.1	Lubrification.....	20
I.6.3.2	Matériaux à outil	21
I.6.3.3	Les efforts qui rentrent dans l'opération	21
I.6.3.4	Les contraintes appliquées sur les poinçons	22
I.7	Le pliage	24
I.7.1	Définition	24
I.7.2	Le principe	24
I.7.3	Les modes de pliage	24
I.7.3.1	Le pliage en Vé.....	25
I.7.3.2	Le pliage en U	26
I.7.3.3	Le pliage en L.....	27
I.7.4	Effort de pliage	27
I.7.5	Rayon minimum de pliage.....	27
I.7.6	Paramètres influents sur l'opération de pliage :	28
I.7.6.1	Le rayon de la matrice de pliage.....	28
I.7.6.2	Le jeu de pliage.....	28
I.7.6.3	Le retour élastique	28
I.8	CONCLUSION.....	29

CHAPITRE II : Généralités sur les presses et leurs outils

II.1	Introduction.....	30
II.2	Généralités sur les presses	30
II.2.1	Définition de la presse	30
II.2.2	Classification des presses.....	30
II.2.2.1	Les presses selon le mode de transmission d'énergie	31
II.2.2.2	Selon le nombre des coulisseaux	33
II.2.2.3	Selon la forme de bâti.....	34

II.3	Caractéristiques d'une presse	36
II.4	Exigence de choix d'une presse [2].....	37
II.5	Sécurité sur les presses : [2]	37
II.6	Avantages et inconvénients des presses hydrauliques et les presses mécaniques [5].....	37
II.7	Les outils de presse	38
II.7.1	Définition : [2]	38
II.7.2	Différents constituants d'un outil de presse [3].....	39
II.7.2.1	Poinçon	39
II.7.2.2	Matrice	39
II.8	Différents types d'outils de presse [4].....	39
II.8.1	Outil de découpage.....	39
II.8.1.1	Outil simple découvert.....	39
II.8.1.2	Outil buté à découvert.....	40
II.8.1.3	Outil à contre plaque	40
II.8.2	Outil suisse (outil bloc) : [2]	41
II.8.3	Outil de détournage.....	42
II.8.3.1	Outil de détournage normal	42
II.8.3.2	Outil de détournage à Ras.....	43
II.8.3.3	Outil de détournage-poinçonnage.....	43
II.8.4	Les outils de reprise	43
II.8.5	Outil de poinçonnage à serre-flan	44
II.8.6	Outil combiné	44
II.8.7	Outil à came.....	45
II.8.8	Outil monté sur une presse à simple effet [2]	45
II.8.8.1	Outil direct.....	45
II.8.8.2	Outil inverse.....	45
II.9	Montage des outils sur les presses.....	46
II.9.1	Petites presses	46
II.9.2	Grosses presses.....	46
II.10	Conclusion	47

Chapitre III : Généralités sur les matériaux

III.1 Introduction.....	48
III.2. Caractéristiques du matériau de l'outil [6].....	48
III.3. Critères du choix des métaux.....	49
III.4. Matériaux de base [6].....	50
III.4.1. Les aciers.....	51
III.4.1.1 Quelques caractéristiques des aciers au carbone.....	52
III.4.1.2 Les principaux aciers.....	52
III.5 Traitements thermiques.....	53
III.5.1 La trempe : (727+50° et plus).....	53
III.5.2 Le revenu : (entre 180°C et A_{c1}).....	53
III.5.3 Traitement thermique de diffusion	54
III.5.3.1 Cémentation : (920 à 950°C).....	54
III.5.3.2 Nitruration : (500 à 570 °C.....	54
III.6. Le bronze.....	56
III.6.1. Utilisation du bronze.....	56
III.7 conclusion.....	56

CHAPITRE IV. Etude et conception de l'outil

<u>IV.1</u>	<u>Introduction</u>	57
<u>IV.2</u>	<u>Travail demandé</u>	57
<u>IV.3</u>	<u>Le cahier des charges</u>	58
<u>IV.3.1</u>	<u>Définition</u> :.....	58
<u>IV.3.2</u>	<u>Propriétés mécanique de la pièce</u>	58
<u>IV.3.3</u>	<u>Composition chimique de la pièce</u>	58
<u>IV.3.4</u>	<u>Emplacement de la pièce</u>	59
<u>IV.4</u>	<u>Etude de l'outil</u>	59
<u>IV.4.1</u>	<u>Calcul des efforts de poinçonnage</u>	59
<u>IV.4.2</u>	<u>Détermination de l'effort de pliage</u>	62
<u>IV.4.3</u>	<u>Calcul de l'effort total de coupe</u>	66
<u>IV.4.4</u>	<u>Calcul de l'effort de dévêtisse</u>	66
<u>IV.4.5</u>	<u>Calcul de l'effort total que doit fournir la presse (F pr)</u>	67
<u>IV.4.6</u>	<u>Nombre et choix de ressorts</u>	68
<u>IV.4.6.1</u>	<u>Calcul de la raideur de ressort</u>	68
<u>IV.5</u>	<u>Les éléments constituant l'outil</u>	70
<u>IV.5.1</u>	<u>Partie inférieure</u>	70
<u>IV.5.2</u>	<u>Partie supérieure</u>	76
Conclusion	78
Conclusion générale	81

Introduction générale

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. Et 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.

Parmi les principaux procédés apparus récemment afin d'assurer la production en grande série, se trouve le formage. Ce procédé regroupe plusieurs techniques dont on peut citer (le poinçonnage, crevage, encochage, ajourage, détournage...

Les techniques les plus répandue dans l'industrie sont le pliage et poinçonnage. Néanmoins chaque pièce à produire nécessite la mise au point d'un outillage approprié qui permet une production en série de qualité constante, et les intérêts économiques et technologiques de l'emboutissage sont indéniables : grandes cadences de production, qualité géométrique et mécanique des pièces et faible taux de chutes.

Malgré ces moyens modernes fascinant par leur facilité, ils ne déchargent pas le concepteur de toute réflexion, ils exigent bien des connaissances plus étendues pour être utilisées efficacement à travers de nombreuses tâches.

Le bureau d'études de l'entreprise ENIEM nous a chargés de concevoir un outil qui va servir à fabriquer une pièce avec une géométrie bien déterminée basant sur l'opération de pliage et poinçonnage, l'étude de cet outil est de manière à satisfaire certaines exigences comme la résistance de cet outil à l'effort de l'opération, produire des pièces désirables, pour cela nous avons organisé notre travail comme suit :

Après une introduction générale et une présentation de l'entreprise nationale de l'industrie électroménagère ENIEM, le premier chapitre traite la procédure de découpage et ses divers paramètres, puis dans le second chapitre nous présentons les machines utilisé (presses) et leurs outils pour la réalisation de ces procéder. La partie théorique a été développée dans le troisième chapitre qui est les matériaux utilisés, dans notre cas le matériau le plus utilisé c'est l'acier alors on a présenté les propriétés, les classes et les domaines d'utilisation de ce matériau, ensuite elle vient la partie principale de l'étude qui est la conception de l'outil, l'objet de notre travail, et c'est la dernière partie. Avant la mise en plan de toutes les pièces composant cet outil. Nous terminons notre mémoire par une conclusion générale.



1. Présentation de l'entreprise

L'entreprise nationale des industries électroménagères ENIEM est née après la restriction de l'entreprise mère SONELEC le 02 janvier 1983, dont cette dernière a été datée en août 1971.

En 1989, l'entreprise a connu une baisse brusque de production due à la concurrence du marché. Cette situation a provoqué sa transformation en société par action dans le but d'améliorer la recherche et le développement de ses produits à l'échelle nationale.

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

- Climatisation, cuisson, réfrigération et conservation à (Oued Aissi).
- Sanitaire (Miliana).
- Filiale lampe (Mohammedia).

Elle est située à la zone industrielle AISSAT IDIR de Oued Aissi à 7 Km du chef-lieu de la wilaya Tizi-Ouzou à la proximité de la route nationale, ce qui facilite son accès. Sa direction générale est située à la sortie de sud-ouest de la ville de Tizi-Ouzou.

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

2. Mission et objectifs de l'ENIEM

2-1. Mission de L'ENIEM

La mission de l'ENIEM est la fabrication, le montage, le développement et la commercialisation des appareils ménagers, le développement et la recherche dans le domaine des branches clés de l'électroménager notamment :

- Appareil de réfrigération.
- Appareil de congélation.
- Appareil de climatisation.
- Appareil de cuisson.
- Petits appareils ménagers « PAM ».

2-2. Mission des unités

➤ *Unité Froid*

Elle est chargée de la production des équipements, produits et composants relevant du domaine du froid (réfrigérateur).

➤ *Unité Cuisson*

Elle s'occupe de la production des équipements produits et composants relevant du domaine de la cuisson (cuisinière).

➤ *Unité Climatisation*

Elle assure la production des équipements, produits et composants relevant du domaine De la climatisation (climatiseurs et petit appareils ménagers).

➤ *Unité Prestation Technique*

Elle réalise des travaux ou prestations techniques et services pour le compte des autres unités ou pour des clients externes.

➤ ***Unité Commerciale***

Elle est chargée de la commercialisation des produits fabriqués par les unités de production.

➤ ***Unité sanitaire***

L'unité sanitaire de Miliana est acquise par l'entreprise ENIEM en l'an 2000. Elle n'entre pas dans le champ de certification de l'entreprise. La mission globale de l'unité est de produire et développer les produits sanitaires (baignoires, lavabos ...).

➤ ***Filiale Filamp***

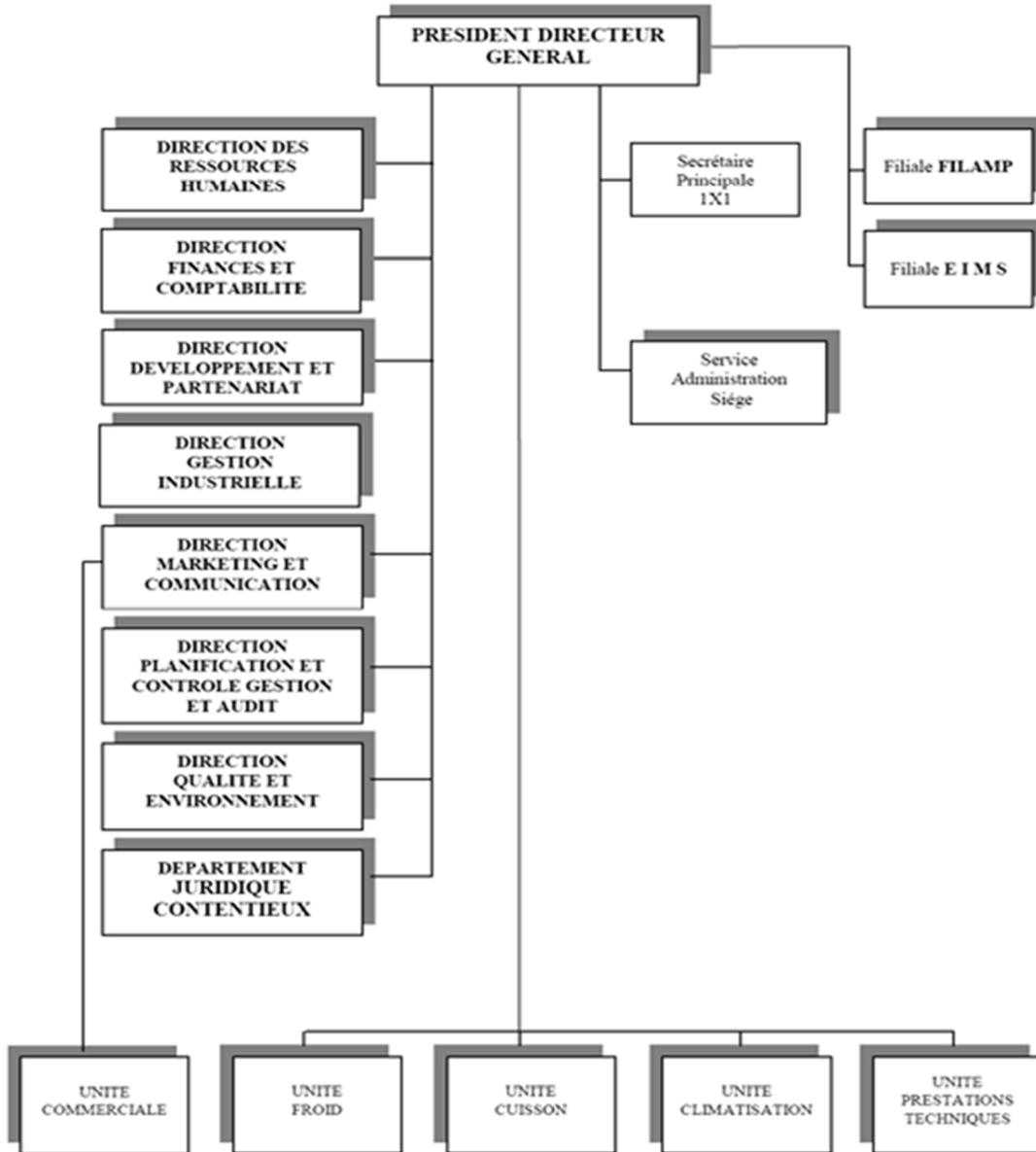
L'Unité Lampes de Mohammedia (ULM) qui a démarré en février 1979 pour fabriquer des lampes d'éclairage domestique ainsi que des lampes de réfrigérateurs est devenue filiale à 100% ENIEM le 01/01/1997. Cette filiale est dénommée « FILAMP ».

3. Objectif de L'ENIEM

L'ENIEM s'est assignée plusieurs objectifs afin d'assurer un impact plus performant au niveau de ses fonctions à savoir :

- L'amélioration de la qualité des produits.
- L'augmentation des capacités d'études et de développement.
- L'amélioration de la maintenance d'outils de production et des installations.
- La réduction des couts et de la relance d'autres sources de revenus.
- L'augmentation du volume de production en corrélation avec les variations de la demande (marché local, externe).
- Le renforcement de la sécurité du patrimoine et des installations.
- La restriction comme processus irréversible et impératif à la suivie de l'entreprise.
- Réduire les charges des structures.
- Le placement de son produit à l'échelle internationale.

ORGANIGRAMME GENERAL DE L'ENIEM



Chapitre1 : Procédés de mise en forme des tôles

I.1 Introduction

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

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

I.2 La tôle

I.2.1 Définition

Les tôles sont des produits plats de section droite presque rectangulaire et dont la largeur est très supérieure à l'épaisseur tirés des brames par laminage à froid pour les tôles minces, dont l'épaisseur est inférieure à 3 mm ; ou à chaud, C'est-à-dire que les plaques d'acier, issues de la coulée, sont réchauffées entre 800 et 1200°C puis écrasées par un passage successif entre deux rouleaux jusqu'à obtention de l'épaisseur voulue. Elles sont conditionnées en bobines, en bandes refendues ou en feuilles.

Les dimensions varient en fonction de l'acier (nuance et type), de l'épaisseur et des revêtements appliqués, On distingue :

➤ **Suivant leurs épaisseurs :**

- 1) Les tôles fines (< 3 mm).
- 2) Les tôles fortes (> 3 mm).

➤ **Suivant leurs finitions :**

- 1) La tôle noire dont les faces ont un fini brut, sans revêtement.
- 2) La tôle galvanisée, pour sa part, elle dotée d'un revêtement anticorrosion au niveau de ses deux faces.
- 3) La tôle pré laquée qui présente une surface anticorrosion comme chez la galvanisée, en-dessus de laquelle on ajoute une/des couches de peinture.

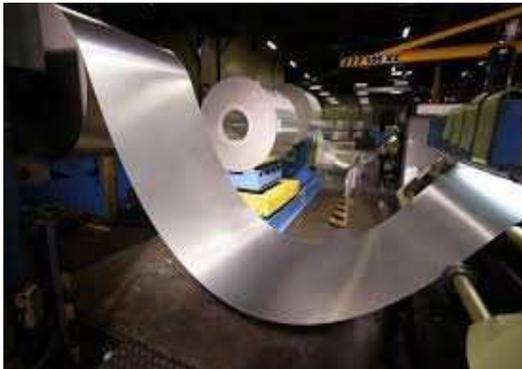


Figure I.1 : Bobinage de tôle.



Figure I.2 : Bobine de tôle.

I.3 Procédé d'obtention des tôles [1]

I.3.1 Le laminage

Le laminage est un procédé de fabrication par déformation plastique. Il concerne différents matériaux comme le métal ou tout autre matériau sous forme pâteuse comme le papier ou les pâtes alimentaires. Cette déformation est obtenue par compression continue au passage entre deux cylindres lisses ou cannelés, contrarotatifs (tournant en sens inverse l'un de l'autre) appelés « laminoir » ce mouvement de rotation produit engendre un effet de compression diminuant continuellement l'épaisseur initiale du matériau.

Il existe aussi des opérations de laminage particulières utilisant plus de deux rouleaux.

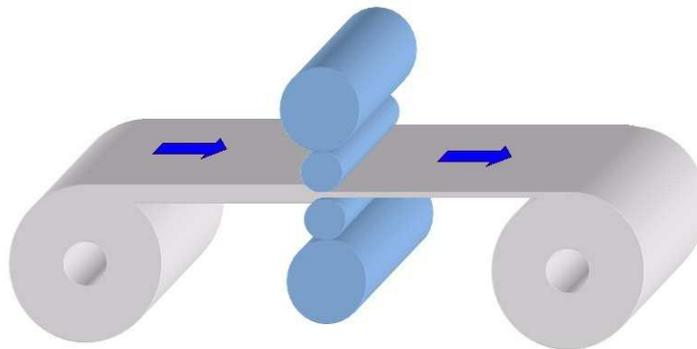


Figure I.3 : Le laminage.

I.3.1.1 Le laminoir :

Un laminoir est un outil industriel servant généralement à amincir des morceaux métalliques en réduisant leurs épaisseurs. Cet instrument permet aussi l'étalage, l'aplatissement et le découpage des pâtes alimentaires jusqu'à obtention de la forme et l'épaisseur souhaitée.

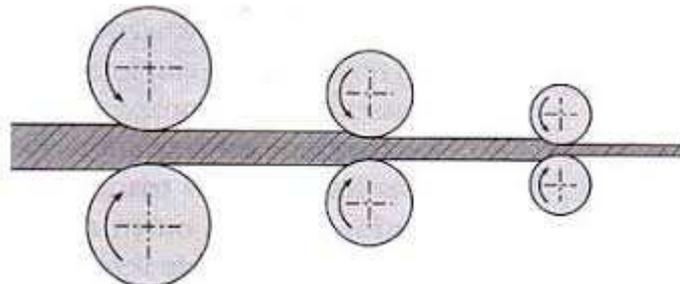


Figure I.4 : Principe de fonctionnement des cylindres de laminoir.

I.3.1.2 Les types de laminage**➤ Le laminage à chaud**

Pour les tôles fortes si l'épaisseur est supérieure à 3 mm et les tôles minces si l'épaisseur est inférieure à 3 mm Il s'impose pour deux raisons capitales :

La première est que la résistance à chaud du métal décroît très rapidement avec la température, la seconde est d'ordre métallurgique.

La brame est acheminée à travers différentes cages successives équipées de cylindres de laminage, de façon à obtenir une large bande. À la sortie de la dernière cage, la bande est refroidie par un processus d'arrosage, puis enroulée sur une bobineuse de façon à former une bobine. La bobine est ensuite déroulée sur une ligne de déroulage, redressée, planée et coupée à la longueur souhaitée, pour obtenir des tôles. Cette technique s'applique couramment à des largeurs allant jusqu'à 2150 mm et des épaisseurs allant jusqu'à 25 mm (tout dépend notamment de la capacité du laminoir à bandes, de la ligne de déroulage, de la qualité demandée, ...). La tôle laminée à chaud non décapée est souvent qualifiée de tôle "noire".

Les bobines laminées à chaud peuvent être décapées jusqu'à une épaisseur et une largeur données. Le décapage (traitement chimique) élimine la calamine et les impuretés de la surface du produit. Pour éviter la corrosion de la surface traitée, une couche protectrice est appliquée (généralement un mince film d'huile). La norme EN 10051 reprend les tolérances sur les dimensions et la forme des bobines et des tôles à chaud décapées ou noires.



Figure I.5 : Laminage à chaud.

➤ Le laminage à froid

Le laminage à froid des tôles ne se réalise qu'avec des tôles minces ayant une faible épaisseur inférieure à 3 mm

La bobine laminée à chaud et décapée peut être travaillée davantage dans un laminoir à froid. Ce laminoir se compose d'une série de laminoirs en tandem à travers lesquels la bande laminée à chaud et décapée passe et subit une réduction d'épaisseur. La bande se ré enroule à la sortie avec une épaisseur de 0,3 mm à 2,99 mm selon le résultat souhaité et programmé. La norme EN 10131 donne les tolérances sur les dimensions et la forme de la tôle laminée à froid. Cette bande laminée à froid peut ensuite être revêtue d'une couche de protection.

Le laminage à froid est généralement réalisé sur des laminoirs réversibles multicylindres, où plusieurs cages se succèdent, il s'agit d'un train de laminage (Voir la Figure I.6). Deux bobineuses sont disposées de chaque côté des cages pour assurer la traction de la bande.

Le laminage s'effectue sous film d'huile minérale afin de faciliter l'écoulement du métal, éliminer la chaleur produite par le laminage et lubrifier les équipements internes de la cage de laminage.

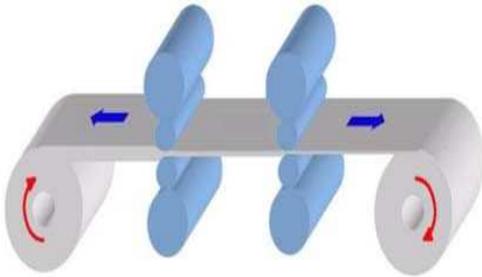


Figure I.6 : Train de laminage.



Figure I.7 : Laminage à froid.

➤ Laminage quarto

Dans le laminoir quarto, la brame est laminée dans deux cages quarto (constituée de quatre cylindres), une dégrossisseuse et une finasseuse, jusqu'à obtenir l'épaisseur voulue la plaque ainsi obtenue est refroidie et aplanie. Cette technique permet de laminier des plaques plus larges et/ou plus épaisses que dans un laminoir à chaud de train à bandes, selon la qualité demandée, les propriétés mécaniques de la tôle quarto sont souvent améliorées après le laminage par des traitements thermiques comme la normalisation. La norme EN 10029 précise les tolérances sur les dimensions et la forme de la tôle quarto.

Les cages des laminoirs sont généralement quarto, composées de deux cylindres de travail de faible diamètre (de l'ordre de 10 cm), assurant le laminage, et de deux d'appuis de diamètre plus grand, comme schématisé dans la (figure I.8) différents actionneurs de la cage « vis de serrage, vérins, ... etc. », permettent de régler l'épaisseur correcte en sortie d'emprise.

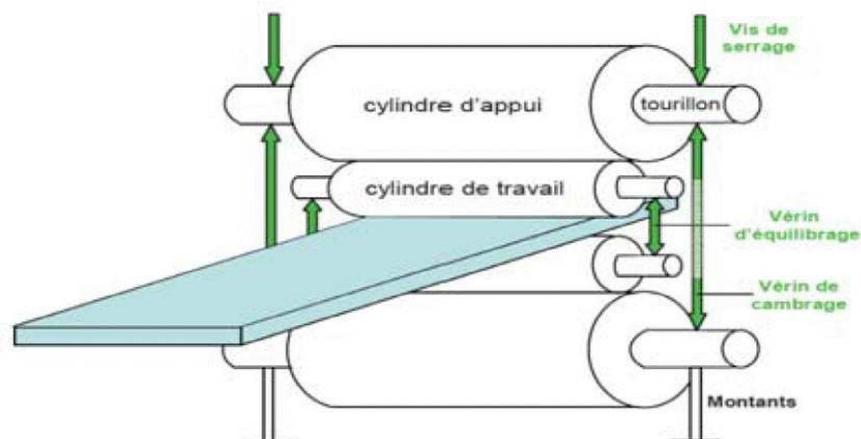


Figure I.8: Schéma d'une cage quarto de laminage.

I.4 Découpage

I.4.1 Définition

Le découpage mécanique fait partie des procédés de transformation à froid des métaux. Il consiste à détacher par cisaillement, dans une bande de matière ou d'une pièce plane de contour quelconque appelé flan, découpe ou galet.

Ce type de procédés est très utilisé dans l'industrie vu qu'il est moins couteux et plus rapide pour obtenir un profil donné dans un produit plat en grande, moyenne, voir petite séries. Une différence est faite sur les termes :

- Découpage, afin d'obtenir un pourtour défini selon une forme et des cotes précises.
- Poinçonnage, afin d'ajouter une pièce (exemple : une perforation).

I.4.2 Principe

Le découpage consiste à obtenir des pièces par cisailage des tôles. Plus particulièrement il consiste à séparer en deux parties une tôle ou une bande de matière généralement suivant un profil fermé. L'opération s'effectue sur une presse qui porte un outil dont les parties travaillantes sont :

- **Une matrice** : correspondant à la forme de la découpe souhaitée.
- **Un poinçon** : avec une forme complémentaire, généralement animé d'un mouvement de translation.
- **Une bande de tôle à découper (flan)** : s'obtient par une séparation suivant une ligne fermée dans une bande ou une feuille.
- **Un serre flan ou bien dévêtisseur** : qui a pour fonctions le maintien de la bande au cours du découpage, le guidage précis des poinçons par rapport aux matrices et le dévêtisseur des poinçons de la matière découpée.

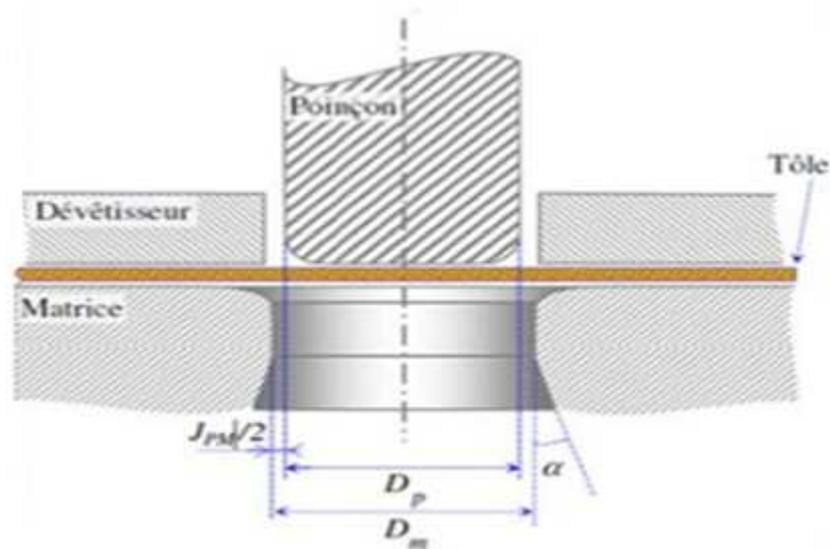


Figure I.9: Schématisation du principe du découpage mécanique des tôles.

I.4.3 Quelques Types de découpage

I.4.3.1 Cisailage

Le cisailage est une technique de découpage sans création de déchet. Il permet de séparer totalement ou partiellement un élément métallique à l'aide de deux lames dont l'une au moins est mobile, et le métal est alors coupé progressivement comme avec les lames d'une paire de ciseaux.

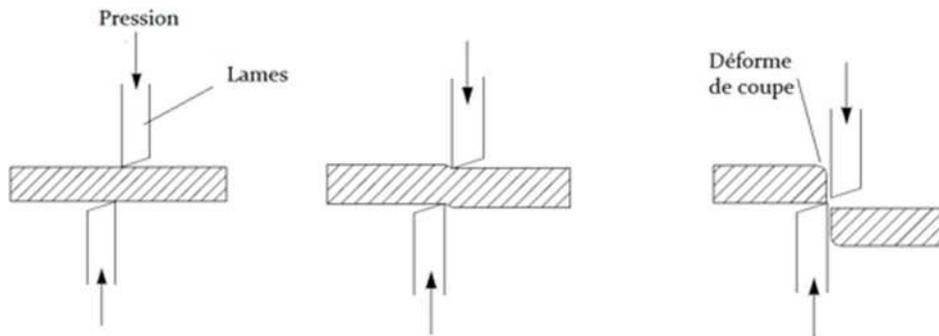


Figure I.10 : Cisailage.

I.4.3.2 Crevage

C'est un découpage incomplet, généralement fait sur des tôles épaisses, il consiste de ne pas détacher la chute complètement de la pièce [2].

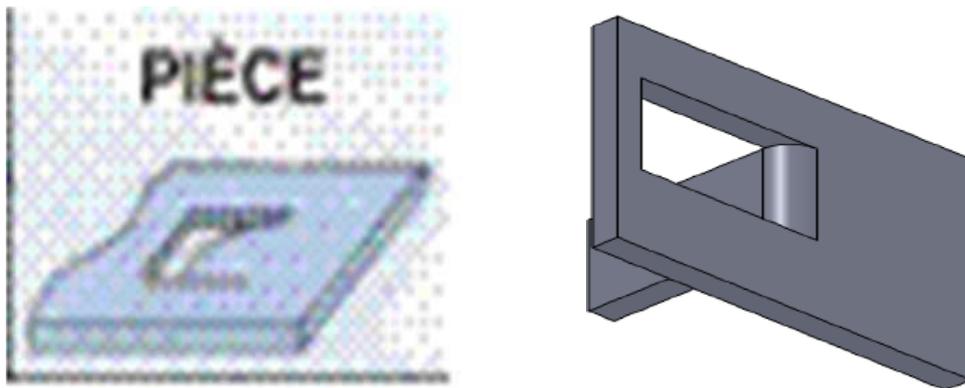


Figure I.11: Crevage.

I.4.3.3 Encochage

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

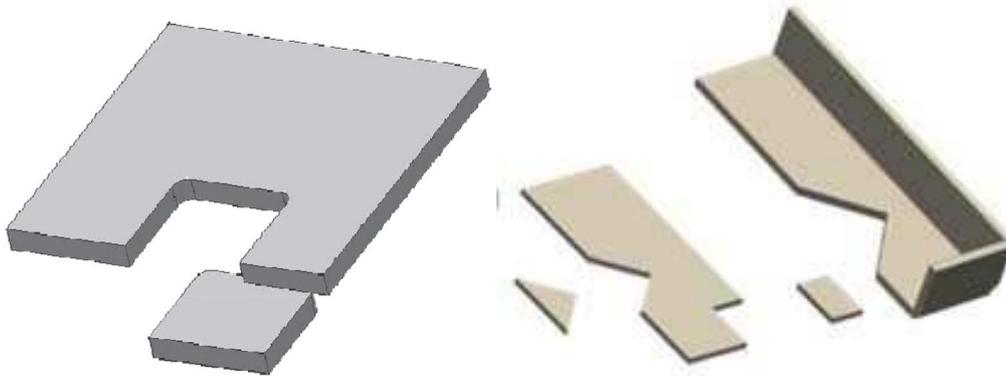


Figure I.12 : Encochage.

I.4.3.4 Le grignotage

C'est le poinçonnage partiel par déplacement progressif de la tôle ou du poinçon. Il s'applique généralement sur les tôles minces. Il s'agit d'une méthode de découpage par enlèvement de petites quantités de matière, suivant une saignée dont la largeur est égale à celle du poinçon.

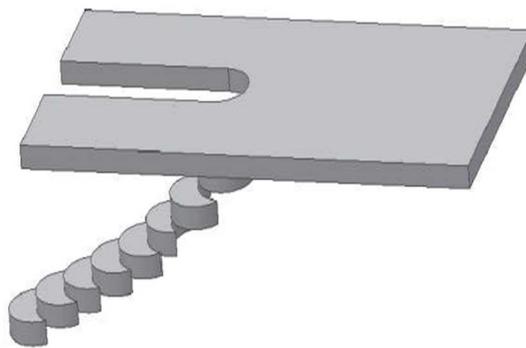


Figure I.13 : Grignotage.

I.4.3.5 Ajourage

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

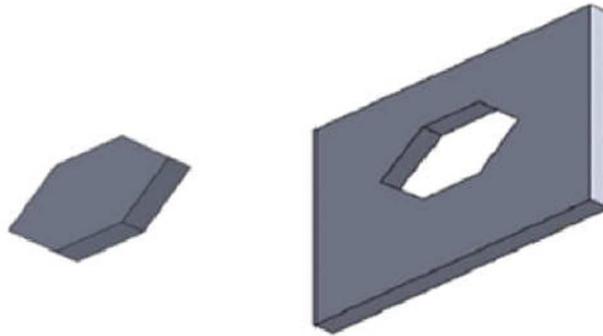


Figure I.14 : Ajourage.

1.4.3.6 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.

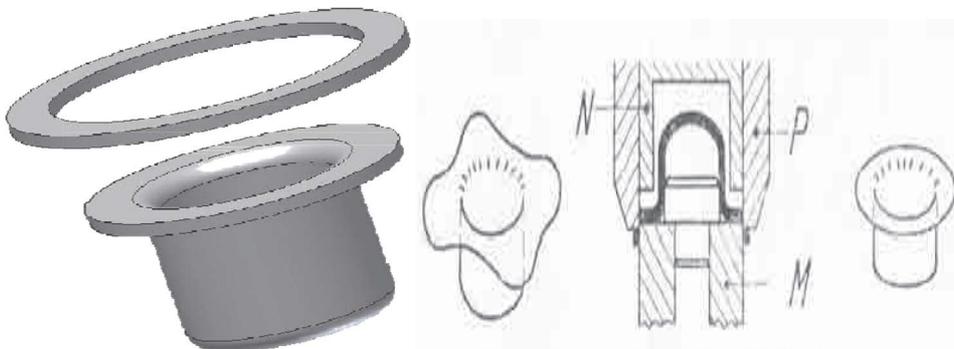


Figure I.15 : Détourage.

1.4.3.7 Soyage

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

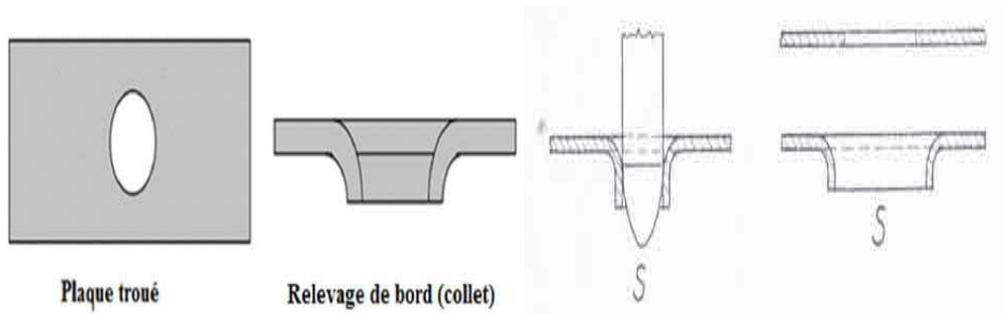


Figure I.16: Soyage.

I.5 Le poinçonnage [2]

I.5.1 Définition

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



Figure I.17 : Poinçonnage.

I.5.2 Principe

On considère que le poinçonnage est un cisailage de forme fermée, donc par conséquence comme pour le cisailage, c'est un glissement de métal dans un plan transversal entre deux barres, sans que celles-ci se déforment et ne cessent d'être parallèle. Le débouchage du trou est exécuté à l'aide d'un poinçon et d'une matrice, deux outils comparables aux lames de cisaille.

Le poinçonnage se fait à plusieurs étapes :

1. **L'impact** : provoque un gonflement dans la surface de la pièce. (Figure A).
2. **Pénétration** : Fibres superficielles coupées et Fibres internes en extension. (Figure B).
3. **Découpage** : Forte contrainte de compression, dépassement de la limite élastique donne naissance à des fissures de la tôle entre le poinçon et la matrice. (Figure C).
4. **Séparation** : Rupture par extension des fibres. (Figure D).
5. **Fin de course** : L'enfoncement du déboucheur et du poinçon dans la matrice, le déboucheur s'enfonce vers le cœur de la pièce puis se retire lentement. (Figure E).
6. **Le retrait** : En fin de course, le poinçon recule en surmontant la friction qui est due au serrage de la pièce qui l'entrouvre (déboucheur) (Figure F).

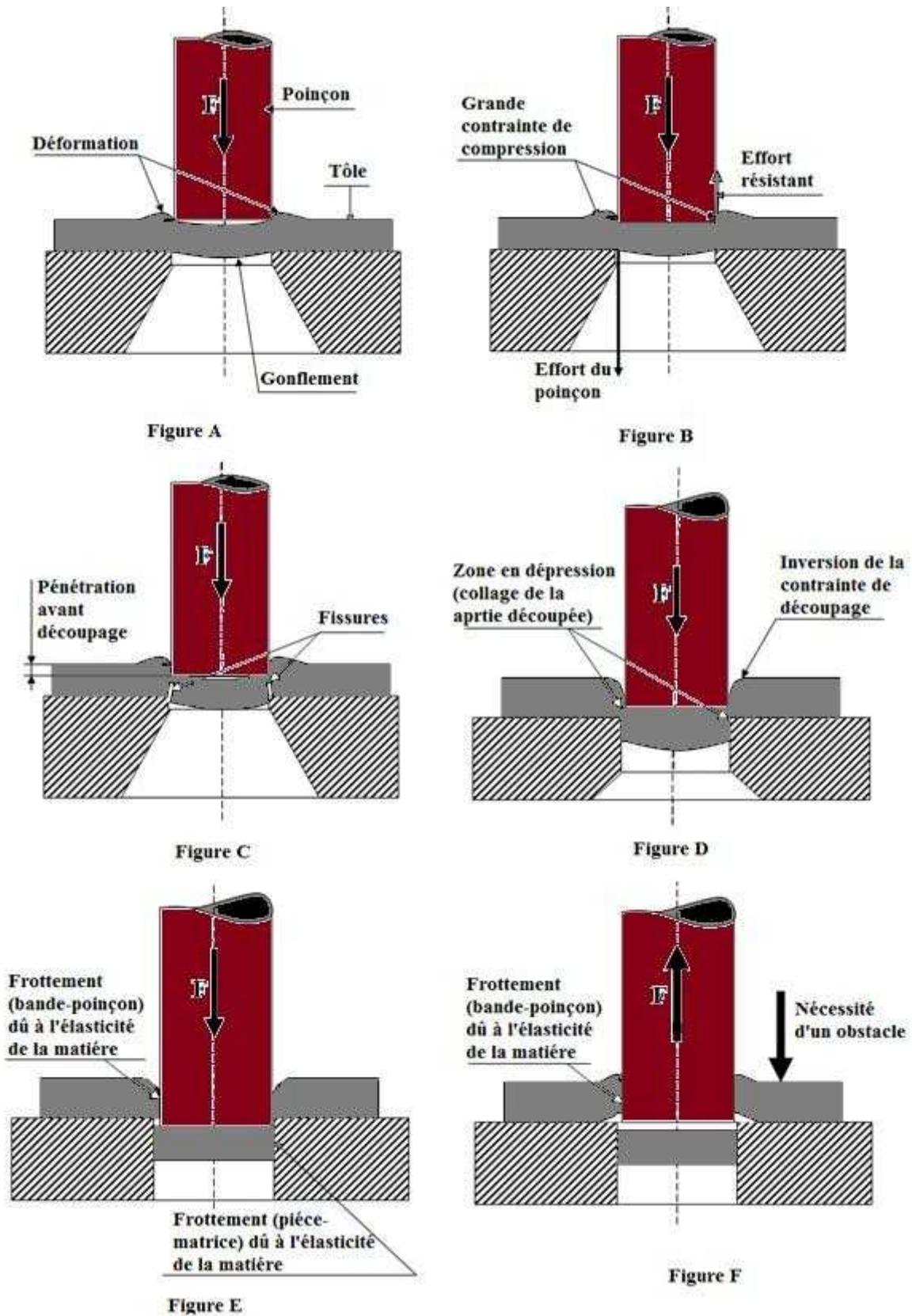


Figure I.18 : Les différentes étapes de poinçonnage.

I.5.3 Les principaux outils de poinçonnage

I.5.3.1 Le poinçon

Composé de plusieurs parties

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

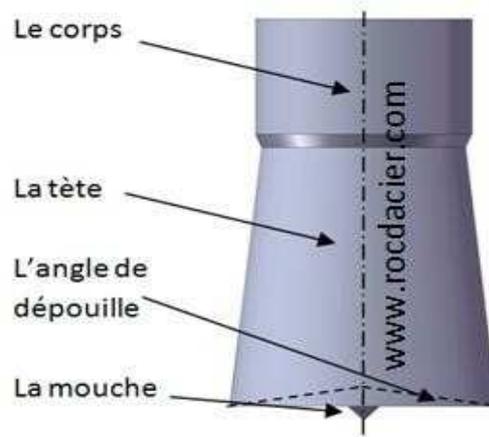


Figure I. 19 : Le poinçon et ses composantes

I.5.3.2 La matrice

La matrice est le « support d'empreinte » du poinçon et la partie inférieure de l'outil, à son axe elle comporte un trou aux formes et dimensions du poinçon, auquel on ajoute un jeu de quelques dixièmes de millimètres. La matrice est conçue pour créer la forme de la pièce en un travail de série de façon à satisfaire les demandes de production.



Figure I.20: matrice

I.6 Influence des paramètres de l'opération de découpage et poinçonnage

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.6.1 Jeu de découpage :

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

Pour un découpage, le jeu est à prendre sur le poinçon figure (I.21). Pour le poinçonnage, le jeu est à prendre sur la matrice figure (I.22). Donc, pour un bon fonctionnement de l'outil, il est nécessaire d'assurer un jeu fonctionnel entre la matrice et le poinçon. Il réduit le risque de grippage ou de rupture de la matrice. Il permet également de garantir une coupe nette et franche.

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

- $1/20 \times e$ pour laiton et acier doux.
- $1/15 \times e$ pour acier dur.
- $1/10 \times e$ pour l'aluminium.

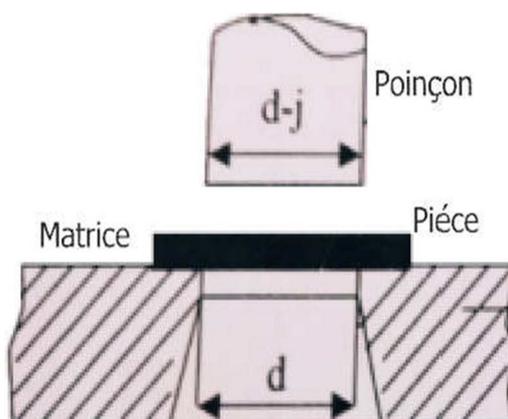


Figure I.21: Jeu de découpage.

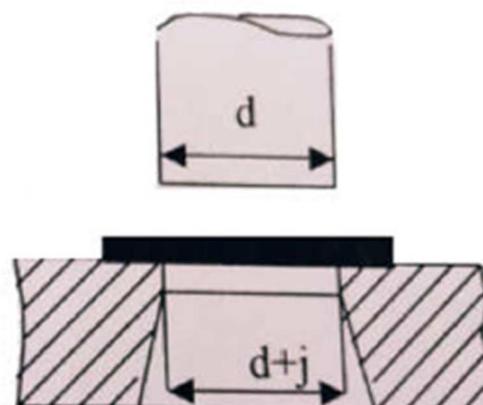


Figure I.22 : Jeu de poinçonnage.

I.6.2 Paramètres liés au réglage de l'outil :

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

I.6.2.1 *Le serre-flan :*

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

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

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

I.6.2.2 *Pénétration du poinçon dans la matrice :*

La pénétration du poinçon dans la matrice est choisie généralement comme égale à l'épaisseur de la tôle. Dans certains cas, cette valeur est plus réduite et peut même être nulle. L'intérêt d'avoir une pénétration importante est grâce à un meilleur maintien du déboucheur en matrice, et d'éviter les problèmes de remontée de celle-ci en cours de fabrication. En revanche, les inconvénients sont les suivants :

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

I.6.2.3 *Vitesse de découpage :*

Des études ont montrés que l'effort maximal de découpage diminue, et la hauteur de la zone cisailée augmente lorsque la vitesse de découpage augmente, selon la cadence de la presse. Cette vitesse n'est pas seulement dépendante de la cadence de la presse, mais ainsi, elle est en relation avec les réglages de course, et de la distance de travail que fait la presse.

La vitesse s'exprime habituellement en millimètre par seconde (mm/s) et correspond à la vitesse de pénétration du poinçon dans la tôle.

I.6.3 Paramètres liés à l'usure de l'outil

I.6.3.1 Lubrification

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

I.6.3.2 Matériaux à outil

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

I.6.3.3 Les efforts qui rentrent dans l'opération

➤ Efforts de découpage et poinçonnage dans différentes matières

L'effort de découpage et poinçonnage dépend de l'épaisseur, du périmètre de la section du trou, de la résistance du métal et des frottements qui sont généralement négligés. Une lubrification est conseillée pour ne pas user prématurément les outils. Les efforts d'un outil à bande, se calculent suivant la formule :

$$F = K \cdot P \cdot e \cdot R_c \quad (I.2)$$

Avec :

F = effort de découpage – Poinçonnage (N) ;

P = périmètre du poinçon (mm) ;

e = épaisseur de tôle (mm) ;

R_c = résistance du matériau au cisaillement (MPas) ;

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

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

Matériaux	R _c (daN/mm ²)
Acier dur	70
Acier inoxydable	55

Acier doux	40
Aluminium	10

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

➤ **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.

➤ **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.

1.6.3.4 Les contraintes appliquées sur les poinçons

➤ **Contrainte de compression**

Lorsque le poinçon descend avec un effort opposé à la bande de tôle, il est sollicité à une compression. La contrainte de compression de l'outil est calculée suivant la formule (II.4).

La condition de résistance de l'outil à la compression est que cette contrainte sollicitée ne doit pas dépasser la limite élastique du matériau à partir duquel est fabriqué le poinçon (relation II.3).

$$\sigma_{\text{com}} < \text{Re} \quad (\text{I.3})$$

$$\sigma_{\text{com}} = \frac{F}{S} \quad (\text{I.4})$$

Avec :

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

Re : La limite élastique du poinçon, (en MPa) ;

F : Effort de découpage, (en N) ;

S : Section du poinçon, (en mm^2).

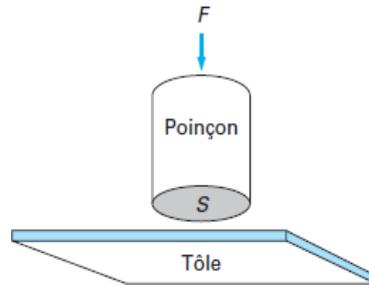


Figure I.23: Contrainte de compression sur le poinçon.

➤ **Résistance ou flambement**

Dans le cas des poinçons ayant de petites sections ou de grandes longueurs, la contrainte de compression peut provoquer un flambement du poinçon. Alors, on prévoit toujours un risque de flambement d'un tel poinçon. Pour cela, on détermine la charge critique (P_{cr}) en utilisant la formule du flambement d'Euler (I.5). Dans le cas des outils à bande, les poinçons sont encastrés d'un côté, et libre de l'autre côté.

La condition de résistance est que l'effort de découpage ne doit pas dépasser la charge critique de flambement du poinçon, comme le montre la relation (I.6).

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} \quad (\text{I.5})$$

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

Avec :

F: L'effort de découpage, (en N) ;

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

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

I : Moment d'inertie du poinçon, (en mm^4) ;

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

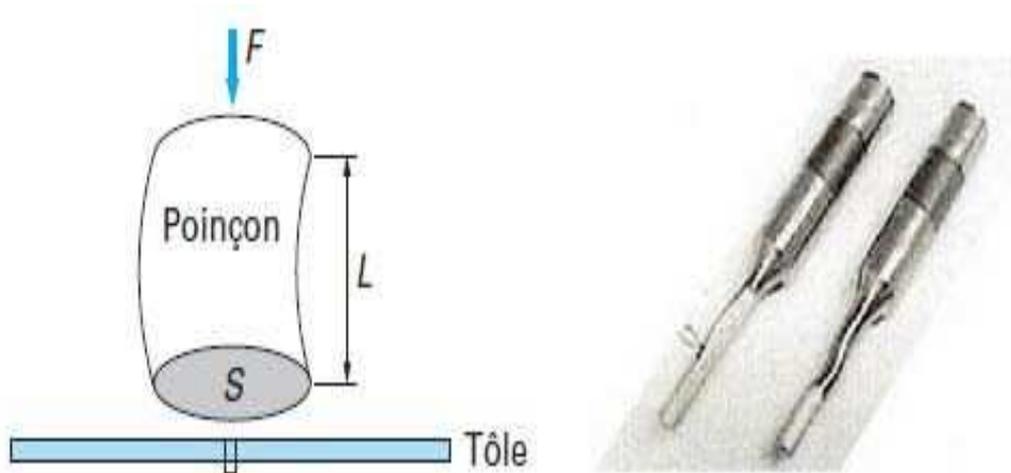


Figure I.24: L'état d'un flambement du poinçon de découpage.

I.7 Le pliage [2]

I.7.1 Définition

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

Il existe plusieurs techniques pour plier une pièce :

- Pliage en l'air dans une presse-plier ;
- Pliage en frappe, pliage sur plieuse à sommier ou universelle.

I.7.2 Le principe

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

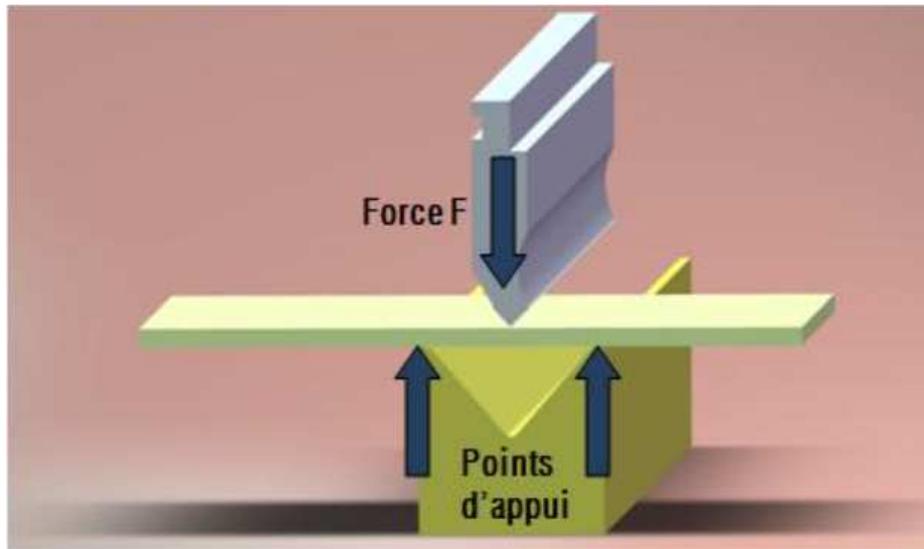


Figure I.25: Principe du pliage.

I.7.3 Les modes de pliage

Il existe trois types de pliage des tôles ; ils se différencient suivant la géométrie des poinçons et les matrices, on distingue : en V, en U et en L.

I.7.3.1 Le pliage en V

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

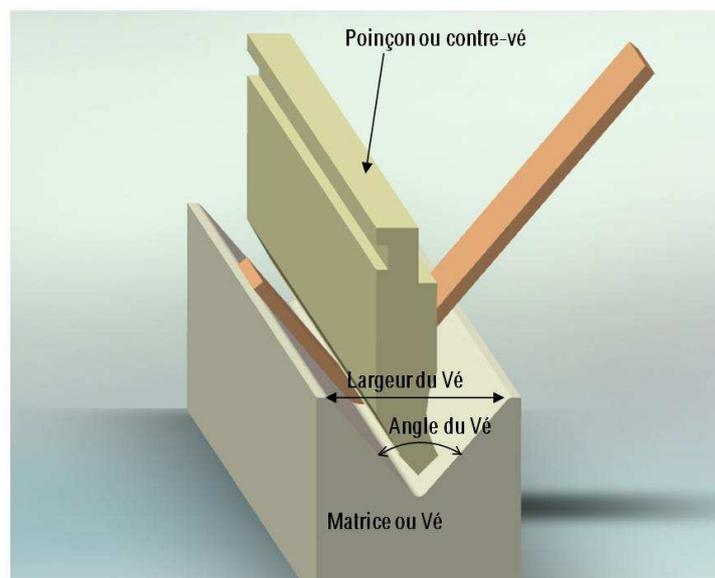


Figure I.26 : Pliage en V.

Le pliage en V peut s'effectuer par deux procédés :

➤ **Pliage en frappe**

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

Cette méthode est réservée à des tôles d'épaisseurs inférieures à 2 mm. Le fait de matricer l'intérieur du pli permet d'obtenir des angles très précis ($\pm 0,5^\circ$).

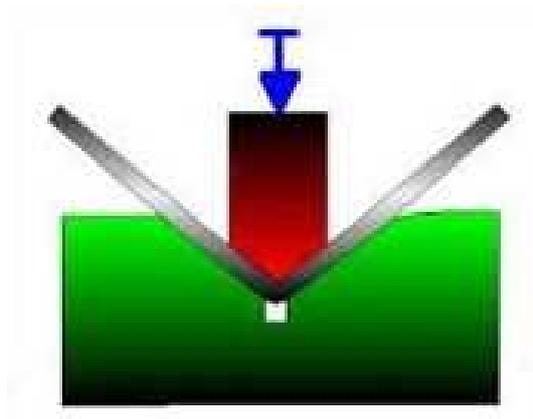


Figure I.27: Pliage en V par frappe.

➤ **Pliage en l'air**

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

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

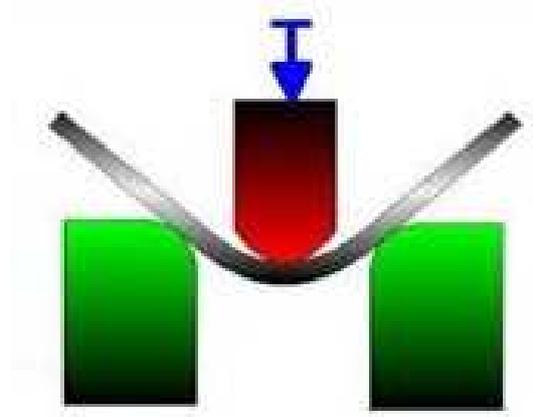


Figure I.28 : Pliage en V par l'air.

1.7.3.2 Le pliage en U

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

Le principe est voisin de celui du pliage en V. Seuls les outils (poinçons et matrices seront différents).

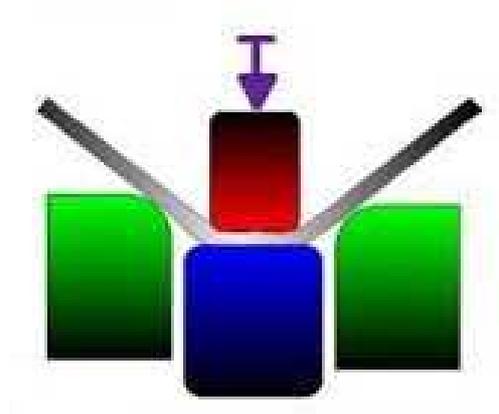


Figure I.29 : Pliage en U.

1.7.3.3 Le pliage en L

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

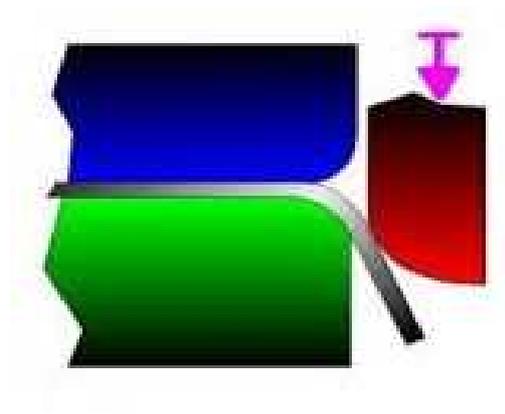


Figure I.26 : Pliage en L.

I.7.4 Effort de pliage

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

$$F = e \cdot L \cdot R_c / 10$$

Avec :

e : L'épaisseur de la tôle.

L : La longueur de la ligne de cambrage.

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

I.7.5 Rayon minimum de pliage

Le rayon intérieur de pliage ne doit jamais être vif, car Pour $R=0$, l'allongement de la zone tendue est tel que des criques qui apparaissent souvent sur la pièce il constituerait une fatigue exagéré du métal et aurait un amincissement trop important qui pourrait amener une cassure.

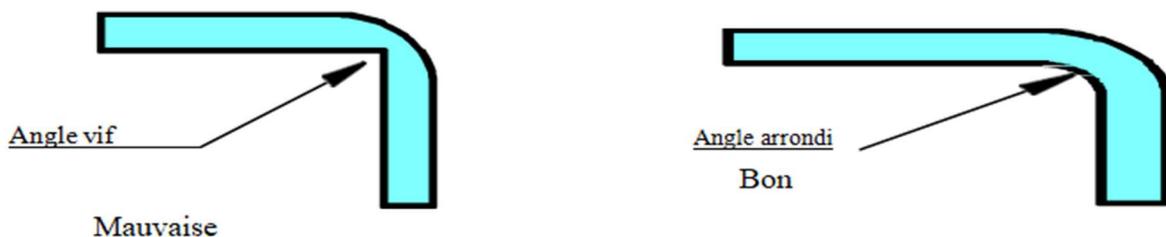


Figure I.31 : Le rayon intérieur de pliage

I.7.6 Paramètres influents sur l'opération de pliage :

On distingue deux paramètres principaux à définir pour obtenir une pièce finie.

I.7.6.1 Le rayon de la matrice de pliage

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

$$r \geq 2e$$

I.7.6.2 Le jeu de pliage

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

$$J \geq e + \text{tolérance max}$$

I.7.6.3 Le retour élastique

Lors du pliage d'une pièce à un angle imposé par l'outillage (angle du vé), il y a un retour élastique lors du retrait du poinçon. L'angle final α_f obtenu diffère de celui imposé par l'outillage α_i de la valeur correspondant à ce retour élastique. Plus la limite élastique de l'alliage est grande plus le retour élastique sera grand. On peut vouloir estimer ce retour élastique qui dépend aussi du Rayon de pliage et de l'épaisseur de la tôle.

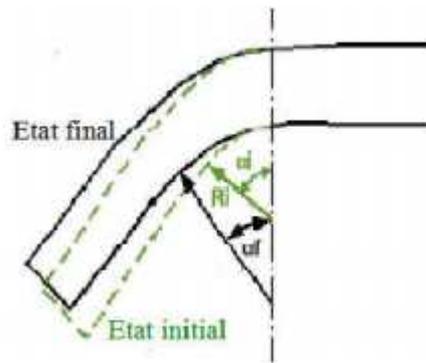


Figure I.32 : Le retour élastique.

I.8 CONCLUSION

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

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

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

Chapitre 2 : Généralités 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.

II.2 Généralités sur les presses

II.2.1 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.2.2 Classification des presses

Les presses peuvent être classées à partir de plusieurs paramètres comme

- Le mode de transmission d'énergie.
- Leurs formes de bâti.
- Le nombre des coulisseaux.

II.2.2.1 Les presses selon le mode de transmission d'énergie

➤ 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

➤ 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

➤ **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.2.2.2 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.

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

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

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.2.2.3 Selon la forme de bâti

On distingue cinq (05) types :

➤ 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

➤ **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

➤ **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

➤ **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

➤ **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.3 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.4 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.5 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.6 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	-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	-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.

	matrices fragiles. -Destinés pour les travaux de grandes séries.	
Inconvénients	-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.	-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.

II.7 Les outils de presse

II.7.1 Définition : [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.7.2 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.7.2.1 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.7.2.2 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.8 Différents types d'outils de presse [4]

II.8.1 Outil de découpage

II.8.1.1 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.

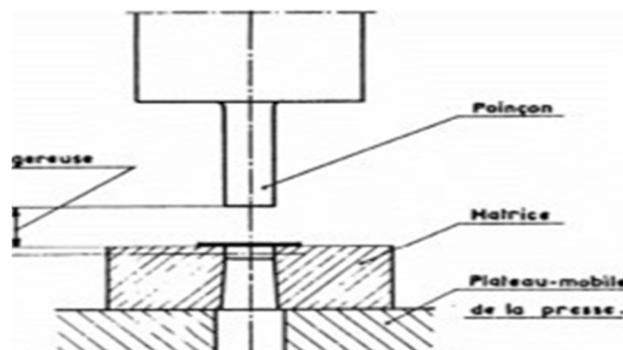


Figure II.12 : Outil simple découvert

II.8.1.2 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.

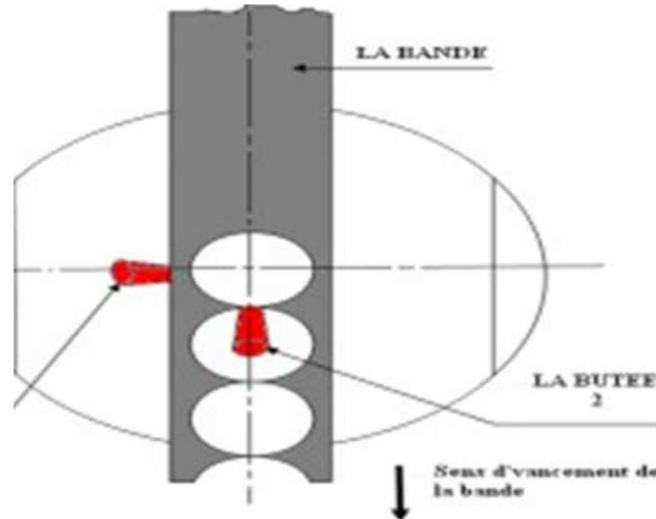


Figure II.13 : Outil buté à découvert

II.8.1.3 Outil à contre plaque

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

➤ **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.

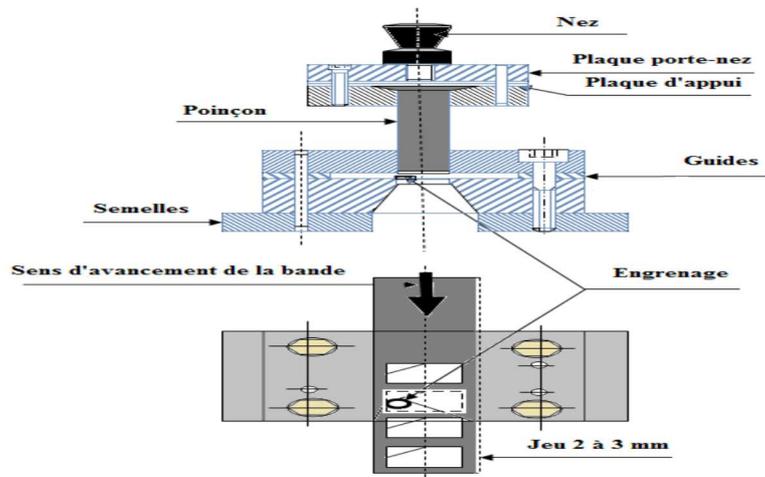


Figure II.14: Outil à engrenages

➤ **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.

➤ **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 (dévêtisseur), cette dernière sert à maintenir la bande pour éviter toute déformation.

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

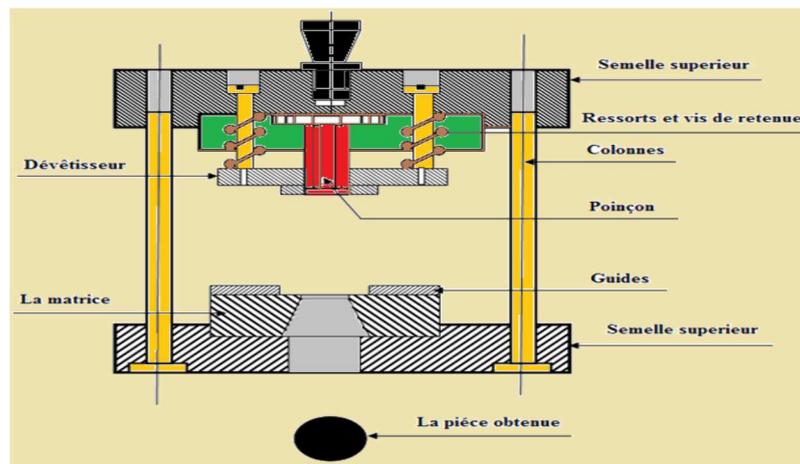


Figure II.15 : Outil à presse bande

II.8.2 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).

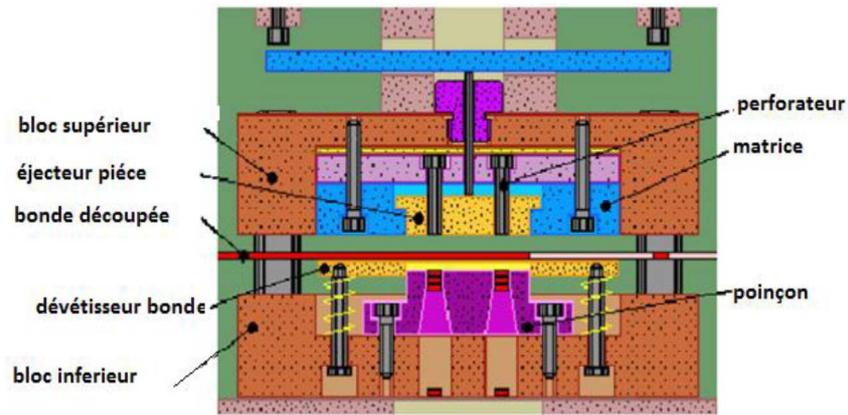


Figure II.16 : outil suisse

II.8.3 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.8.3.1 Outil de détourage normal

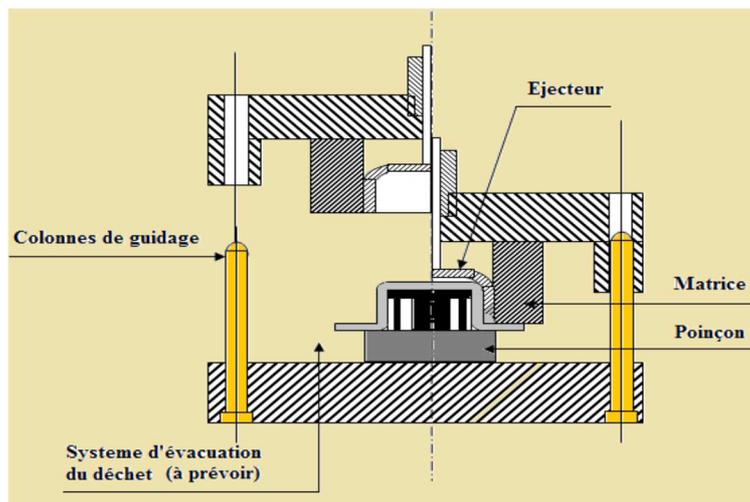


Figure II.17: Outil de détourage normal

II.8.3.2 Outil de détourage à Ras

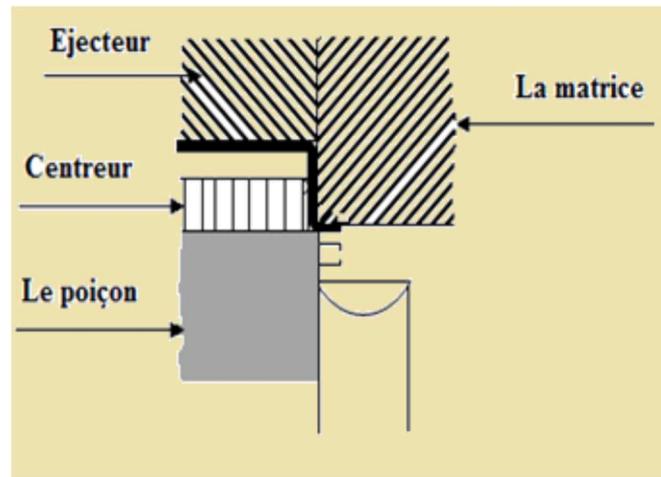


Figure II.18: Outil de détourage à Ras

II.8.3.3 Outil de détourage-poinçonnage

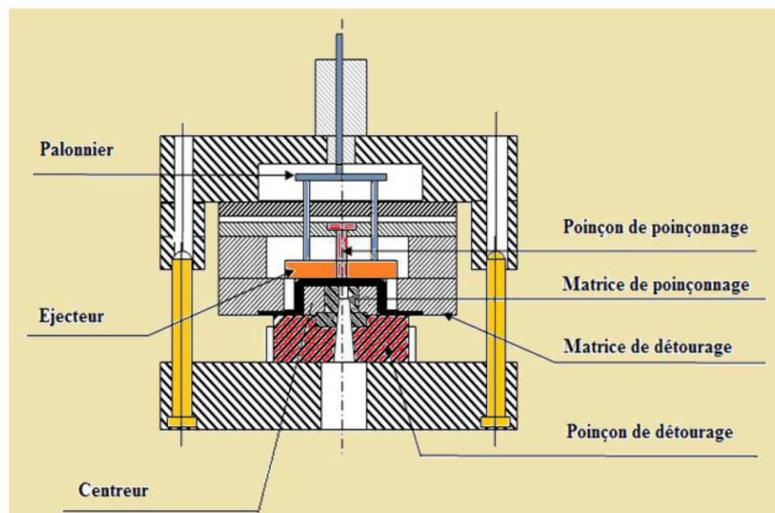


Figure II.19: Outil de détourage-poinçonnage.

II.8.4 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.

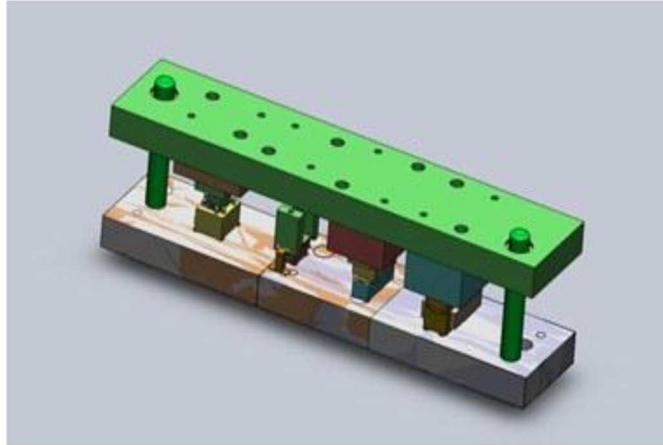


Figure II.20 : deux outils de reprise faits avec SolidWorks

II.8.5 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.

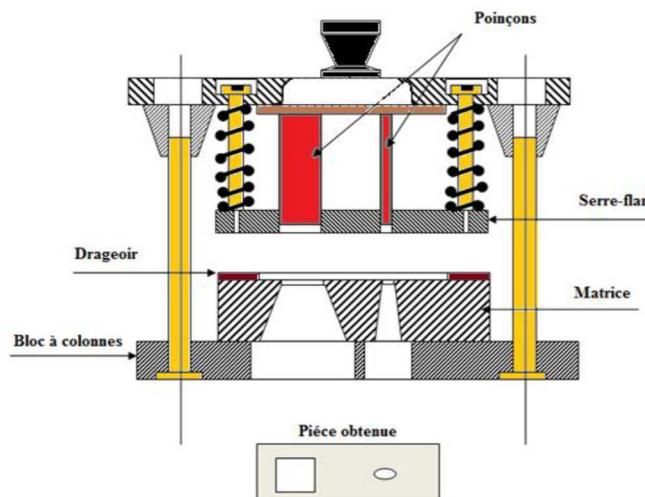


Figure II.21 : Outil de poinçonnage à serre-flan.

II.8.6 Outil combiné

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

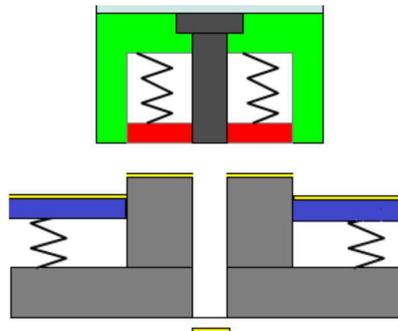


Figure II.22: Outil combiné

II.8.7 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.

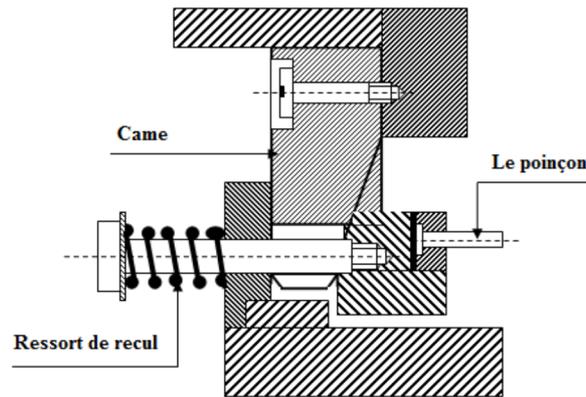


Figure II.23 : Outil à came

II.8.8 Outil monté sur une presse à simple effet [2]

II.8.8.1 Outil direct

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

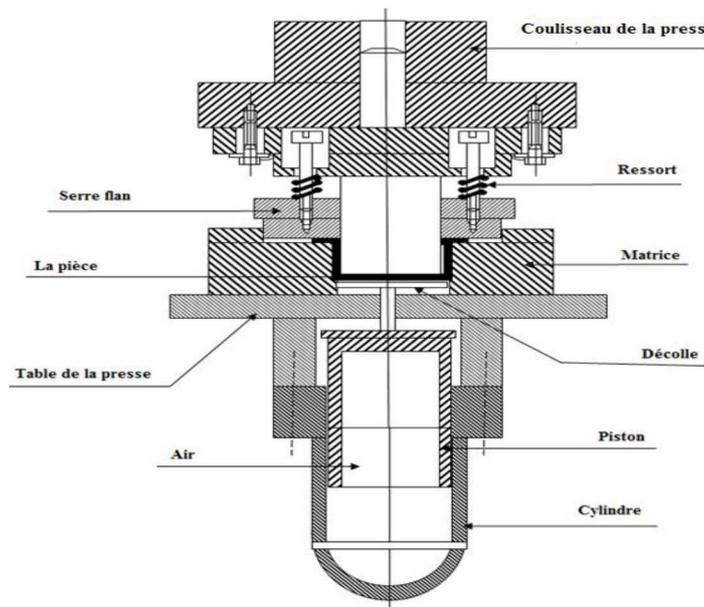


Figure II.24 : Outil direct

II.8.8.2 Outil inverse

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

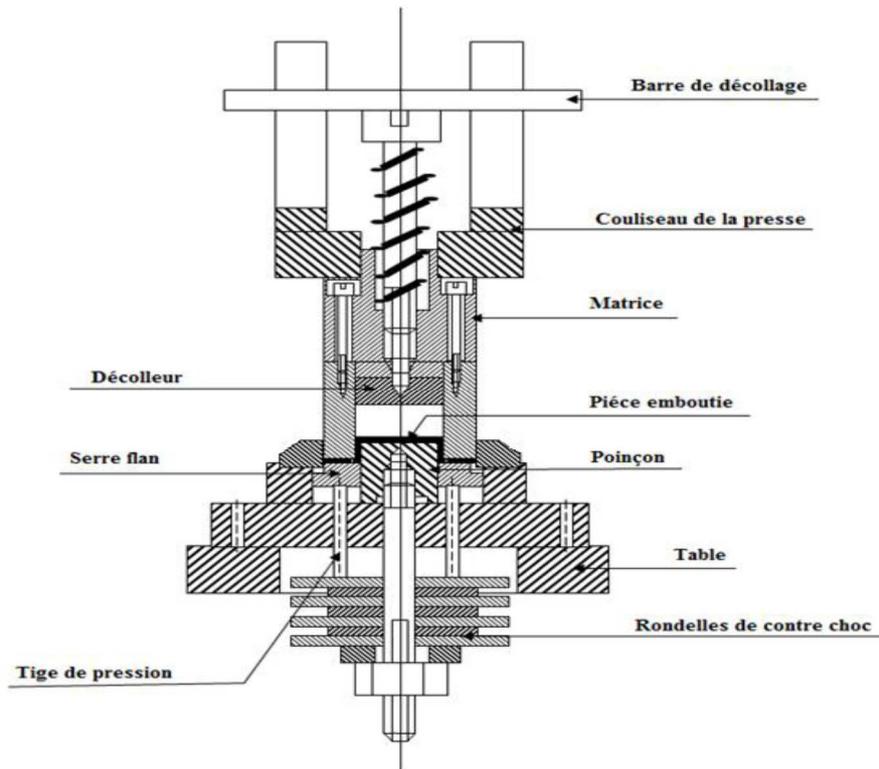


Figure II.25 : Outil inverse

II.9 Montage des outils sur les presses

II.9.1 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.9.2 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.10 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

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 frottements, 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
(2) 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.3 : 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	0.1 à	450 à	Adx	XC20	Profils pour charpentes

	154	0.25	550	A45 A55	XC30	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.4 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 comprise entre 180°C et A_{c1} ;
- Maintien à cette température pendant deux (02) heures ;
- Refroidissement moyennement lent par immersion dans l'huile.

Tableau III.5 : 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 résistante 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.6 : 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 bronze

Il est normalement composé de plus de 60 % de cuivre et contient en outre des proportions variables d'aluminium, plomb, béryllium, manganèse et tungstène, accessoirement du silicium et du phosphore, mais pas de zinc (ne pas confondre avec le laiton).

Cet alliage est connu pour sa bonne résistance à l'usure et à la corrosion, il servait à l'origine à la production d'armes et d'armures.

Réputé pour sa forte malléabilité et sa faible température de fusion,



Figure III.1 Le bronze

III.6.1. Utilisation du bronze

Actuellement, les bronzes sont de moins en moins utilisés, car souvent supplantés par d'autres métaux. Ils doivent leurs principaux usages au domaine de l'art, et comme matériau de frottement pour la fabrication de composants pour les industries mécaniques et électriques. (Dans notre outil on a opté à réaliser des bagues en bronze)

III.7 conclusion

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

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

Chapitre 4 : Etude et conception

IV.1 Introduction

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

IV.2 Travail demandé

L'ENIEM nous a confié une tache celle de concevoir un outil qui nous permet de réaliser deux opération (poinçonnage et pliage). Pour la réalisation d'une nouvelle traverse de la cuisinière ENIEM. (Figure IV.1)

Pour cela, parmi plusieurs types d'outil de presse qui existent nous avons opté pour un **outil à station** qui permet de combiner trois opérations au même temps (voir plus de détail dans le chapitre II)

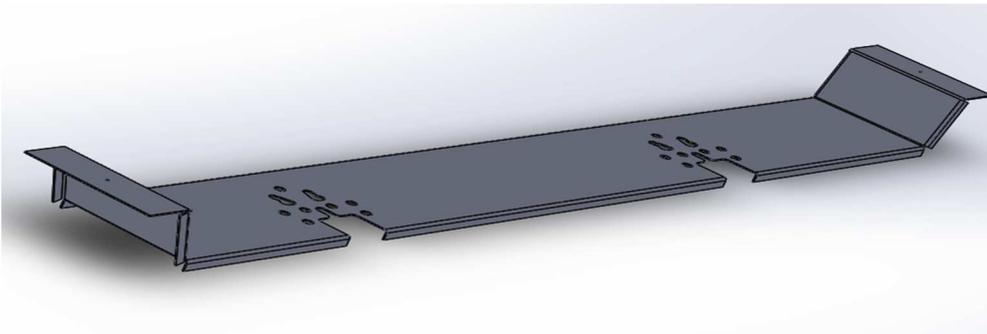


Figure IV.1 la nouvelle traverse avec le logiciel CAO



Figure IV.2 prototype de l'ancienne et la nouvelle traverse de la cuisinière ENIEM

IV.3 Le cahier des charges

IV.3.1 Définition :

Le cahier des charges est un document qui doit être respecté lors de l'élaboration et la conception d'un projet. La pièce a réalisé est « la traverse de le nouvelle cuisinière ENIEM » dont les caractéristique dimensionnelles et géométrique sont présentées à travers un dessin de définition de la pièce

Le cahier des charges fourni par l'entreprise ENIEM est comme suit :

Tableau IV.1 : dimensions de la pièce

Longueur en (mm)	Largeur en (mm)	Epaisseur en(mm)
536.71	65.91	0.6

La tôle est en acier doux galvanisée à chaud et en continu pour formage à froid sa nuance **Z200** et sa norme **EN 10142**.

IV.3.2 Propriétés mécanique de la pièce

D'après le cahier des charges, voici quelque propriété mécanique de la pièce

Tableau IV.2 : propriétés mécanique de la pièce

La limite élastique Re (N/mm ²)	La résistance à la traction Rm (N/mm ²)	L'allongement A%
140	270-500	20

IV.3.3 Composition chimique de la pièce

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

Tableau IV.3 : Composition chimique de la pièce

C	Mn	P	S	SI	Ti
0.18	1.2	0.12	0.045	0.5	0.3

IV.3.4 Emplacement de la pièce

Cette pièce se monte sur la cuisinière comme la figure la montre



Figure IV.3 Emplacement de la pièce

IV.4 Etude de l'outil

IV.4.1 Calcule des efforts de poinçonnage

L'effort de poinçonnage se calcul comme suit :

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

Avec :

- F_p : effort de poinçonnage en (N)
- $(\pi \times d)$: P poinçon : périmètre du poinçon en (mm)
- e : Epaisseur de la tôle en (mm) dans notre cas $e=0.6\text{mm}$
- R_m : La résistance de la tôle en (Mpa) ; on prend 400 Mpa pour des raisons de sécurité

a- Calcul de l'effort de poinçon 1 « F_1 »

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

D'après la mesure et l'évaluation sur SOLIDWORKS, le périmètre du poinçon 1

$$P_{\text{poinçon 1}} = 12,57 \text{ mm}$$

$$F_1 = 12,57 \times 0,6 \times 400$$

AN :

$$F_1 = 301,46 \text{ daN } (\times 16)$$

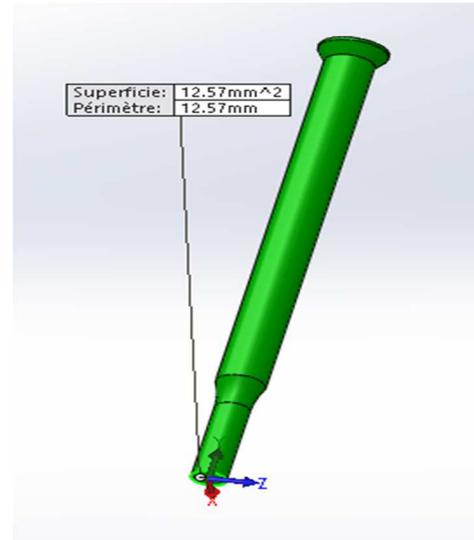


Figure IV.4 Périmètre de poinçon 1

b- Calcul de l'effort de poinçon 2 « F_2 »

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

D'après la mesure et l'évaluation sur SOLIDWORKS, le périmètre du poinçon 2

$$P_{\text{poinçon 2}} = 58 \text{ mm}$$

AN :

$$F_2 = 58 \times 0,6 \times 400$$

$$F_2 = 1392 \text{ daN } (\times 4)$$

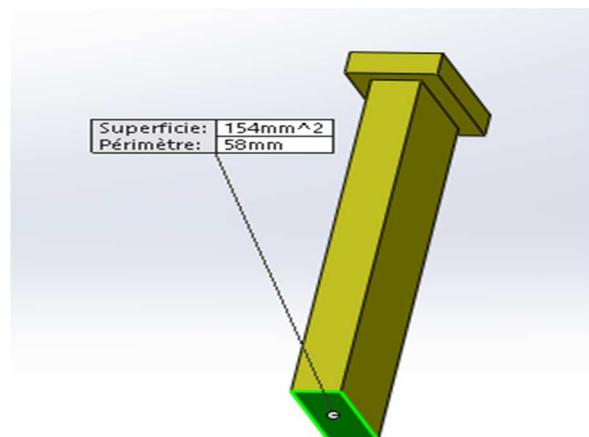


Figure IV.5 périmètre de poinçon 2

c- Calcul de l'effort de poinçon 3 « F3 »

$$F3 = P_{\text{poinçon 3}} \times e \times Rm$$

D'après la mesure et l'évaluation sur SOLIDWORKS, le périmètre du poinçon 3

$$P_{\text{poinçon 3}} = 13.12 \text{ mm}$$

AN :

$$F3 = 13.12 \times 0.6 \times 400$$

$$F3 = 314.88 \text{ daN} \quad (\times 4)$$

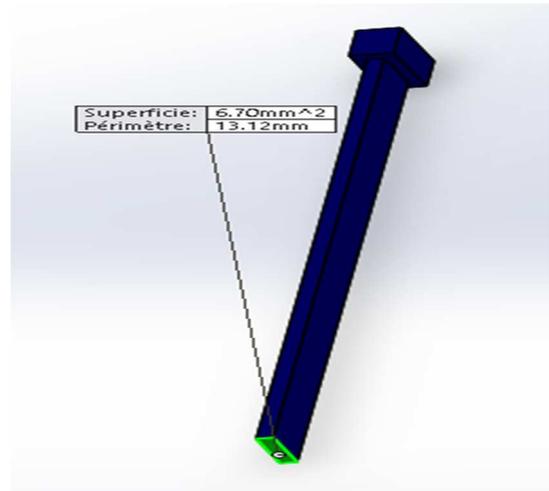


Figure IV.6 périmètre de poinçon 3

d- Calcul de l'effort de poinçon 4 « F4 »

$$F4 = P_{\text{poinçon 4}} \times e \times Rm$$

D'après la mesure et l'évaluation sur SOLIDWORKS, le périmètre du poinçon 4

$$P_{\text{poinçon 4}} = 92.16 \text{ mm}$$

AN :

$$F4 = 92.16 \times 0.6 \times 400$$

$$F4 = 2211.84 \text{ daN} \quad (\times 2)$$

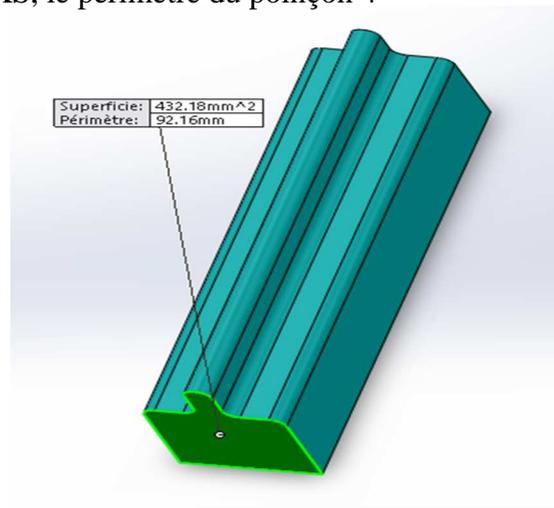


Figure IV.7 périmètre de poinçon 4

e- Calcul de l'effort de poinçon 5 « F5 »

$$F5 = P_{\text{poinçon 5}} \times e \times Rm$$

D'après la mesure et l'évaluation sur SOLIDWORKS, le périmètre du poinçon

$$P_{\text{poinçon5}} = 26.31 \text{ daN}$$

AN :

$$F_5 = 26.31 \times 0.6 \times 400$$

$$F_5 = 631.44 \text{ daN} \quad (\times 4)$$

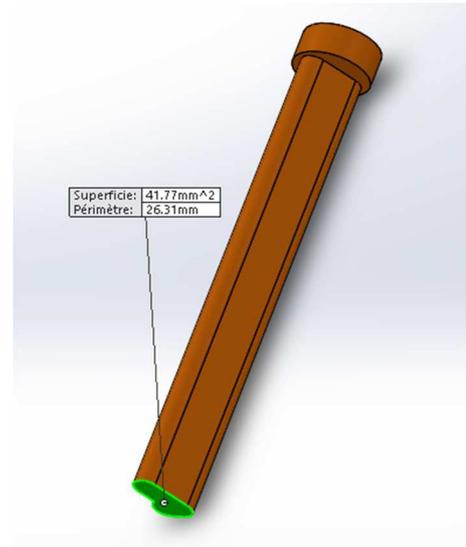


Figure IV.8 périmètre de poinçon 5

f- Calcul l'effort total de poinçonnage

$$F_{p \text{ total poinçonnage}} = 16 F_1 + 4 F_2 + 4 F_3 + 2F_4 + 4 F_5$$

AN:

$$F_{p \text{ total poinçonnage}} = 18603.32 \text{ daN}$$

IV.4.2 Détermination de l'effort de pliage

En pratique, en admis que l'effort nécessaire pour former un pli est égale au dixième de l'effort nécessaire pour cisailer la section de la tôle à cet endroit

$$F'_{\text{pliage}} = \frac{e \times l \times Rc}{10}$$

l : la longueur de pli

e : épaisseur la tôle

$Rc = 400 \text{ Mpa}$

➤ *Calculs des efforts de première station de pliage :*

a- Calcul l'effort de pli 01 :

AN :

$$F'_{l} = \frac{0.6 \times 437.69 \times 400}{10}$$

$$F'_{l} = 810,456 \text{ daN}$$

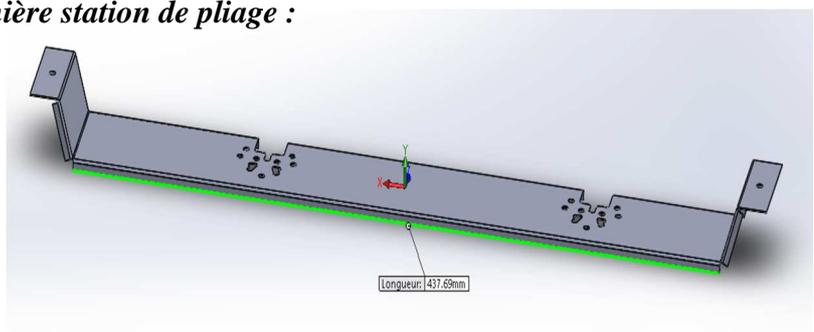


Figure IV.9 longueur de pli 1

b- Calcul effort de pli 02 :

AN :

$$F'2 = \frac{0.6 \times 27.91 \times 400}{10}$$

$$F'2 = 66.98 \text{ daN } (\times 4)$$

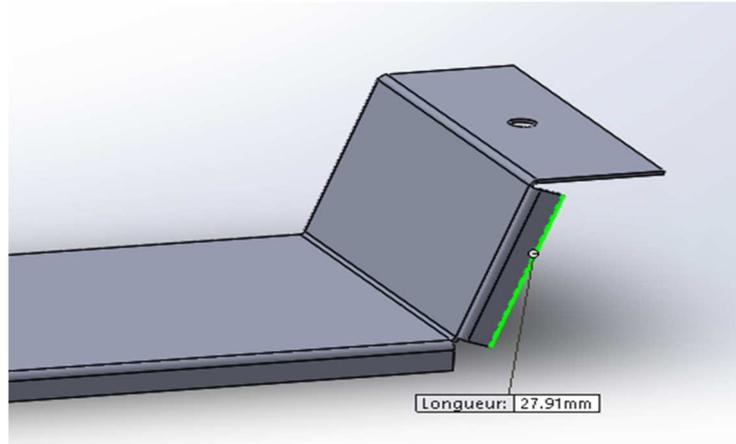


Figure IV.10 longueur de pli 2

c- Calcul l'effort de pli 3 :

AN :

$$F'3 = \frac{0.6 \times 200 \times 400}{10}$$

$$F'3 = 480 \text{ daN}$$

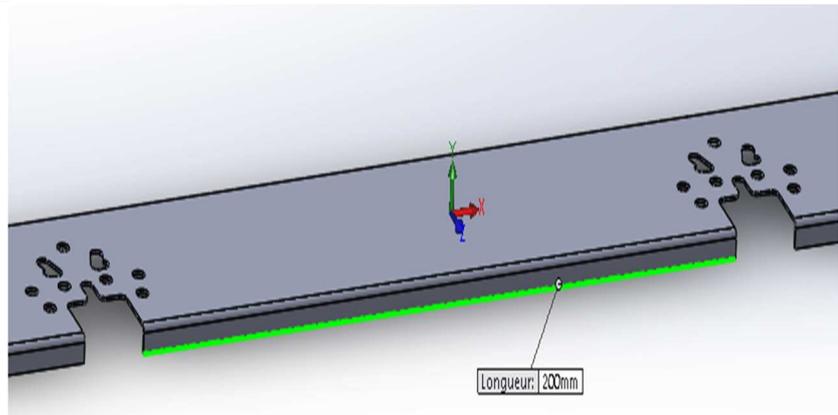


Figure IV.11 longueur de pli 3

d- Calcul l'effort de pli 4:

AN :

$$F'4 = \frac{0.6 \times 83.25 \times 400}{10}$$

$$F'4 = 199,8 \text{ daN}$$

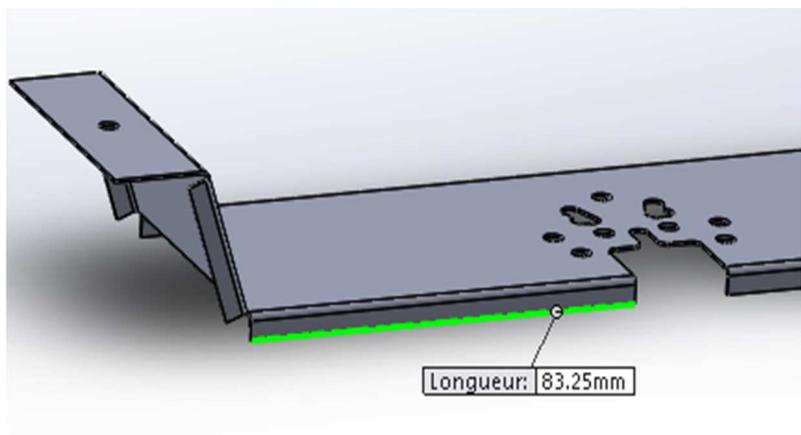


Figure IV.12 longueur de pli 4

e- Calcul l'effort de pli 5:

AN:

$$F'5 = \frac{0.6 \times 144.44 \times 400}{10}$$

$$F'5 = 346,6656 \text{ daN}$$

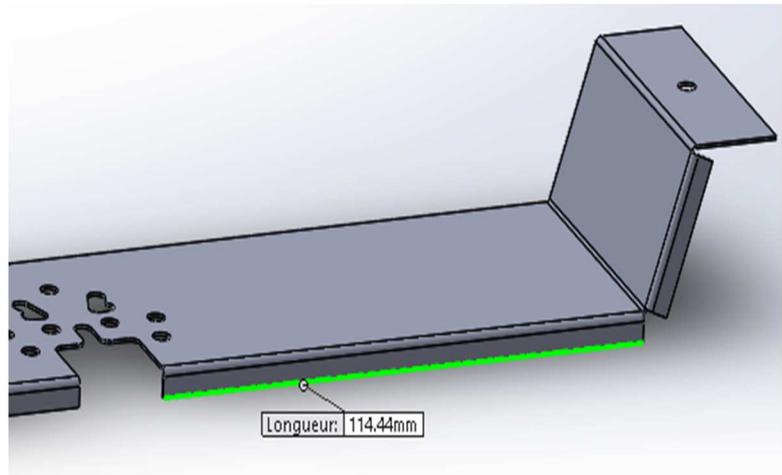


Figure IV. 13 longueur de pli 5

f- Calcul l'effort de pli 6:

$$F'6 = \frac{0.6 \times 55.33 \times 400}{10}$$

$$F'6 = 132.792 \text{ daN } (\times 2)$$

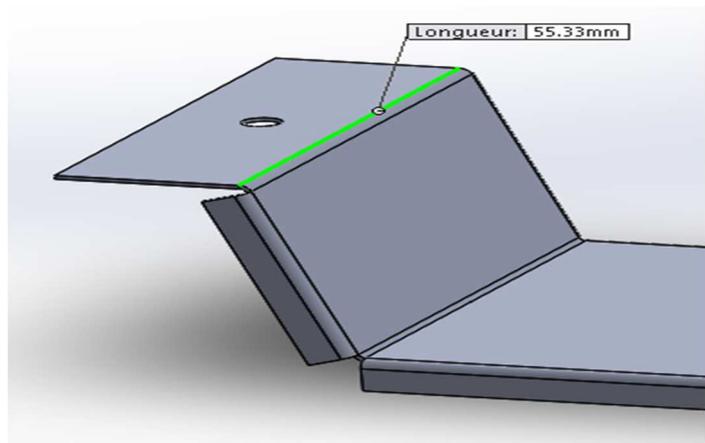


Figure IV.14 longueur de pli 6

➤ *Calcul l'effort total de première station de pliage :*

$$F \text{ total 1 station de pliage} = F1 + 4F2 + F3 + F4 + F5 + 2F6$$

$$F \text{ total 1 station de pliage} = 2369.99 \text{ daN}$$

- Calcul les efforts de deuxième station de pliage :

g- Calcul l'effort de pli 7

$$F'7 = \frac{0.6 \times 55.33 \times 40}{10}$$

$$F'7 = 132.792 \text{ daN } (\times 2)$$

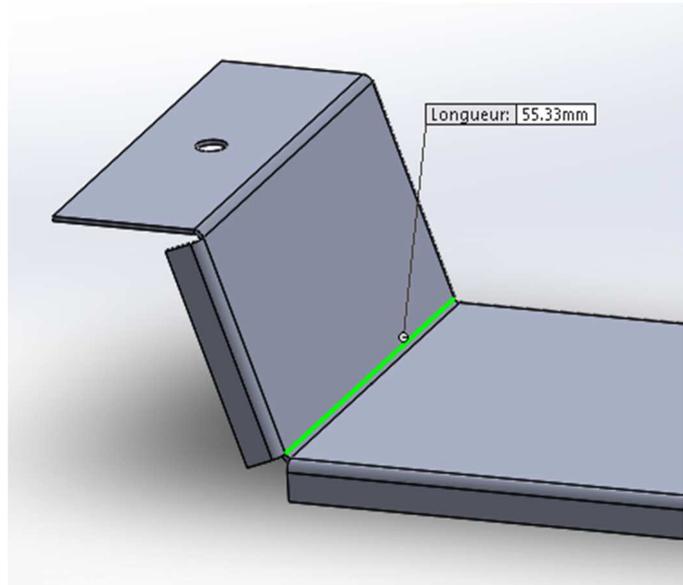


Figure IV.15 longueur de pli 7

- Calcul l'effort total de deuxième station de pliage

$$F \text{ total } 2 \text{ station de pliage} = 2F'7 = 265.58 \text{ daN}$$

$$F \text{ total de } 2^{\text{ème}} \text{ station de pliage} = 265.58 \text{ daN}$$

- Calcul l'effort total de pliage :

$$F' \text{ total pliage} = F'1 + 4F'2 + F'3 + F'4 + F'5 + 2F'6 + 2F'7$$

$$F' \text{ total pliage} = 2635.57 \text{ daN}$$

IV.4.3 Calcul de l'effort total de coupe

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

Des efforts de chaque poinçon

$$F_d = F_{\text{total poinçonnage}} + F_{\text{total pliage}}$$

$$F_d = 21238.89 \text{ daN}$$

IV.4.4 Calcul de l'effort de dévêtisse [3]

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

Poinçonnage ou pliage.

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

Le poinçon.

- Pour un découpage en plein tôle, donc avec d'importants déchets, l'effort

D'extraction est égal à 7% de l'effort de découpage :

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

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

L'effort de découpage :

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

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

Dans notre cas on a choisi 6%.

$$F_{\text{dév}} = 6\% \times F_d \text{ pour la raison de sécurité}$$

Application numérique :

$$F_{\text{dév}} = 0.06 \times 21238.89$$

$$F_{\text{dév}} = 1274.33 \text{ daN}$$

IV.4.5 Calcul de l'effort total que doit fournir la presse (F_{pr})

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

AN :

$$F_{pr} > 21238.89 + 1274.33$$

$$F_{pr} > 22513.22 \text{ daN}$$

Avec :

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

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

F_{dev} : Effort de dévêtille, (en daN),

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

$$F_{pr} > 22.513 \text{ Tonnes - force}$$

IV.4.5 Le choix de la presse à utiliser

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

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

Pour notre cas, il s'agit de découpage, et du pliage. Une presse mécanique est mieux indiquée. A partir de l'effort que nous avons calculé, nous avons opté pour une presse TP 30 col de cygne de construction allemande qui a les caractéristiques suivantes :

- Capacité de la presse (30 tonnes),
- Distance entre la table et le coulisseau en (PMH)..... (300 mm),
- Distance entre la table et le coulisseau en (PMB)..... (220 mm),
- Dimensions de la table (longueur et largeur) (700 mm × 400 mm),
- Hauteur du plan de travail..... (80 mm).

IV.4.6 Nombre et choix de ressorts

L'encombrement de l'outil, nous a permis de définir le nombre de ressorts à utiliser. Le Nombre de ressorts est de dix (14)

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

Avec :

F ressort : La force d'un seul ressort, (en daN),

F dév : La force d'extraction des poinçons, (en daN),

N : Le nombre de ressorts (N=14 ressorts).

Application Numérique :

$$F_{\text{ressort}} = \frac{1274.33}{14}$$

$$F_{\text{ressort}} = 91.02 \text{ daN}$$

IV.4.6.1 Calcul de la raideur de ressort

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

Avec :

K : La raideur du ressort.

x : La course de compression du ressort (x = 10 mm)

AN:

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

$$K = \frac{910.2}{10}$$

$$K = 91.02 \text{ N/mm}$$

- Pour le dimensionnement du ressort qui supportera l'effort (F ressort), il est nécessaire de consulter des abaques. Ces abaques classent les ressorts par couleur qui signifie le type de charge comme le montre la figure suivante



Figure IV.16: Classification des ressorts par couleur.

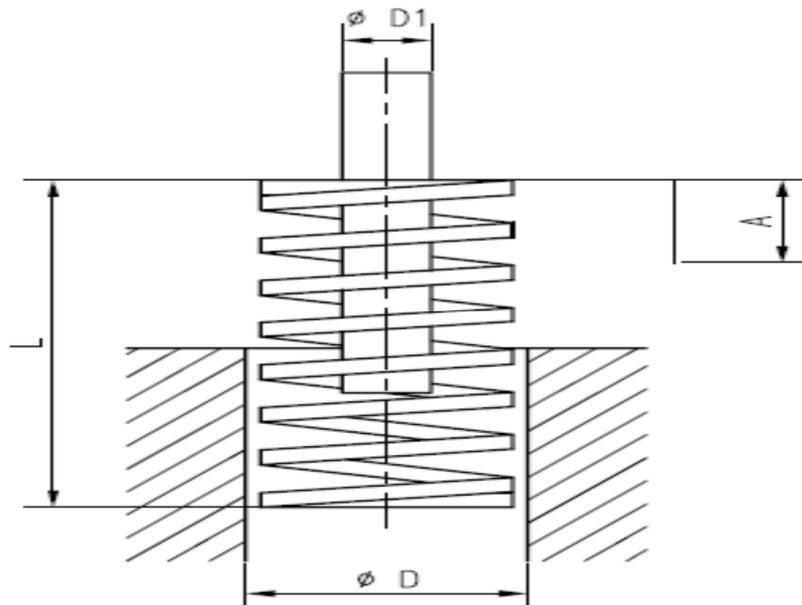


Figure IV. 17 Schéma de dimensionnement d'un Ressort.

TABLEAU IV.4 Ressort à couleur rouge (charge forte).

357		RESSORT CHARGE FORTE COULEUR ROUGE RECTANGULAR WIRE DIE SPRING RED COLOUR HEAVY LOAD					ISO		
K N/mm	A 20 %		B 30 %		C Approximatif		D1 mm	D mm	L mm
	N	mm	N	mm	N	mm			
22,1	111	5	166	7,5	199	9	5	10	25
17,5	112	6,4	168	9,6	210	12			32
17,1	130	7,6	195	11,4	257	15			38
15	132	8,8	198	13,2	255	17			44
12,8	131	10,2	196	15,3	269	21			51
10,7	137	12,8	205	19,2	278	26			64
7,5	114	15,2	171	22,8	233	31			76
2,1	128	61	192	91,5	256	122			305
42,1	211	5	316	7,5	379	9			25
33,2	212	6,4	319	9,6	432	13			32
29,3	223	7,6	334	11,4	440	15	38		
24,6	216	8,8	325	13,2	443	18	44		
19,6	200	10,2	300	15,3	392	20	51		
15	192	12,8	288	19,2	390	26	64		
13,2	201	15,2	301	22,8	396	30	76		
11,4	203	17,8	304	26,7	399	35	89		
6,4	192	20,4	287	30,6	385	41	102		
2,8	171	61	256	91,5	344	123	305		
75,7	379	5	568	7,5	681	9	25		
52,8	338	6,4	507	9,6	739	14	32		
48,5	369	7,6	553	11,4	825	17	38		
42,8	377	8,8	565	13,2	856	20	44		
37,1	378	10,2	568	15,3	779	21	51		
30,3	388	12,8	582	19,2	848	28	64		
25,7	391	15,2	586	22,8	848	33	76		
21,7	386	17,8	579	26,7	846	39	89		
19,3	394	20,4	591	30,6	849	44	102		
7,1	433	61	650	91,5	902	127	305		
216	1080	5	1620	7,5	1944	9	25		
168	1075	6,4	1613	9,6	1848	11	32		
129	980	7,6	1471	11,4	1677	13	38		
112	986	8,8	1478	13,2	1792	16	44		
94	959	10,2	1438	15,3	1880	20	51		
72,1	923	12,8	1384	19,2	1803	25	64		
59,7	907	15,2	1361	22,8	1731	29	76		
50,5	899	17,8	1348	26,7	1768	35	89		
44,2	902	20,4	1353	30,6	1768	40	102		
38,4	883	23	1325	34,5	1805	47	115		

IV.5 Les éléments constituant l'outil

Notre outil pliage-poinçonnage que nous avons proposé dans cette étude est constitué de deux partiels assemblés qui sont

IV.5.1 **Partie inférieure** : c'est la partie fixe de l'outil, elle contient les éléments suivant

1) Semelle inférieure :

C'est une plaque en acier XC38 sur laquelle on a ajusté des différents éléments (plaque support, embase, ...), son épaisseur doit être suffisante pour résister à l'effort de poinçonnage et pliage.

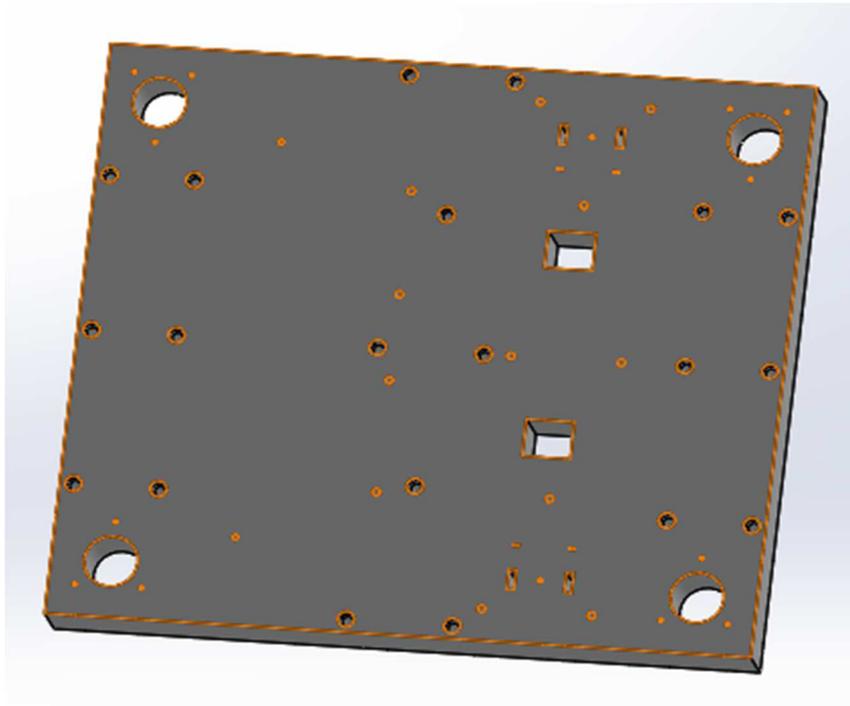


Figure IV.18 semelle inférieur

2) **Tasseaux :**

Porte la partie inférieure de l'outil et assure sa fixation sur la table de presse avec bridage. Ils sont en acier S 275

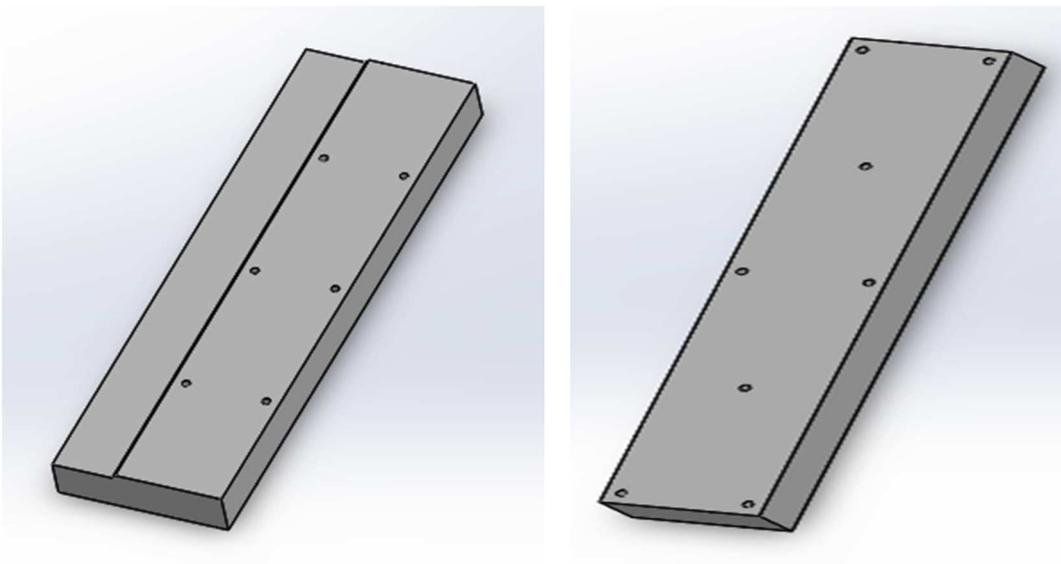


Figure IV.19 Les tasseaux

3) La matrice inférieure

C'est le support d'empreinte dans lequel les poinçons pénètrent lors de l'opération de poinçonnage et de pliage. Elle doit être suffisamment épaisse pour supporter l'effort de serre flan. Elles sont en acier Z200C12.

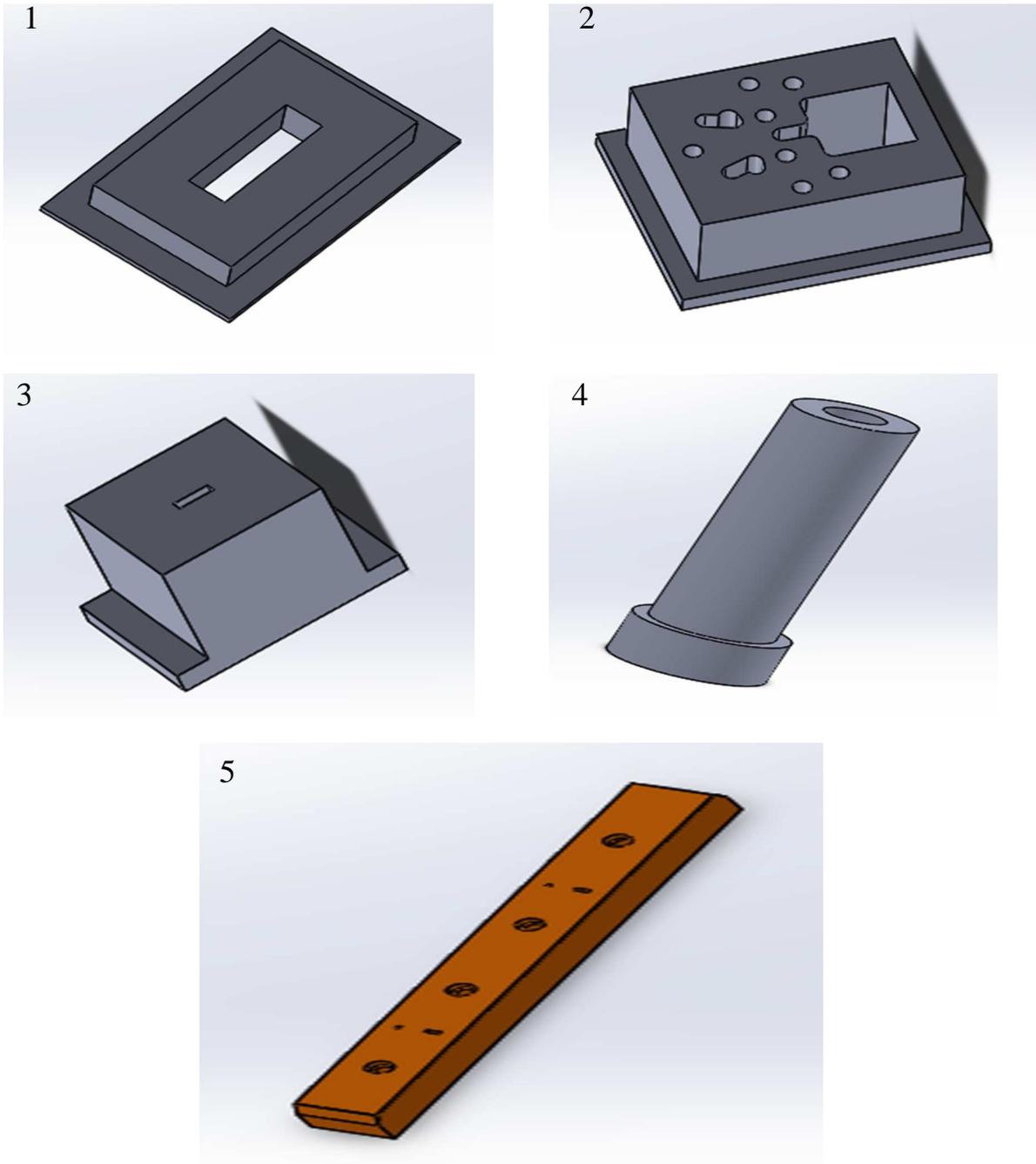


Figure IV.20 L'ensembles des matrices inférieures de poinçonnage (1,2,3,4) et de pliage (5)

4) Embases inférieure :

C'est des éléments en acier XC65 qui assurent le guidage entre la semelle supérieure et inférieure par l'intermédiaire des colonnes de guidage. (Dans notre travail on a réalisé les embrasses pour jouer deux rôles le premier c'est une embase et le deuxième c'est une butée de fin de course

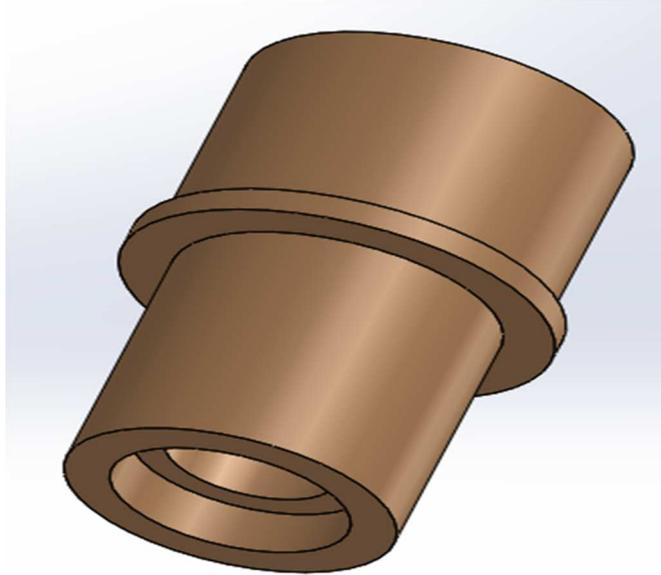


Figure IV21. Embase et butée de fin de course

5) Colonnes de guidage :

Sont des éléments en acier en acier CDN42, elles servent à guider l'outil, elles sont fixées au niveau des embases inférieures mais elles coulissent au niveau des embases supérieures.

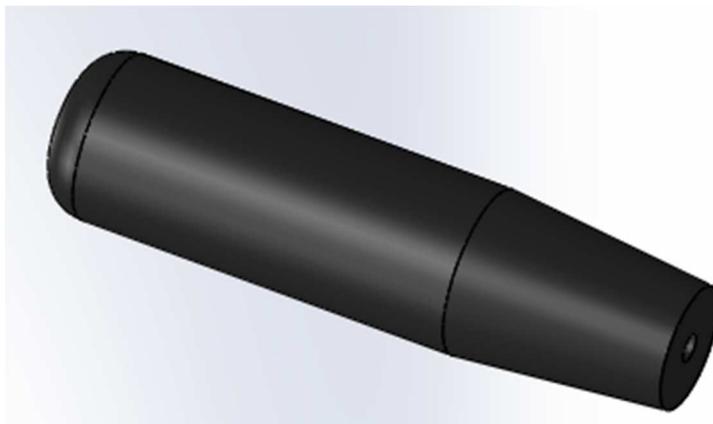


Figure IV.22 Colonne de guidage

6) Porte matrice de poinçonnage

Une plaque en acier XC38 E elle porte l'ensemble des matrices inférieures de poinçonnage

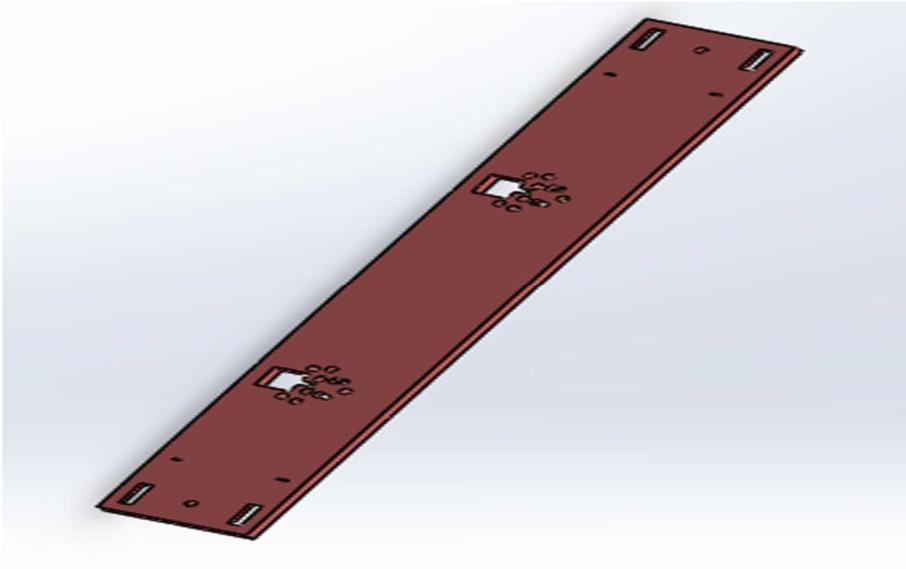


Figure IV.23 Porte matrice de poinçonnage

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

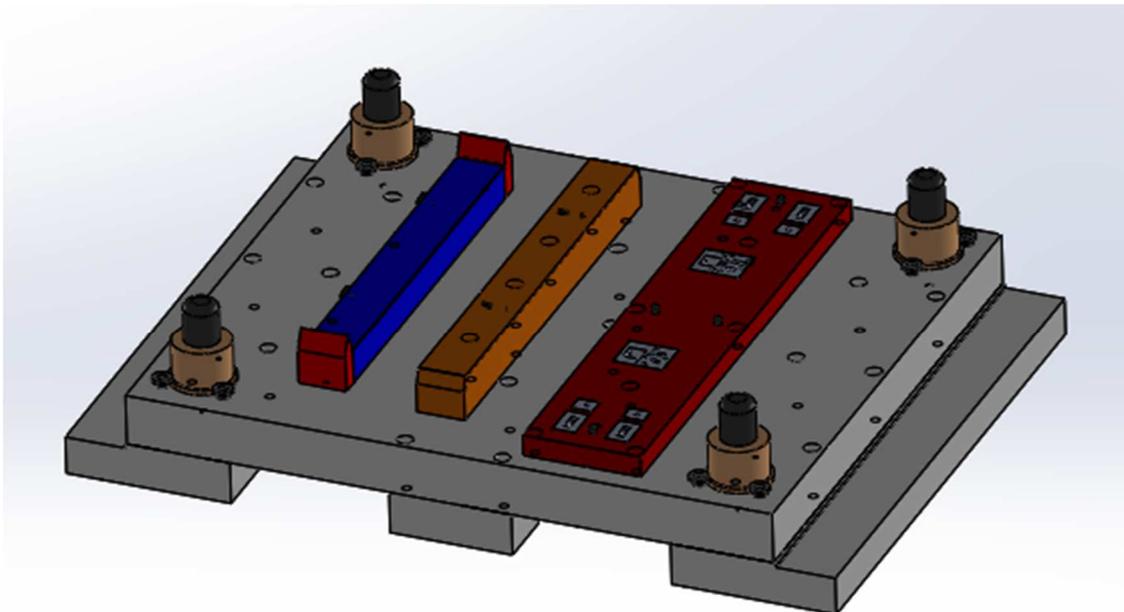


Figure IV.24 Partie fixe de l'outil

IV.5.2 Partie supérieurs

C'est la partie mouvante de l'outil elle suit une trajectoire verticale imposé par la presse, elle contient les éléments suivants :

- 1) **Poinçon** : ce sont les principaux éléments qui exercent réellement le travail lors de l'opération de poinçonnage et pliage, ils sont en acier Z200C12

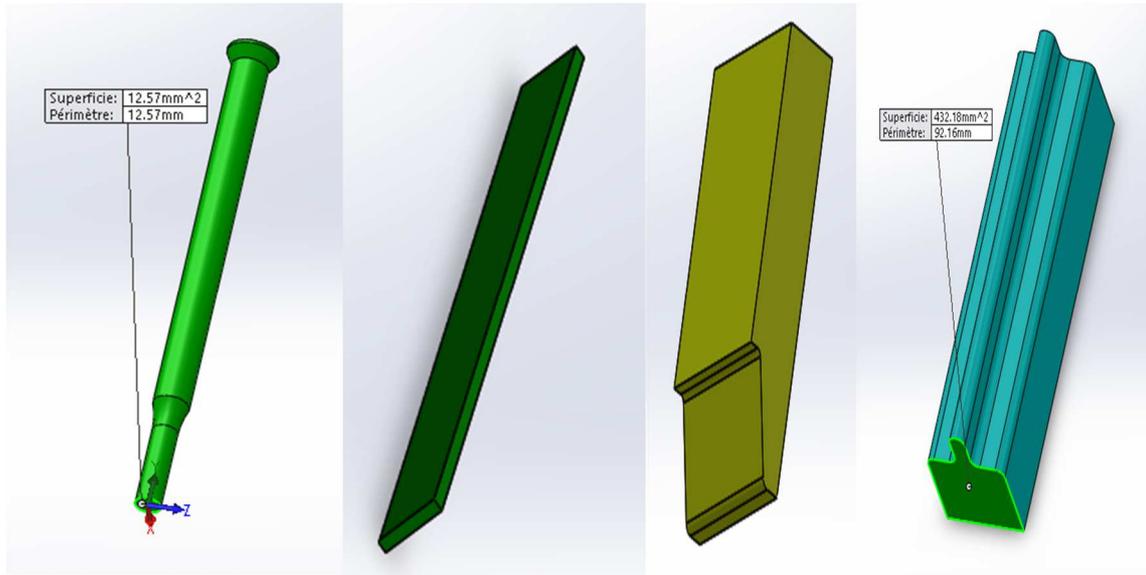


FIGURE IV.25 poinçon

- 2) **Semelle supérieur** : c'est un mono bloc de même matériau que la semelle inférieure XC38, elle est fixée sur le coulisseau de la presse. Elle assure la fixation des matrices avec ajustement légèrement pressé, son épaisseur doit être suffisante pour assurer une bonne tenue des matrices.

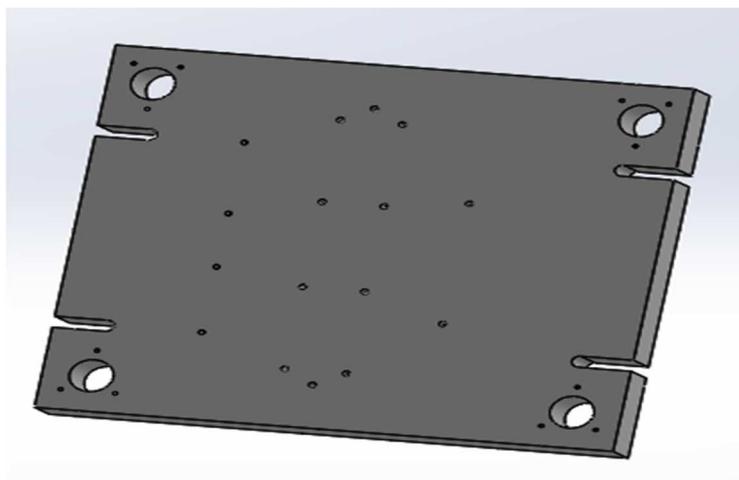


Figure IV. 26 semelle supérieur

- 3) **Embase supérieur** : C'est des éléments en acier XC65 qui assurent le guidage entre la semelle supérieure et inférieure par l'intermédiaire des colonnes de guidage

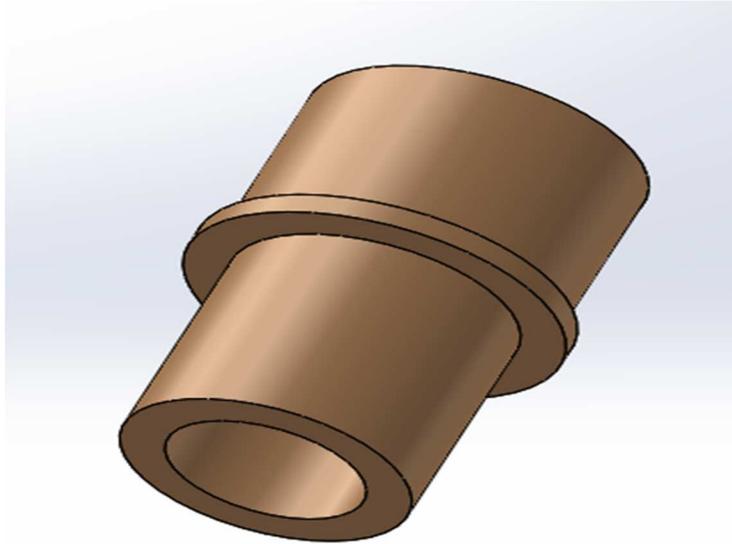


Figure IV.27 Embase supérieur

- 4) **Serre-flan** : il sert au serrage de la tôle lors de l'opération pliage, poinçonnage et l'ajustement des poinçons sur la semelle inférieure, il est en **C45 (XC48)**.

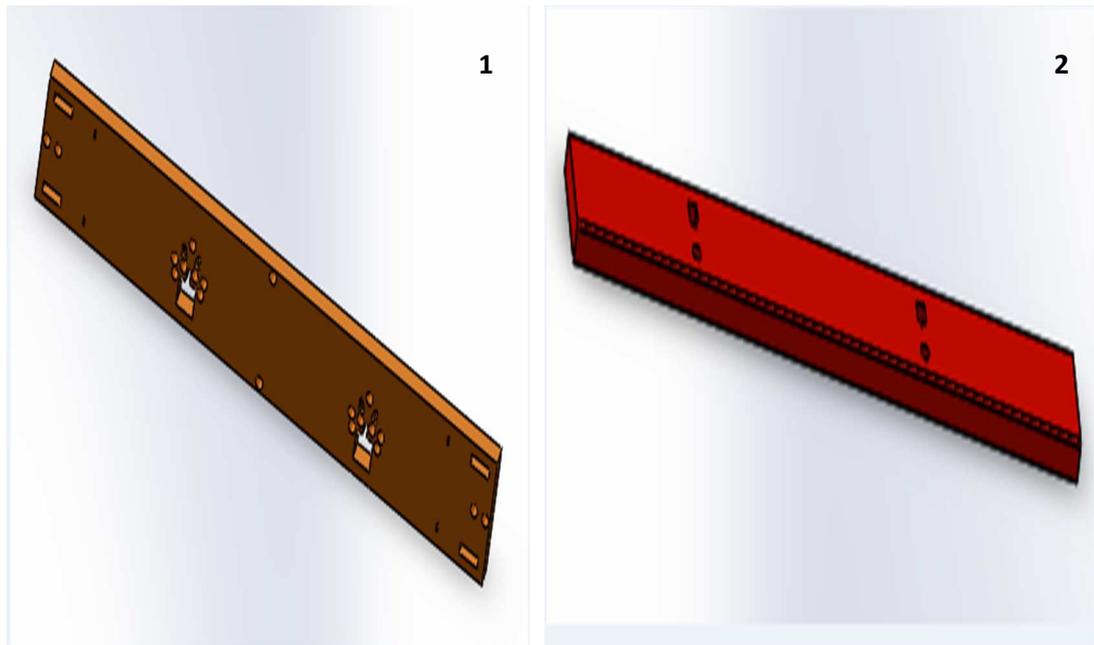


Figure IV.28 Serre flan de poinçonnage (1) et pu pliage (2)

- 5) **Porte poinçon** : Il sert à fixer et guider les différents poinçons dans leur travail et aussi supporter le serre flan. Il est en acier XC38

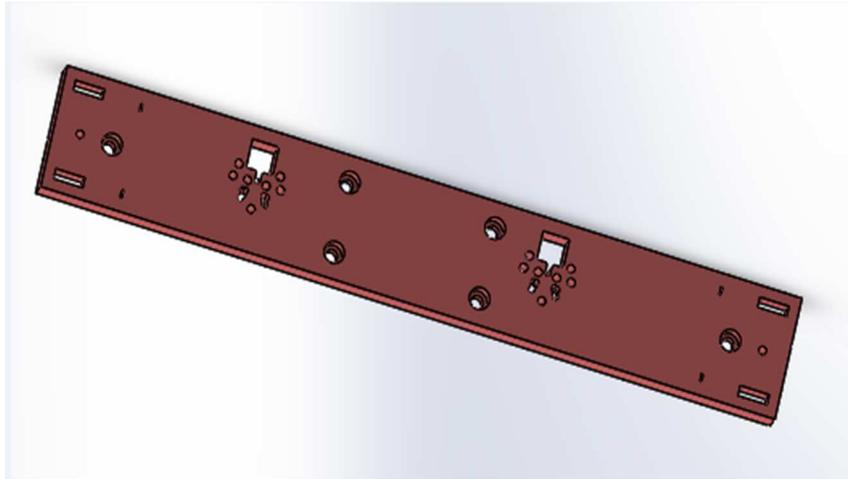


Figure IV.29 Porte poinçon

- 6) **Matrice de pliage** : Elle doit résister aux efforts du pliage et suffisamment épaisse pour supporter l'effort du serre flan et éviter les déformations.

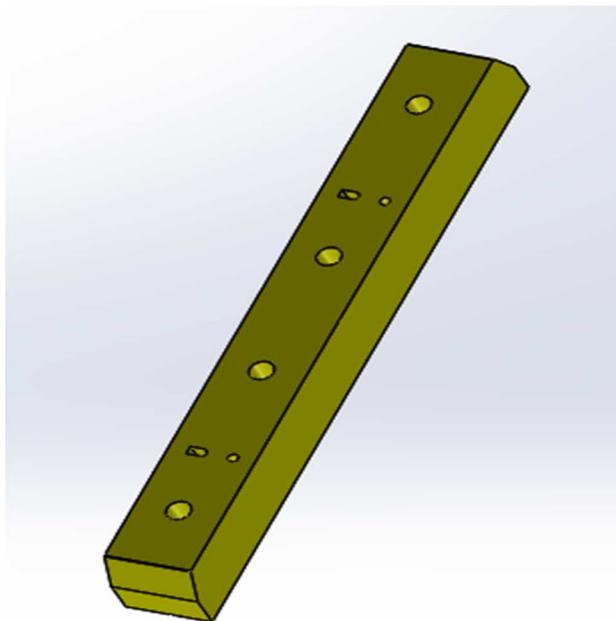


Figure IV.30 Matrice de pliage

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

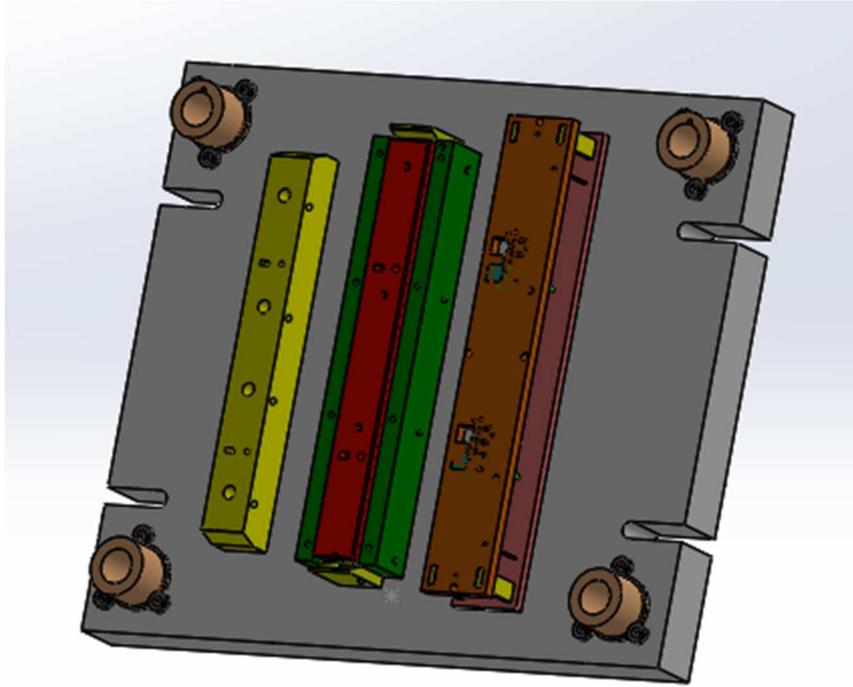
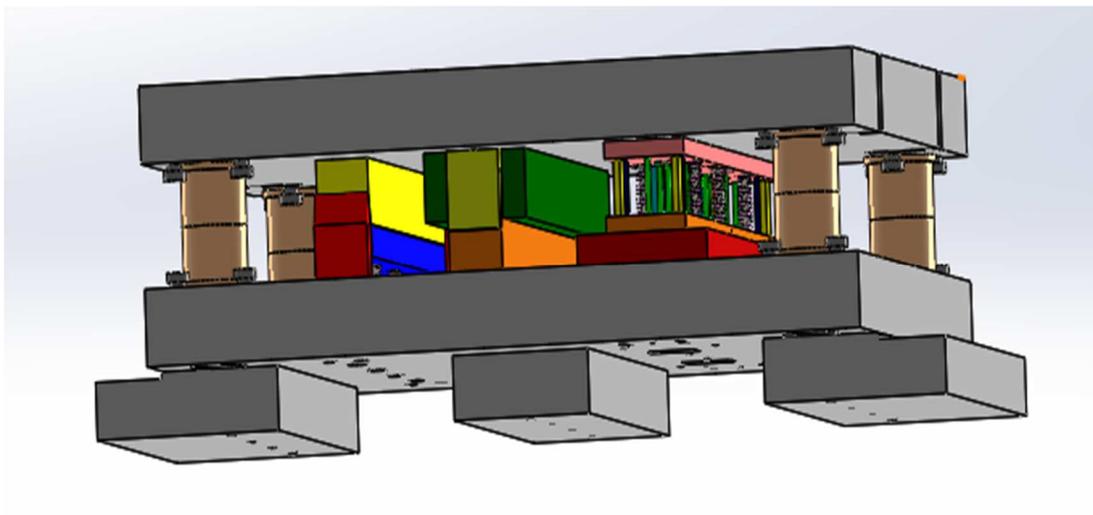


Figure IV. 31 Partie mobile de l'outil



FigureIV.32 Outil complète assemblé

IV.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons réussi à faire une étude, et à concevoir un outil à bande qui sert à la réalisation d'une traverse de la nouvelle cuisinière ENIEM. Les différents calculs que nous avons effectués successivement, nous ont permis d'avoir les dimensions approximatives du flan théorique, la capacité de la presse à utiliser après le calcul de toutes les forces. Ainsi les efforts des ressorts utilisés et leur raideur.

Conclusion générale

Cette étude nous a permis d'élargir nos connaissances dans le domaine de la mise en forme des tôles, ainsi que de comprendre la raison pour laquelle les tôles occupent une place importante dans les différents secteurs industriels.

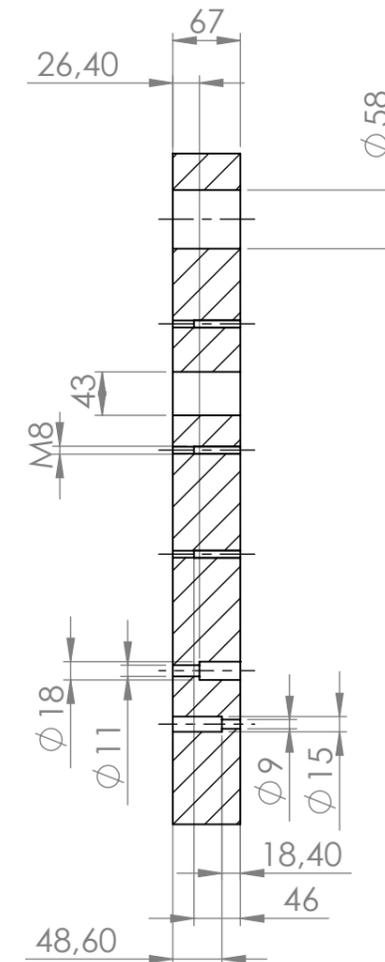
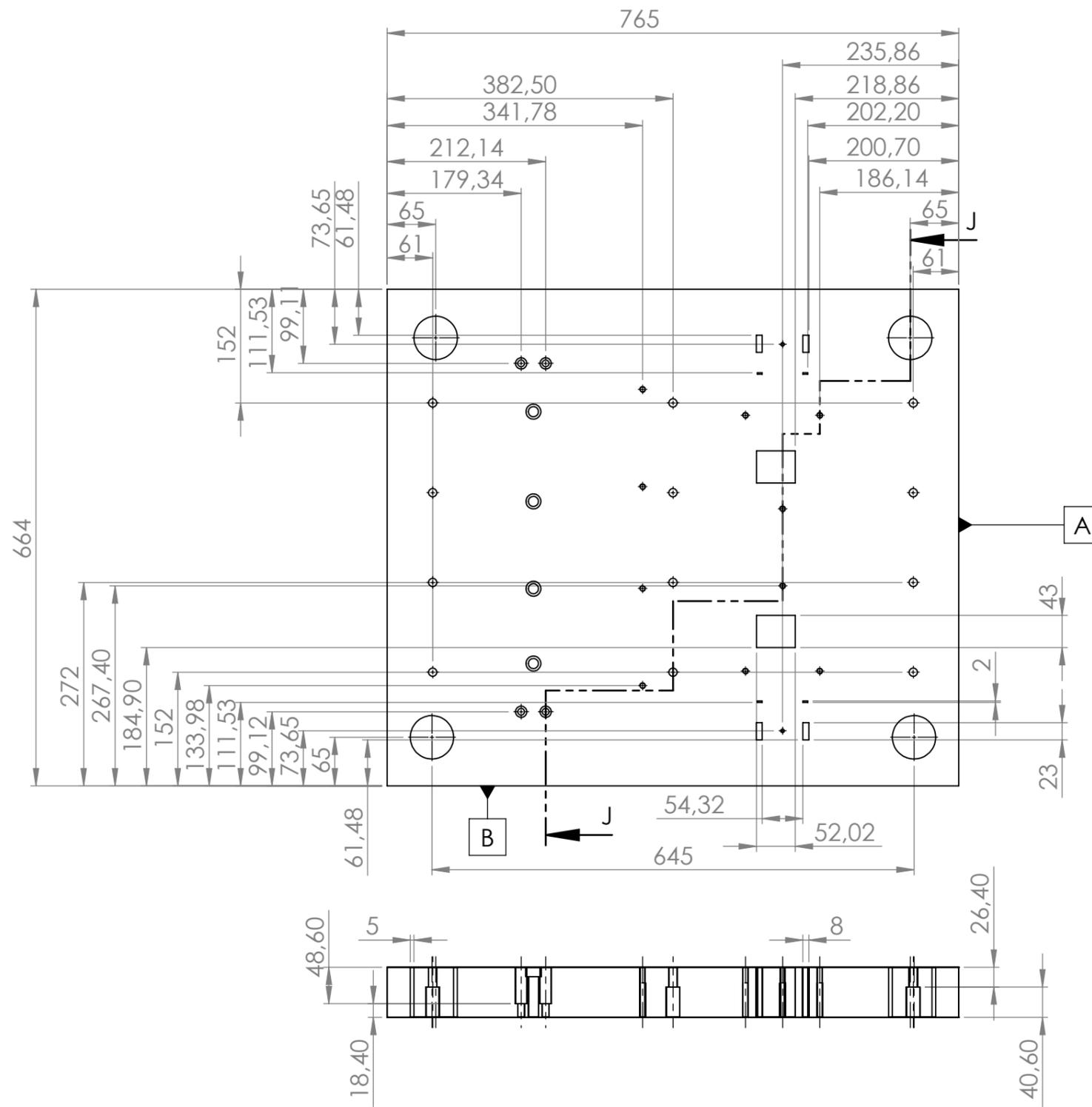
La conception réalisée en utilisant le logiciel de conception SolidWorks qui nous a permis d'avoir les caractéristiques dimensionnelles et géométriques des différents composants de l'outil.

Cette conception est faite d'une manière à faciliter la réalisation et la maintenance de l'outil et assurer une longue durée de vie avec un bas prix de revient.

Malgré nos efforts pour mener à bien cette étude, ce travail constitue une contribution de plus dans le domaine, par conséquent, il reste ouvert aux critiques et à la proposition allant dans le sens de son amélioration.

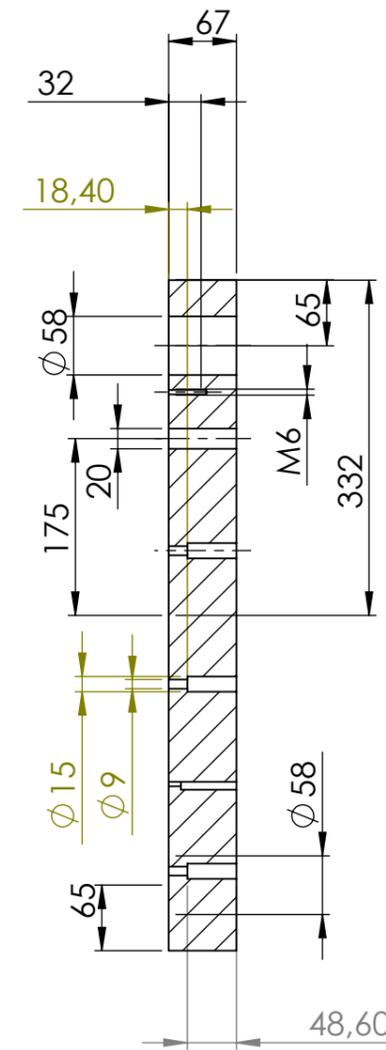
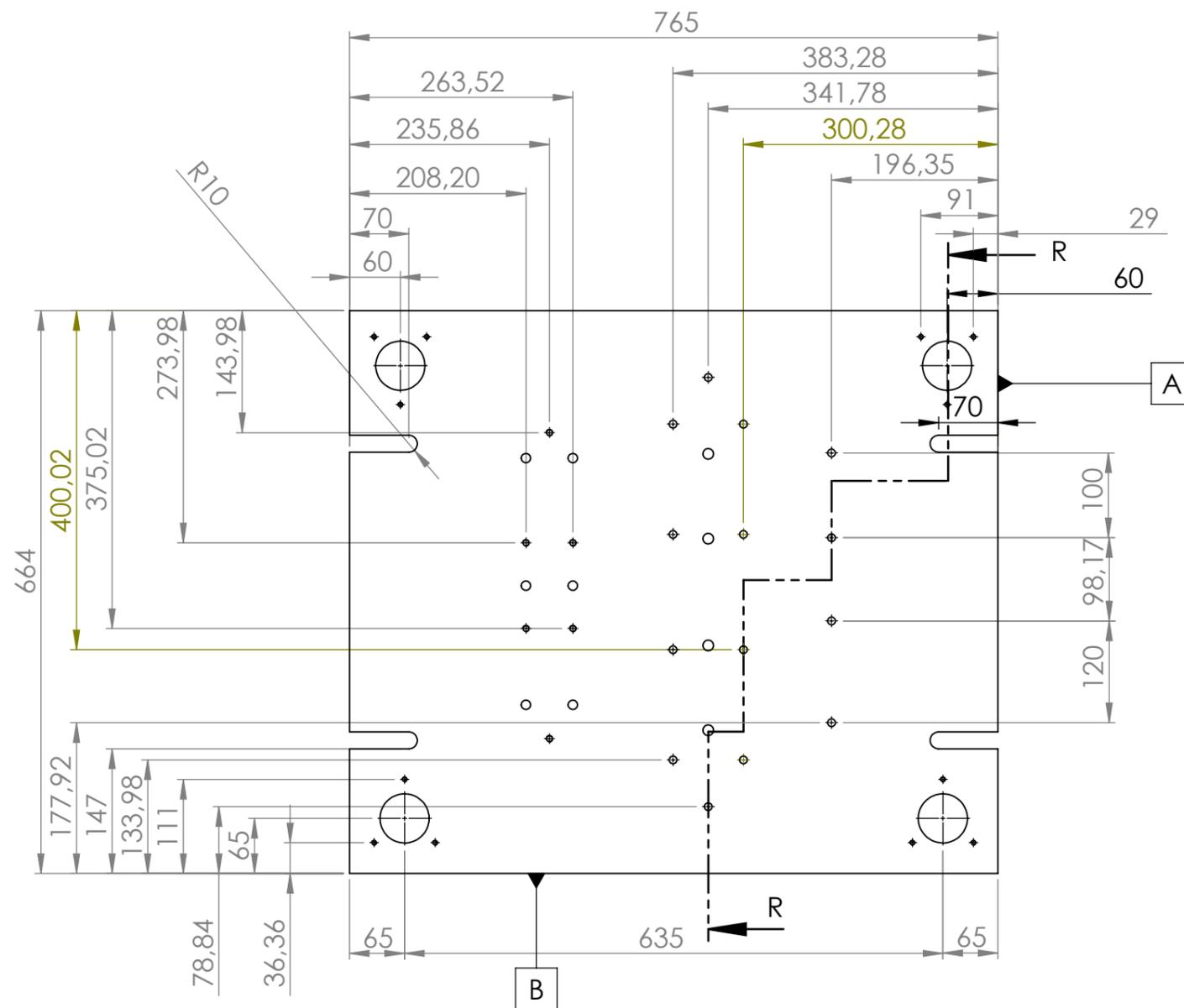
Références bibliographiques

- [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).

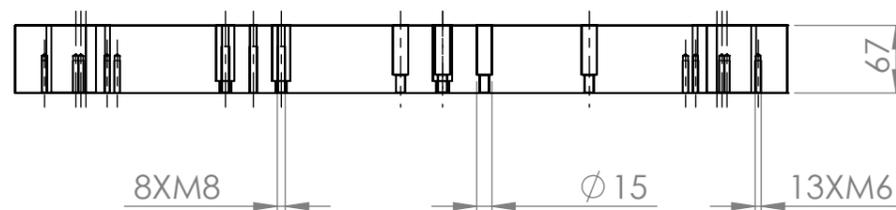


COUPE J-J
ECHELLE 1 : 7

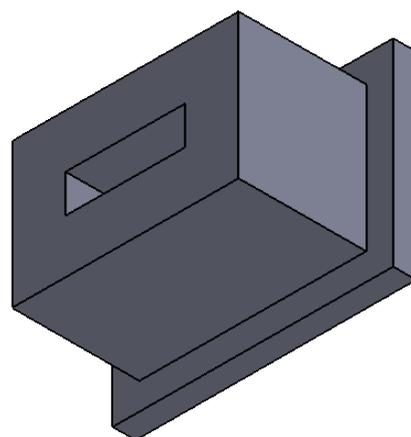
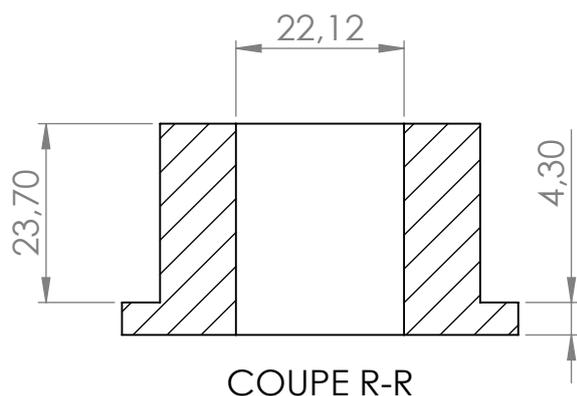
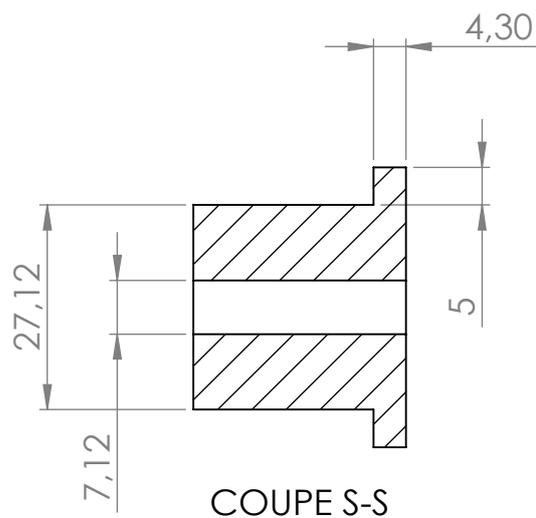
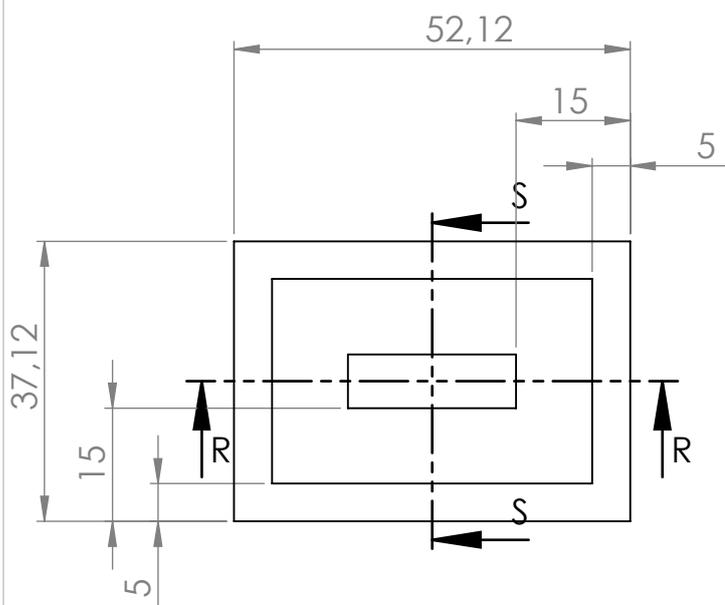
01	01	Semelle inférieure	XC38	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:7		OUTIL A STATION	OUBRAHAM.A BELKHIS.M	
			Planche N°: 01	
A3			Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou M2 CM	



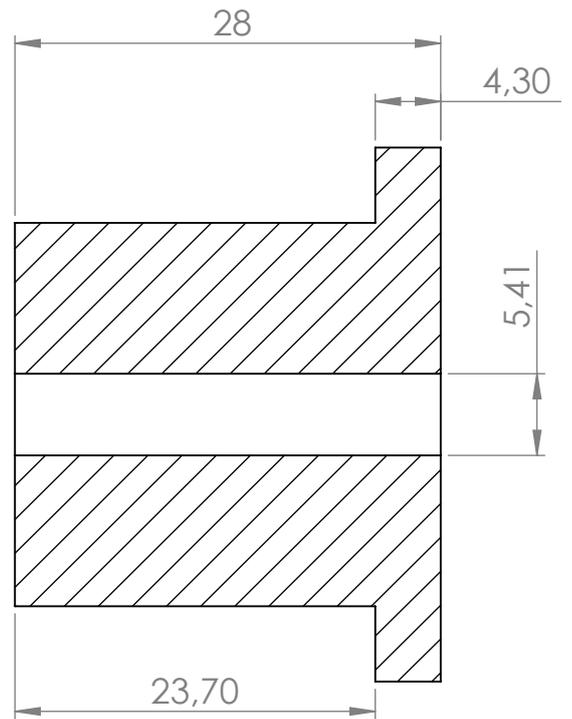
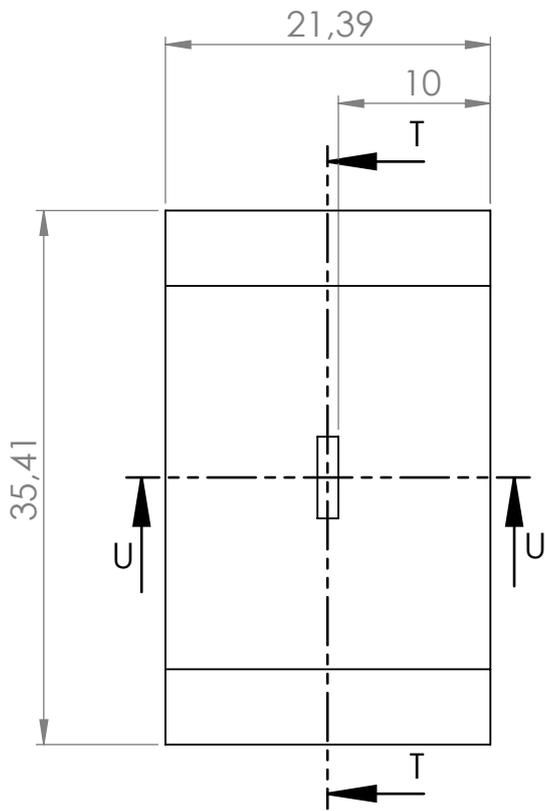
COUPE R-R
ECHELLE 1 : 7



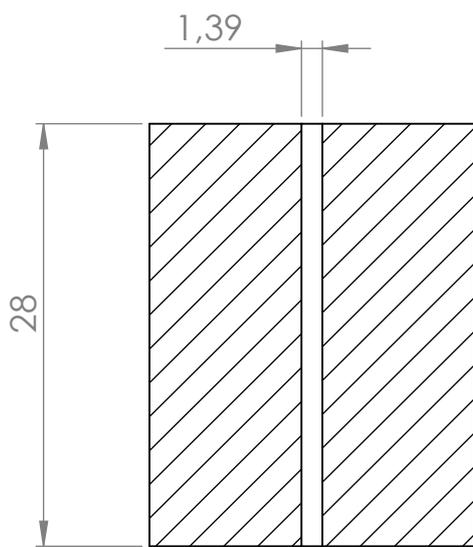
25	01	Semelle superieure	xc38	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:7		<h2 style="text-align: center;">OUTIL A STATION</h2>	OUBRAHAM.A BELKHIS.M	
			Planche N°: 25	
A3		Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou	M2 CM	



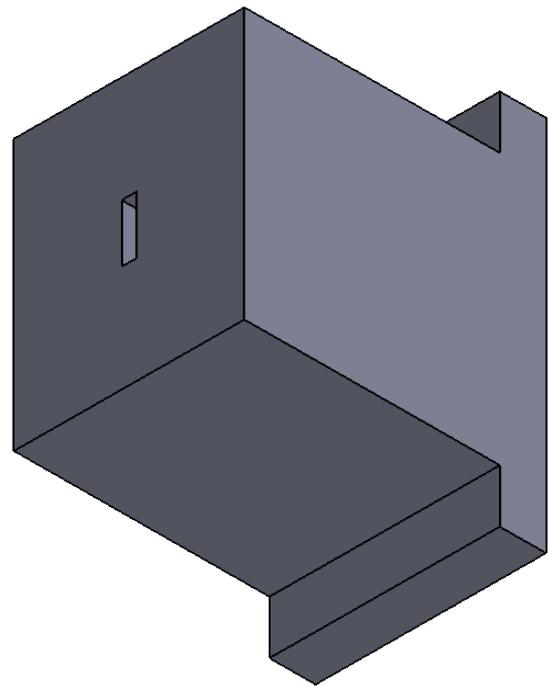
09	04	MATRICE 02	Z200C12	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observations
Echelle: 1:1		OUTIL A STATION		OUBRAHAM.A BELKHIS.M
				Planche N°: 09
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou		M2 CM

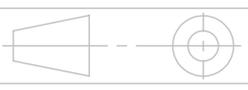


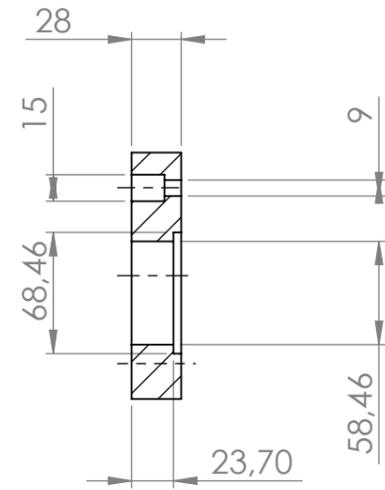
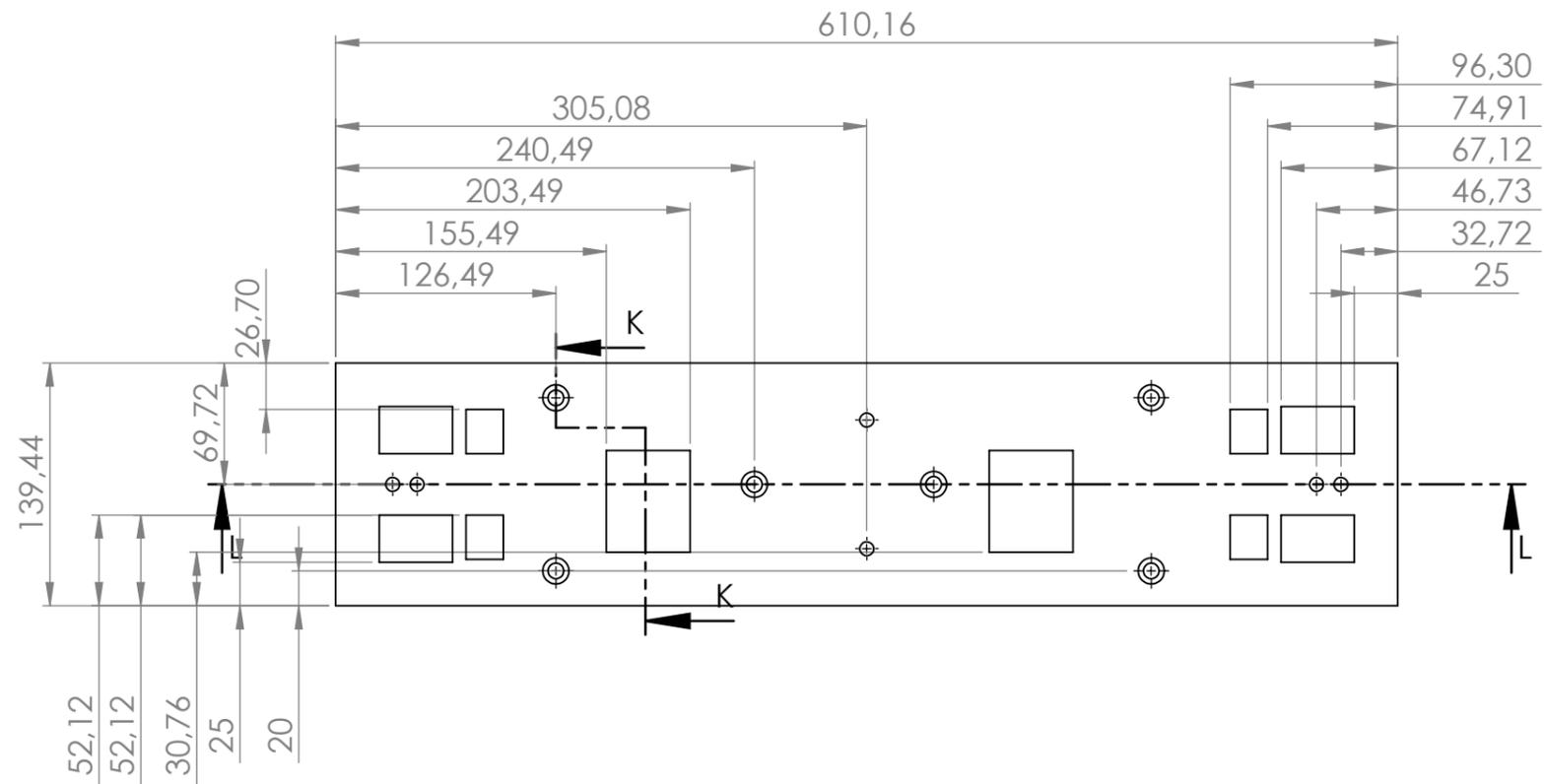
COUPE T-T



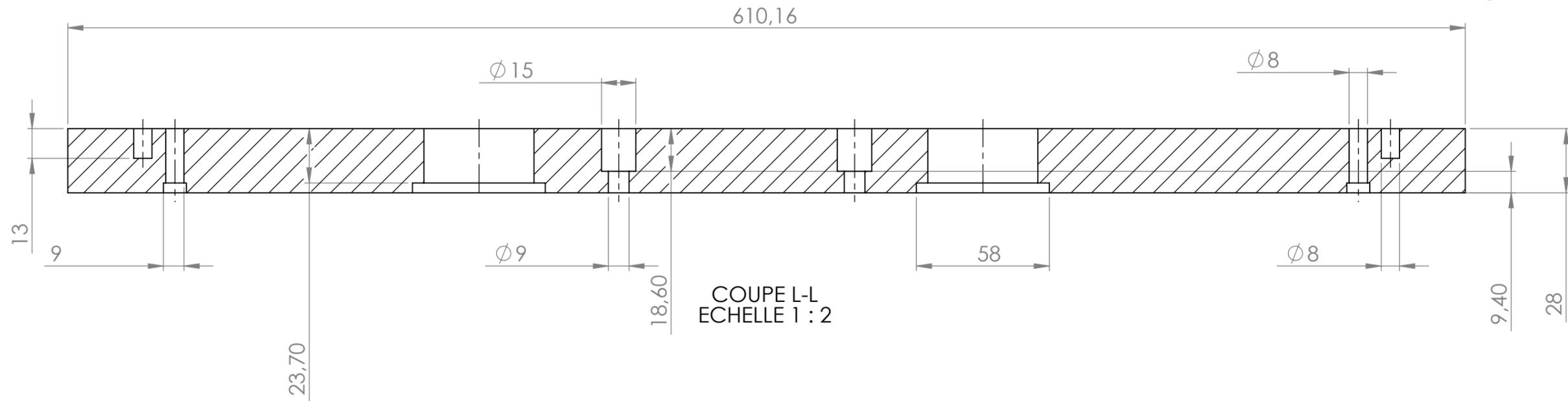
COUPE U-U



07	04	MATRICE 03	Z200C12	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observations
Echelle: 1:1		OUTIL A STATION		OUBRAHAM.A BELKHIS.M
				Planche N°: 07
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou		M2 CM

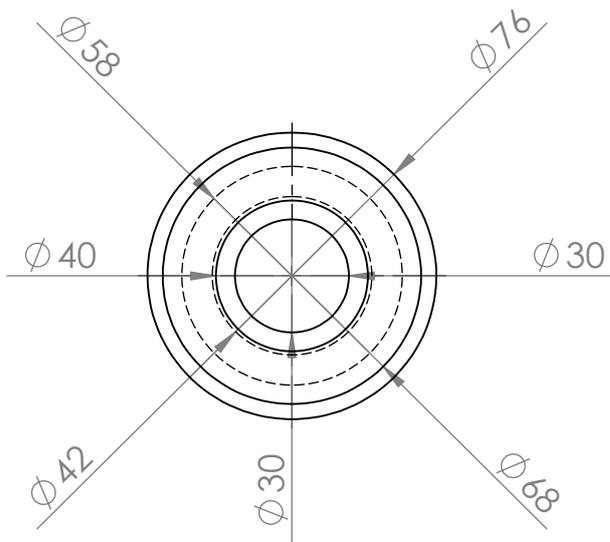
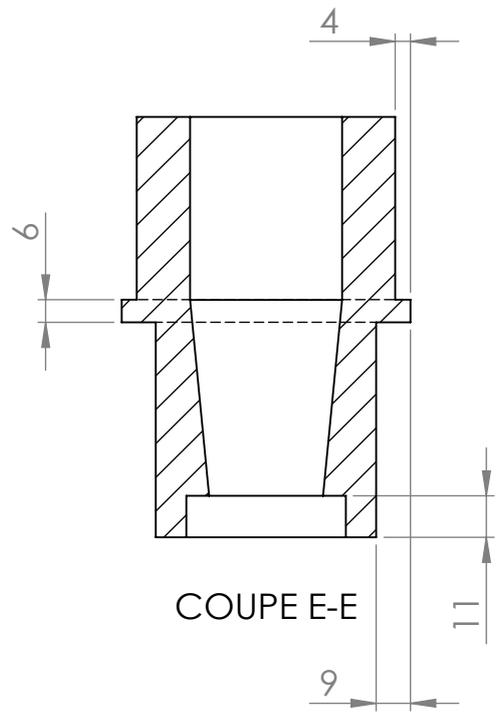
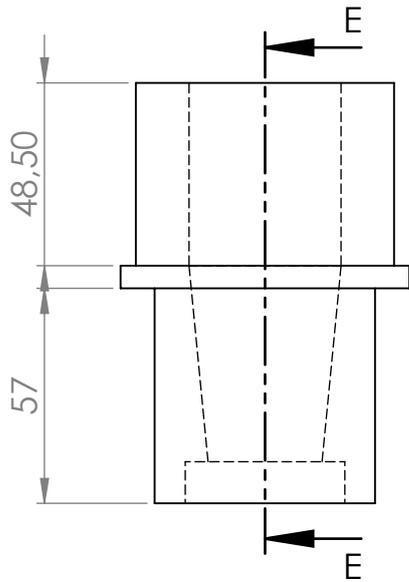


COUPE K-K
ECHELLE 1 : 4

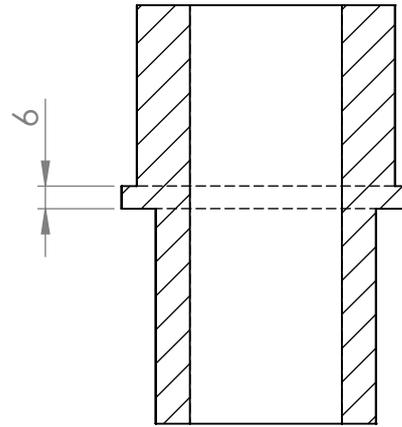
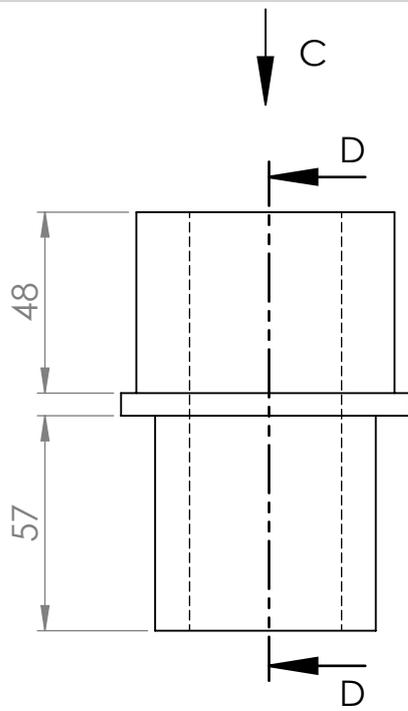


COUPE L-L
ECHELLE 1 : 2

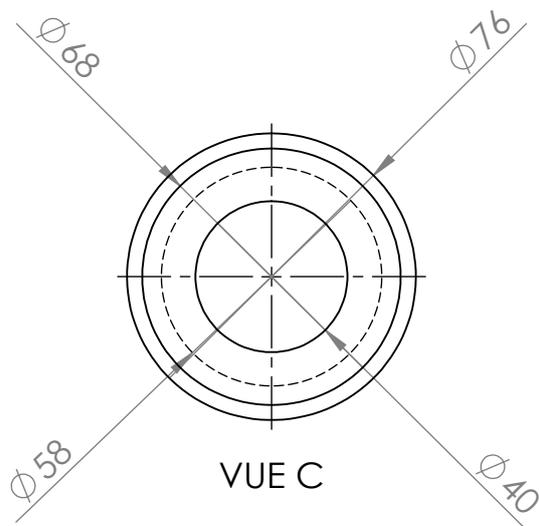
06	01	PORTE MATRICE	XC38	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		OUTIL A STATION	OUBRAHAM.A BELKHIS.M	
			Planche N°: 06	
A3			Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou M2 CM	



04	04	Embase inférieure	Bronze	
REP	NB			Observations
Echelle: 1:2		OUTIL A STATION		OUBRAHAM.A BELKHIS.M
				Planche N°:04
A4		Université Mouloud MAMMERRI -tizi ouzou		M2 CM

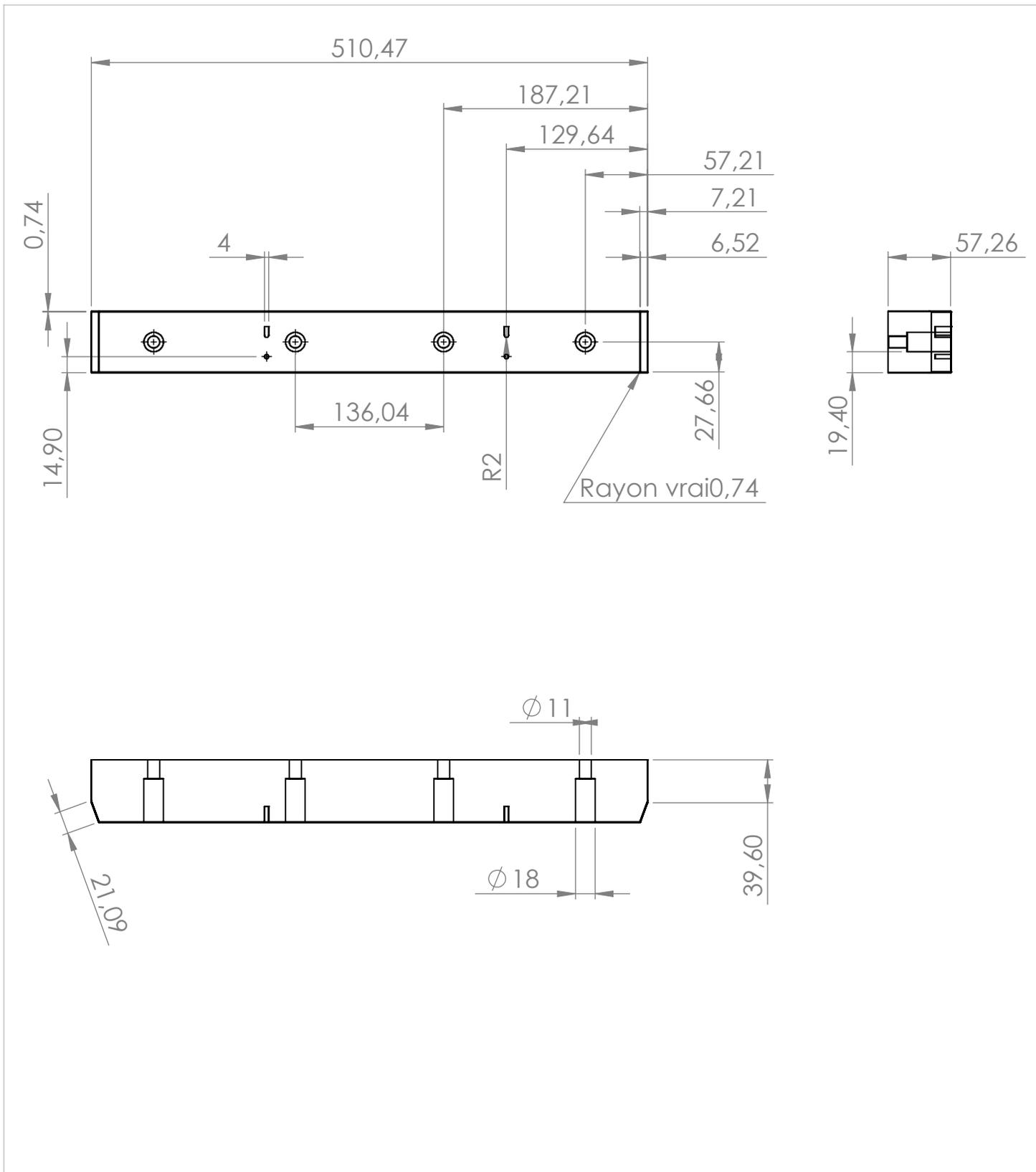


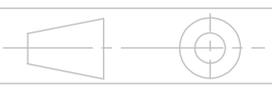
COUPE D-D

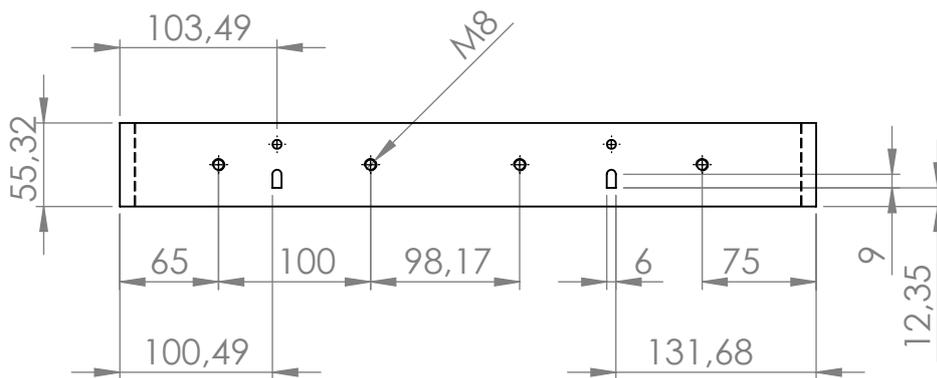
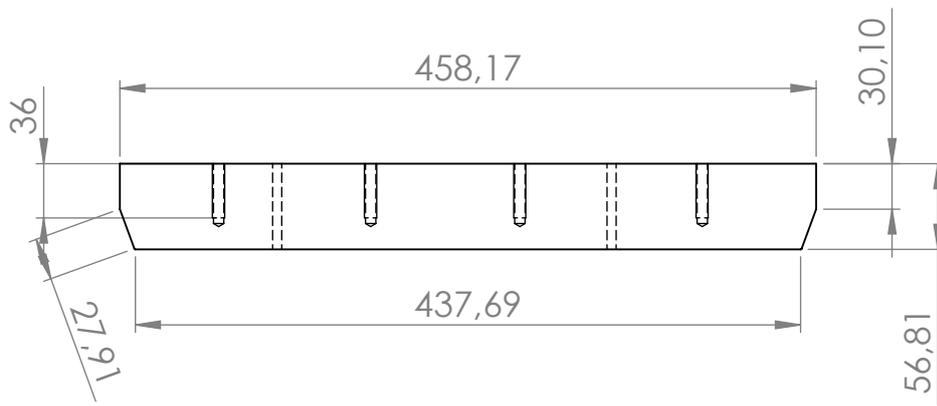


VUE C

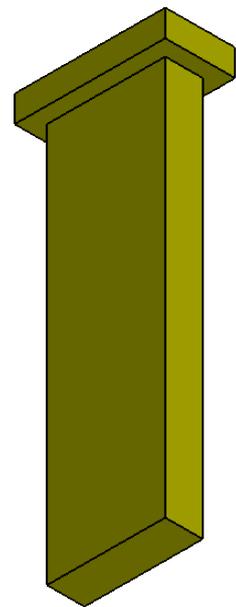
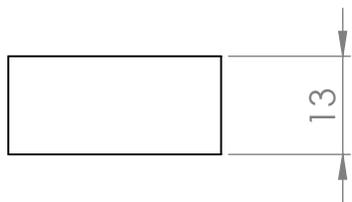
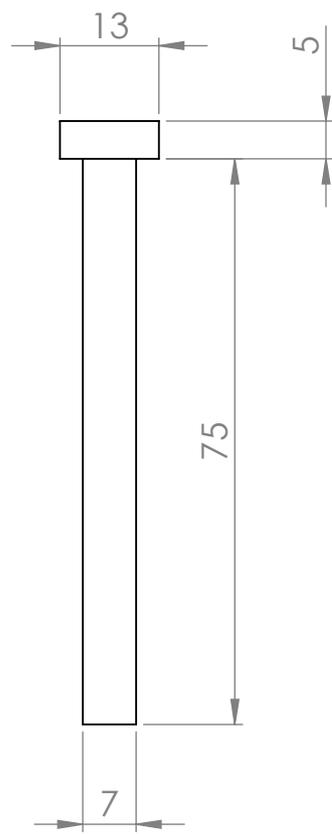
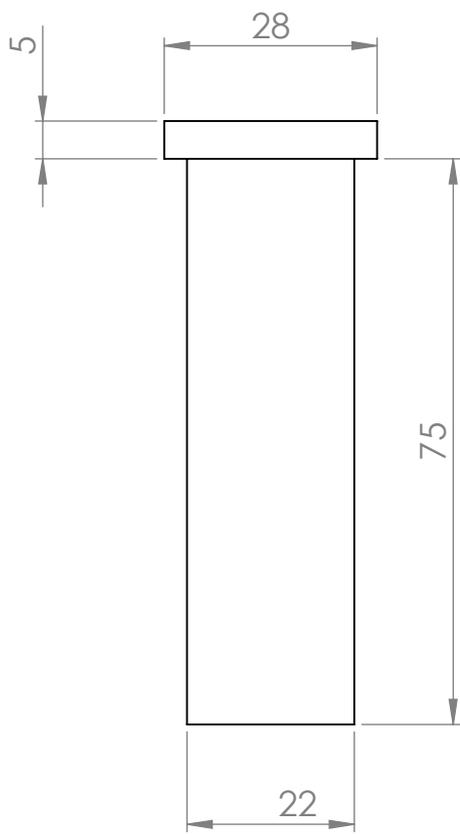
38 04	Embase supérieure	Bronze	
Rep NB			Observations
Echelle: 1:2	OUTIL A STATION		OUBRAHAM.A BELKHIS.M
			Planche N°:38
A4	Université Mouloud MAMMERI -tizi ouzou	M2 CM	



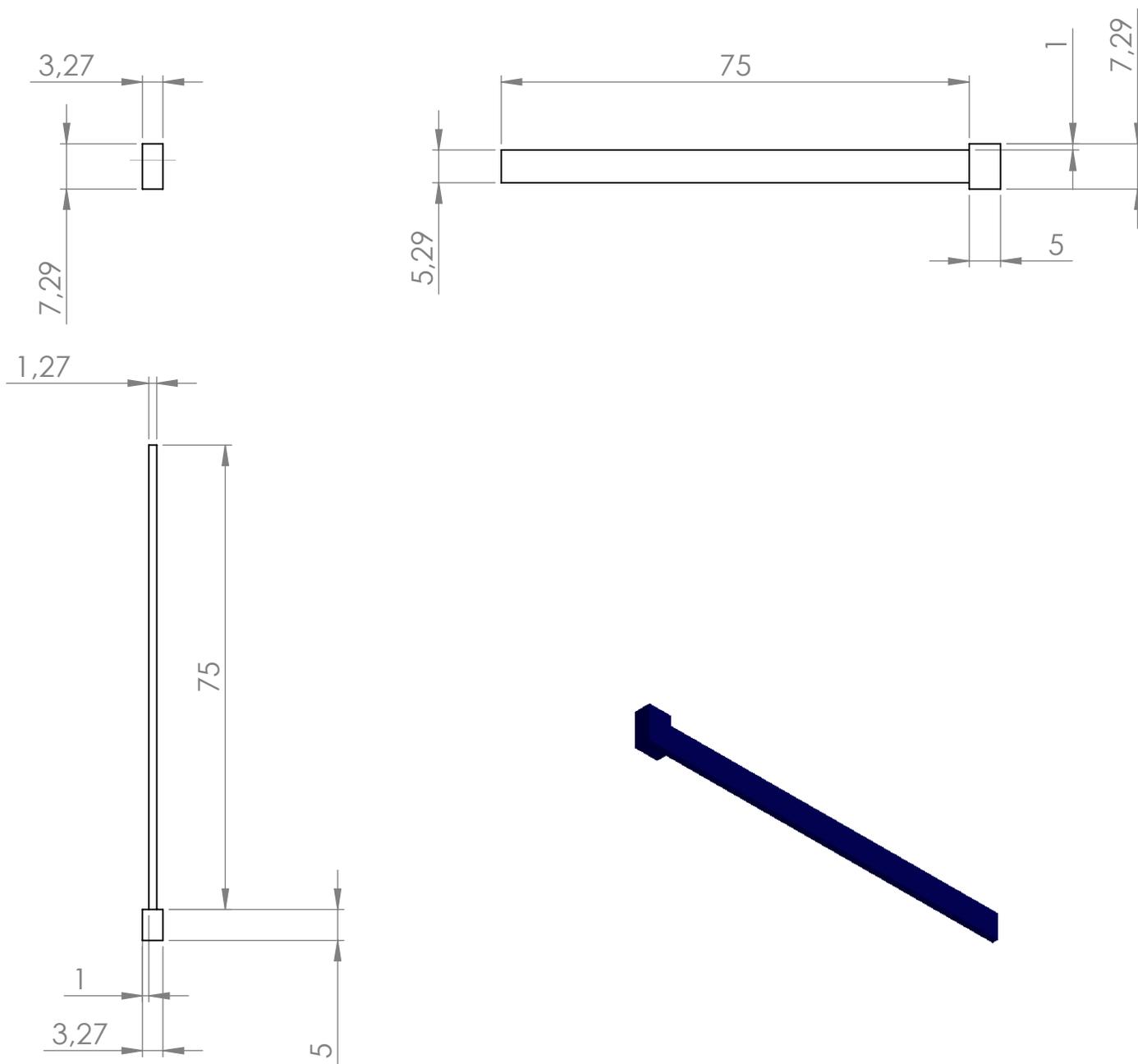
11	01	MATRICE DE PLIAGE 1	Z200C12	
REP	NB	Désignation	Matière	Observations
Echelle: 1:5		OUTIL A STATION		OUBRAHAM.A BELKHIS.M
				Planche N°:11
A4		Université Mouloud MAMMERRI -tizi ouzou		M2 CM



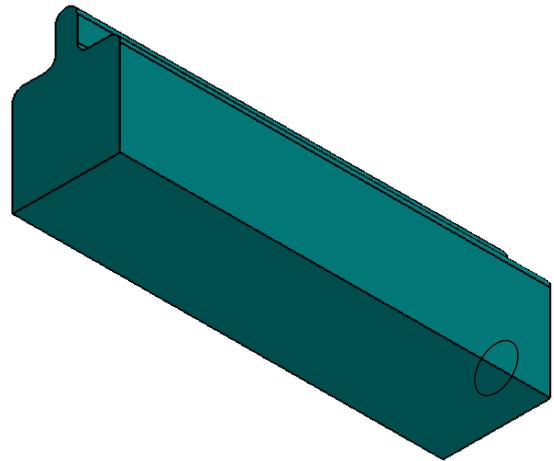
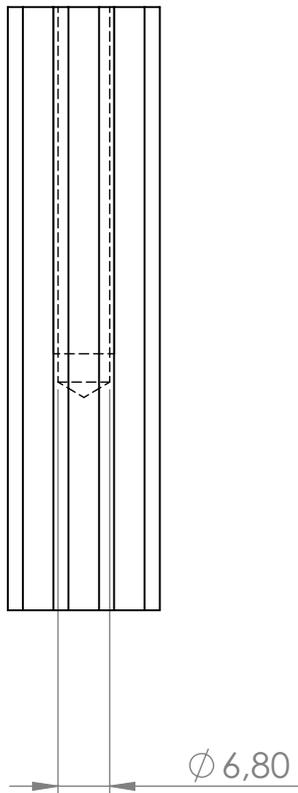
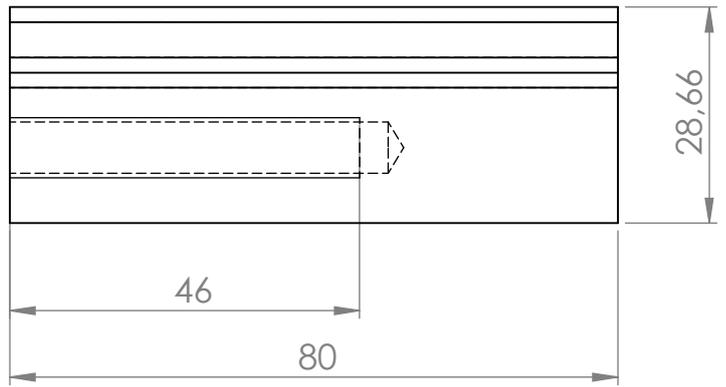
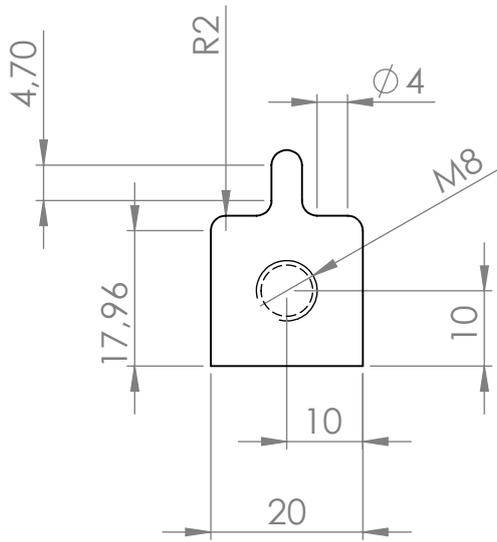
37	01	matrice de pliage final	Z200C12	
REP	NB			Observations
Echelle: 1:5		OUTIL A STATION		OUBRAHAM.A BELKHIS.M
				Planche N°:37
A4		Université Mouloud MAMMERRI -tizi ouzou		M2 CM

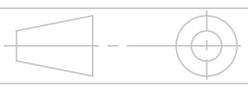


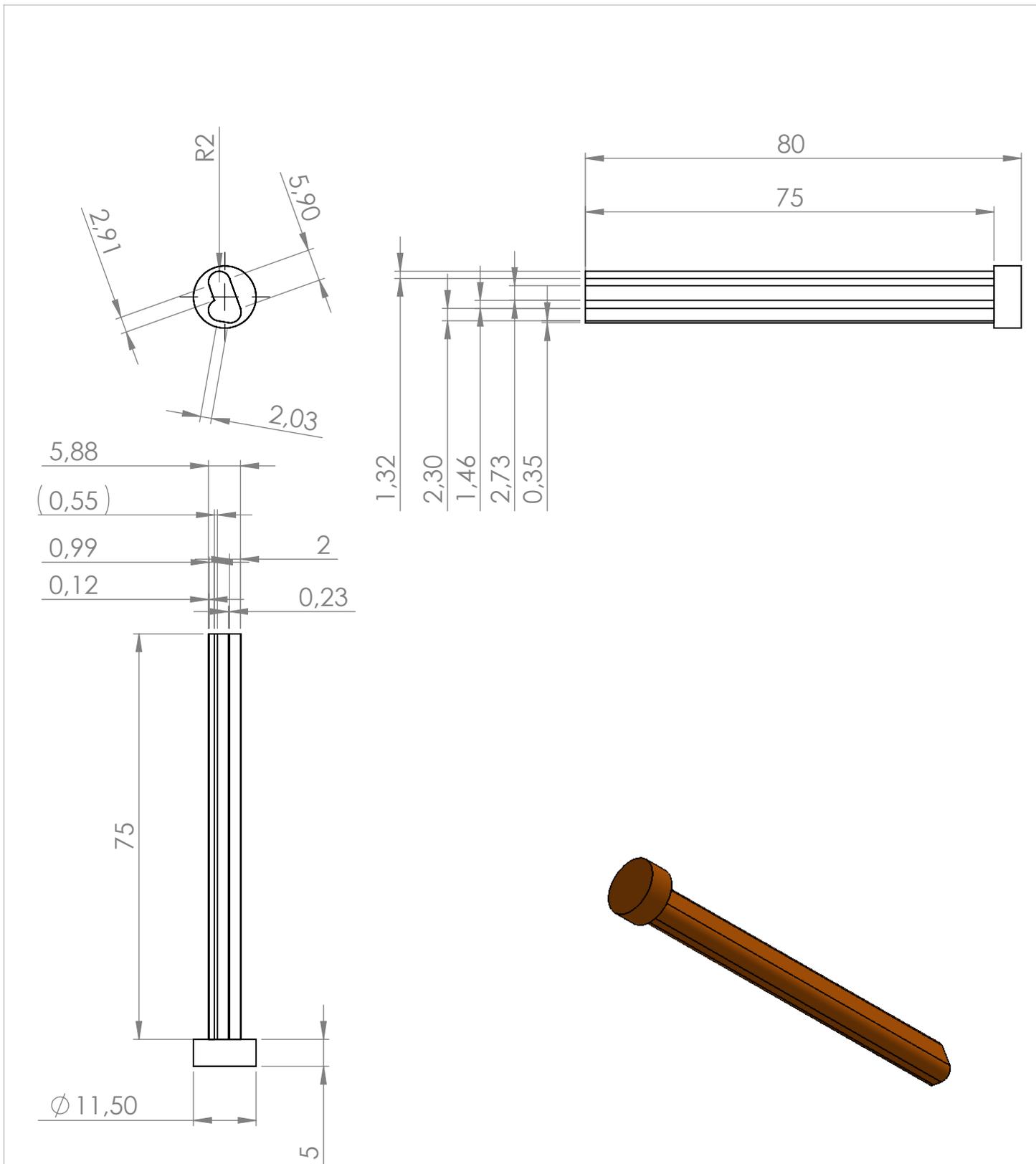
27	04	Poinçon 02	Z200C12
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle: 1:1		OUTIL A STATION	OUBRAHAM.A BELKHIS.M
			Planche N°: 27
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou	M2 CM

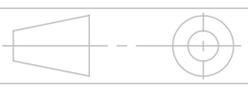


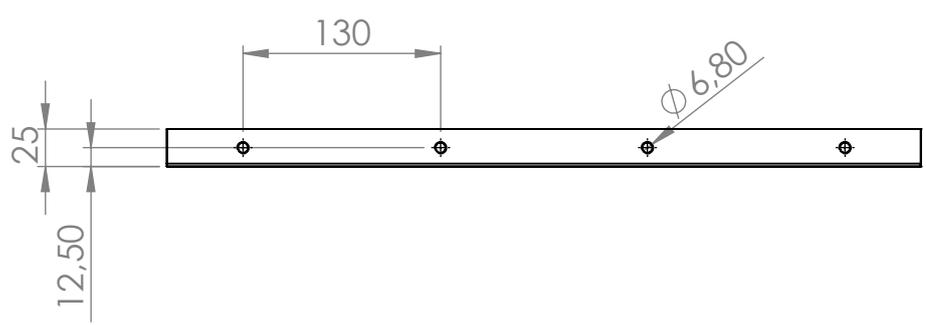
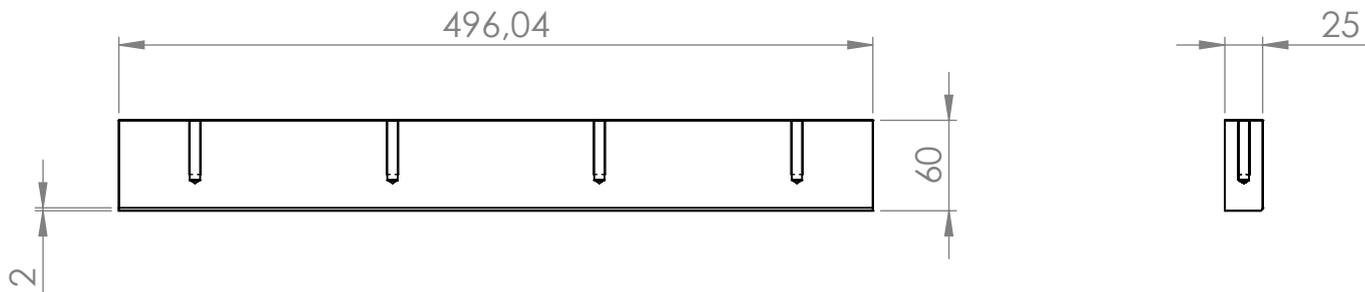
28	04	Poinçon de forme 03	Z200C12	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observations
Echelle: 1:1		OUTIL A STATION		OUBRAHAM.A BELKHIS.M
				Planche N°: 28
A4		Université Mouloud MAMMERI tizi ouzou		M2 CM

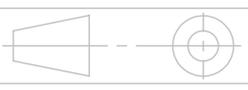


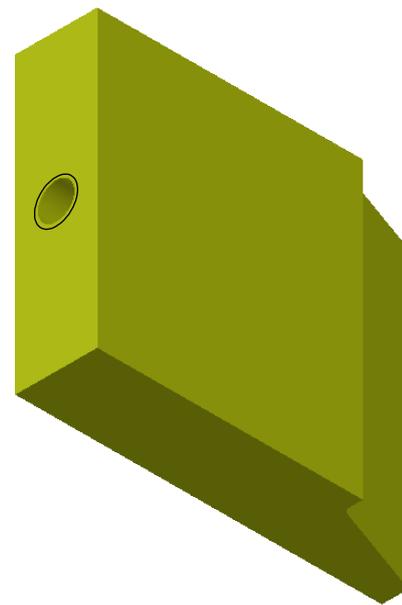
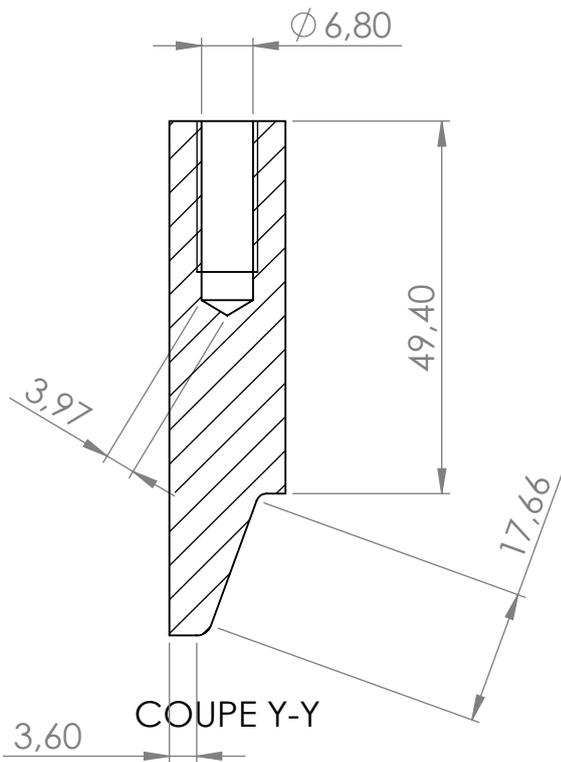
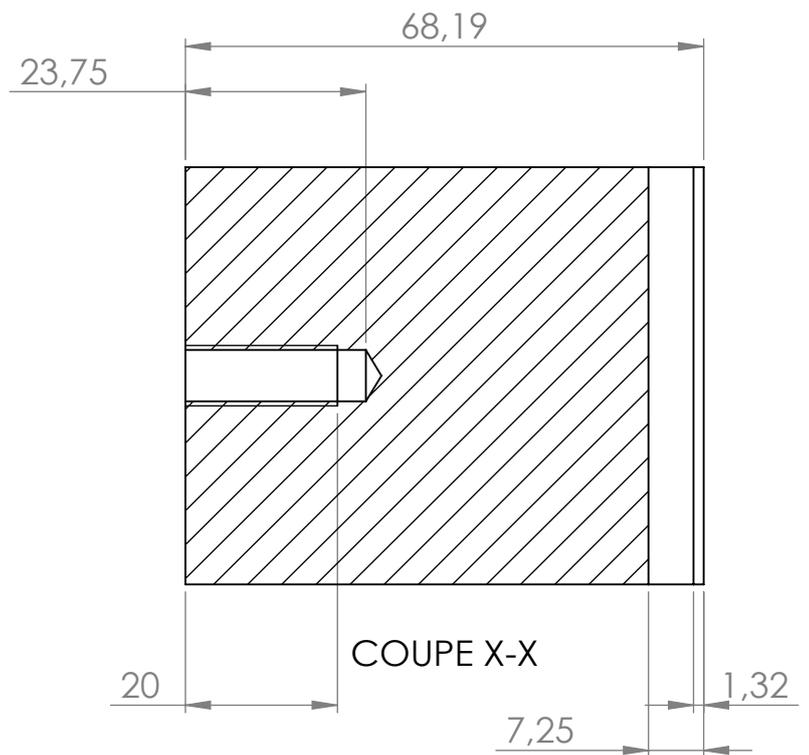
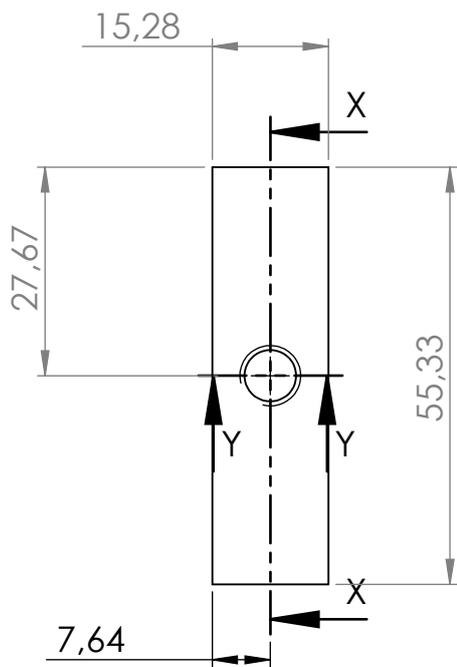
39	02	poinçon de forme 4	Z200C12	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observations
Echelle: 1:1		OUTIL A STATION		OUBRAHAM A BELKHIS.M
				Planche N°: 39
A4		Université Mouloud MAMMERI tizi ouzou		M2 CM



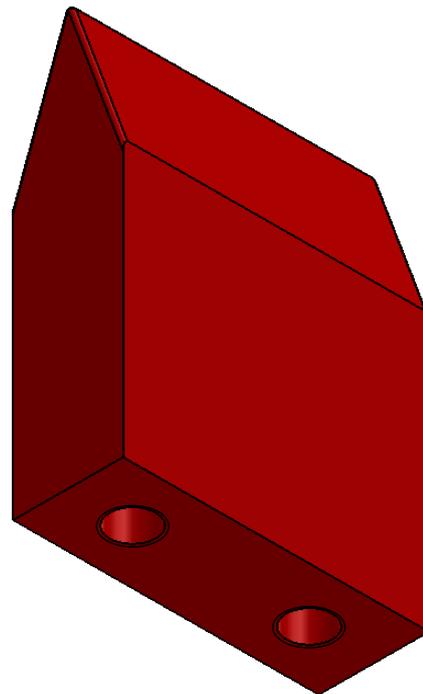
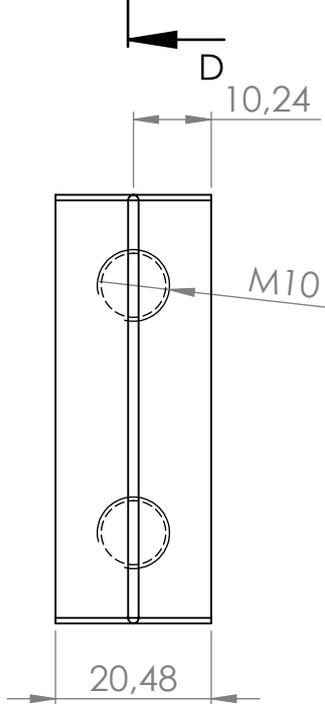
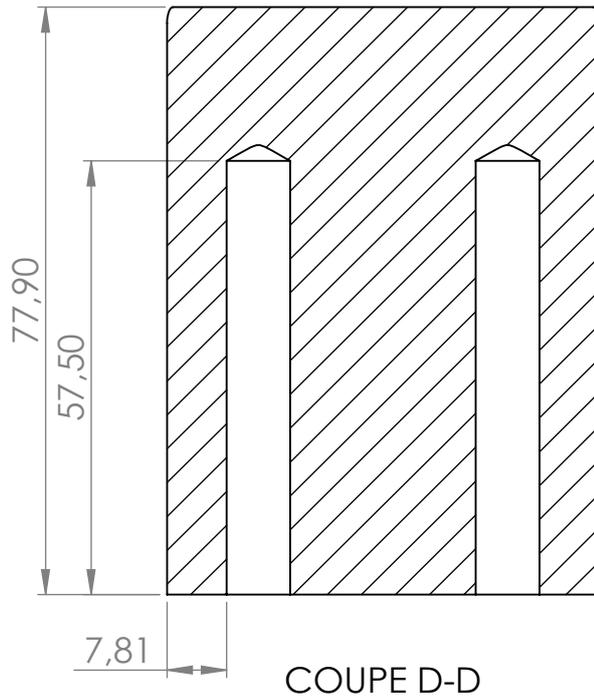
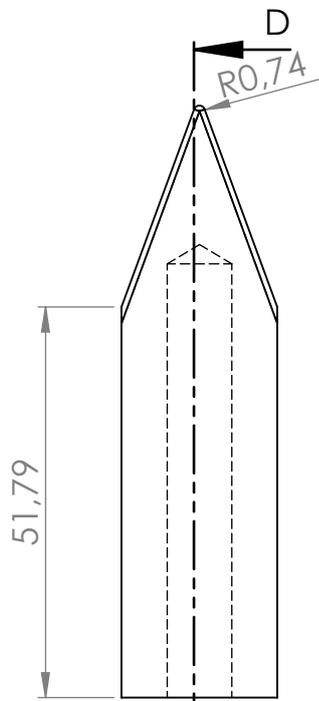
30	02	poinçon de forme 5	Z200C12	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observations
Echelle: 1:1		OUTIL DE PLIAGE		OUBRAHAM.A BELKHIS.M
				Planche N°:30
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou		M2 CM



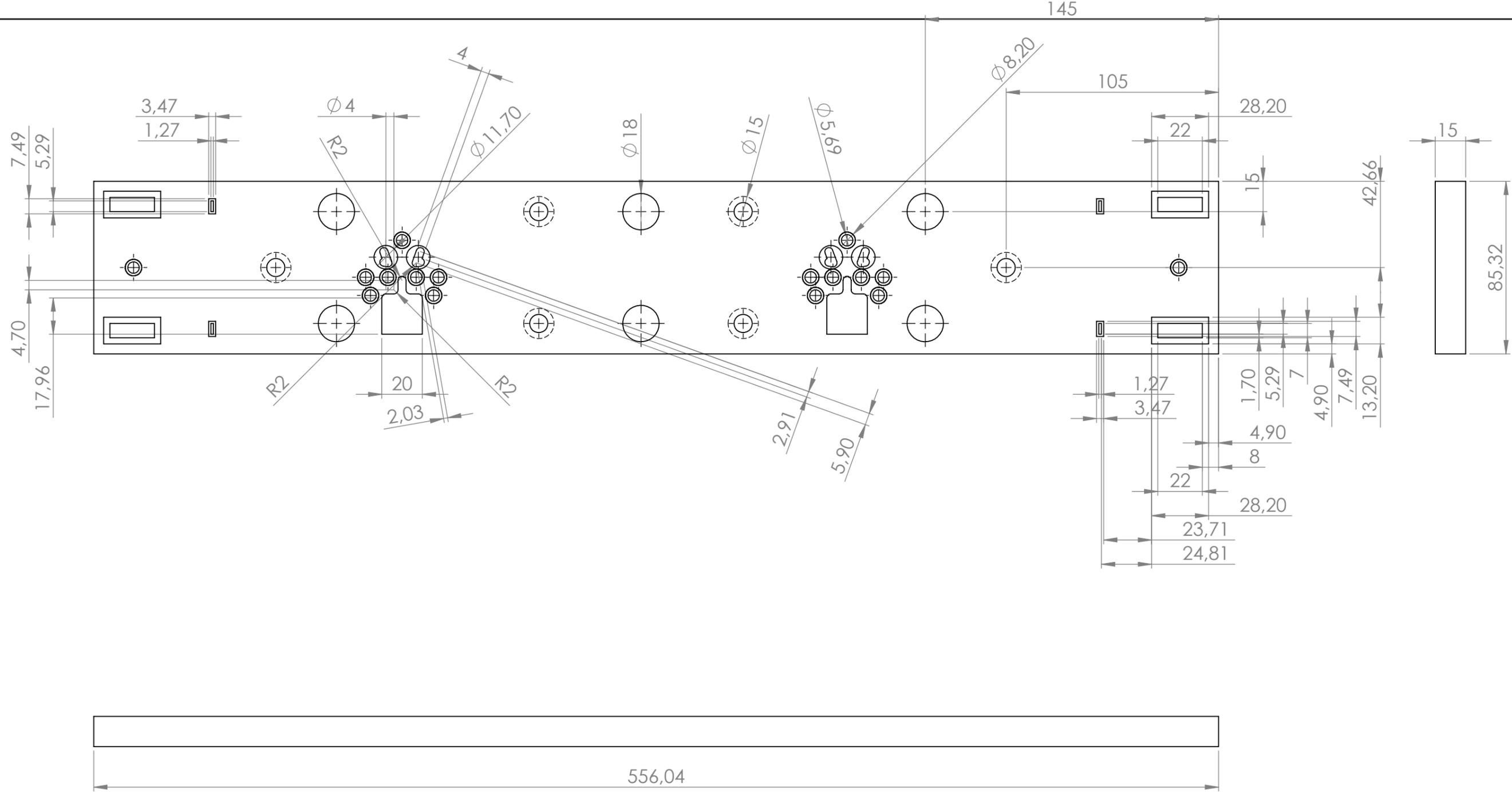
35	02	poinçon de pliage 90	Z200C12	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observations
Echelle: 1:1		OUTIL A STATION		OUBRAHAM.A BELKHIS.M
				Planche N°: 35
A4		Université Mouloud MAMMERI tizi ouzou		M2 CM



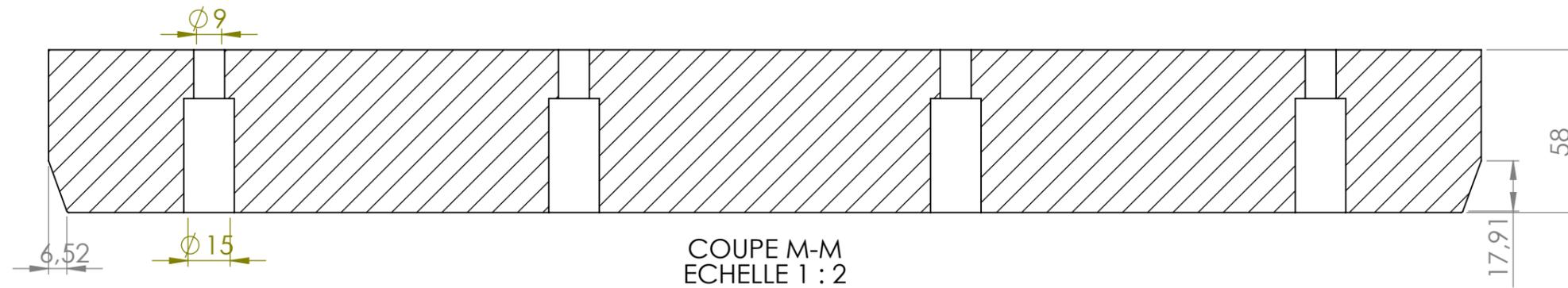
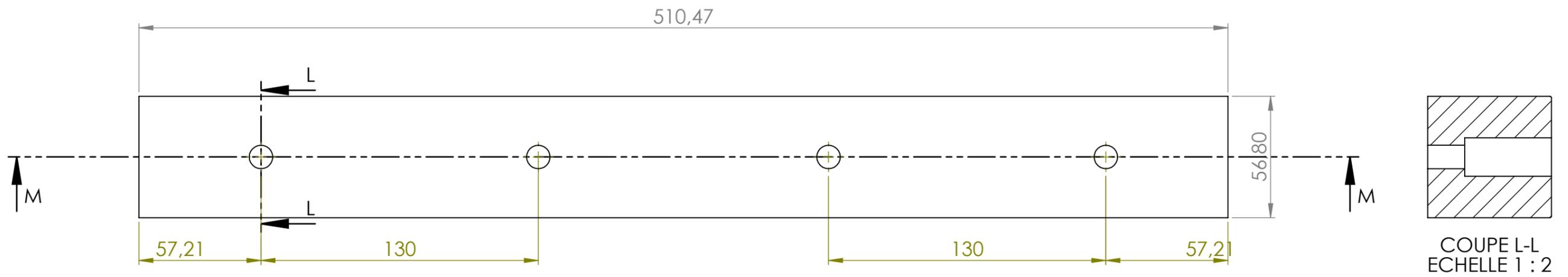
34	02	poinçon de pliage v	Z200C12	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observations
Echelle: 1:1		OUTIL A STATION		OUBRAHAM.A BELKHIS.M
				Planche N°: 34
A4		Université Mouloud MAMMERI fizi ouzou		M2 CM



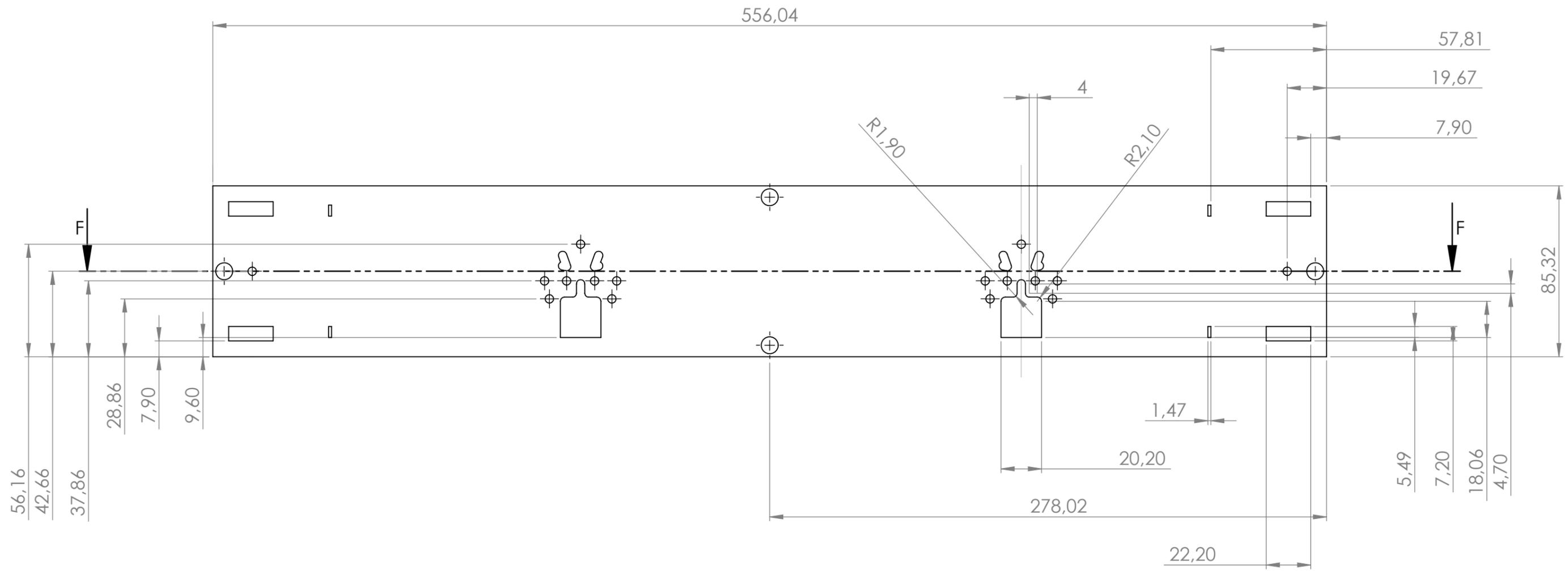
15	02	poinçon de pliage final	Z200C12	
REP	NB			Observations
Echelle: 1:5		OUTIL A STATION		OUBRAHAM.A BELKHIS.M
				Planche N°:15
A4	Université Mouloud MAMMERRI -tizi ouzou			M2 CM



26	01	porte poinçons	XC38	
RF	NB	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELE	1:2	OUTIL A STATION		OUBRAHAM.A BELKHIS.M
				2019/2020
A3		UNIVERSITE MOULOU D MAMERI TIZI OUZOU		M2CM

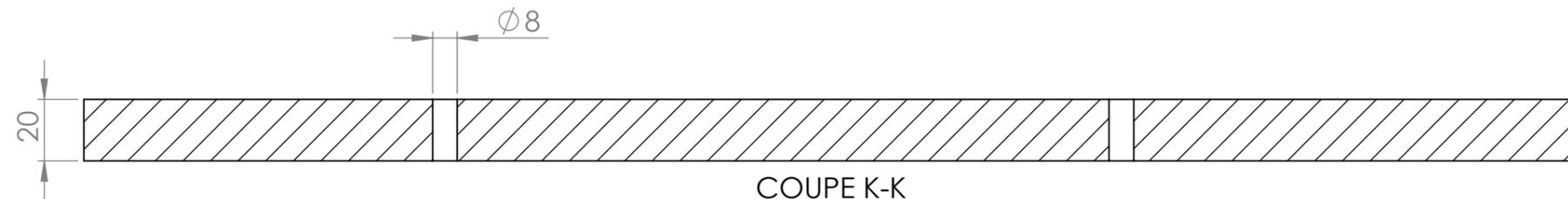
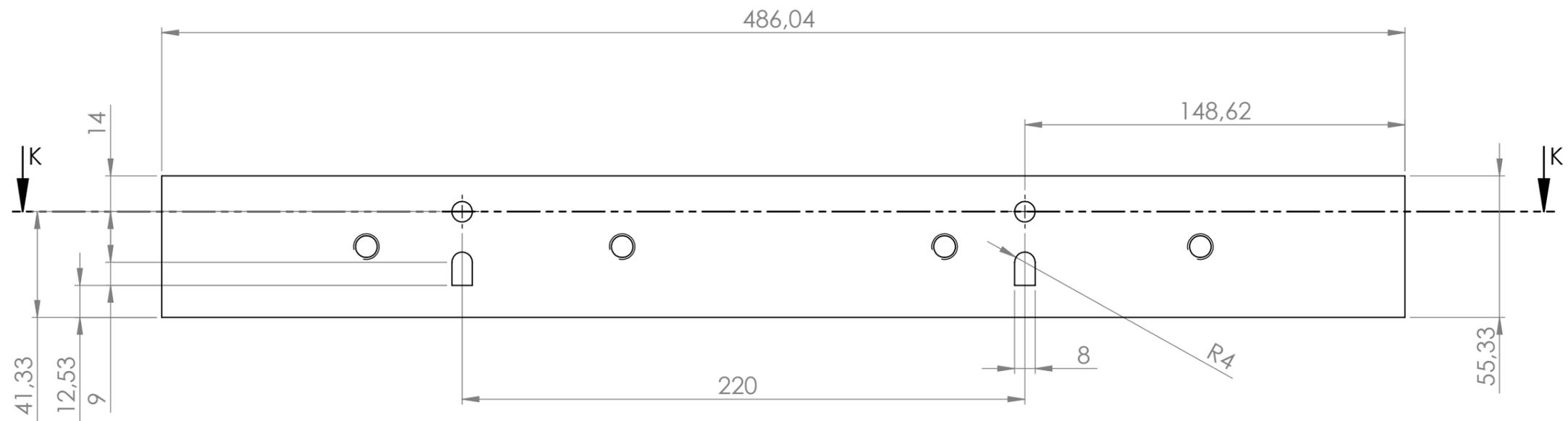


14	01	SERRE FLAN PLIAGE FINAL	S235	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:12		OUTIL A STATION	OUBRAHAM.A BELKHIS.M	
A3			Planche N°: 14	
		Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou	M2 CM	



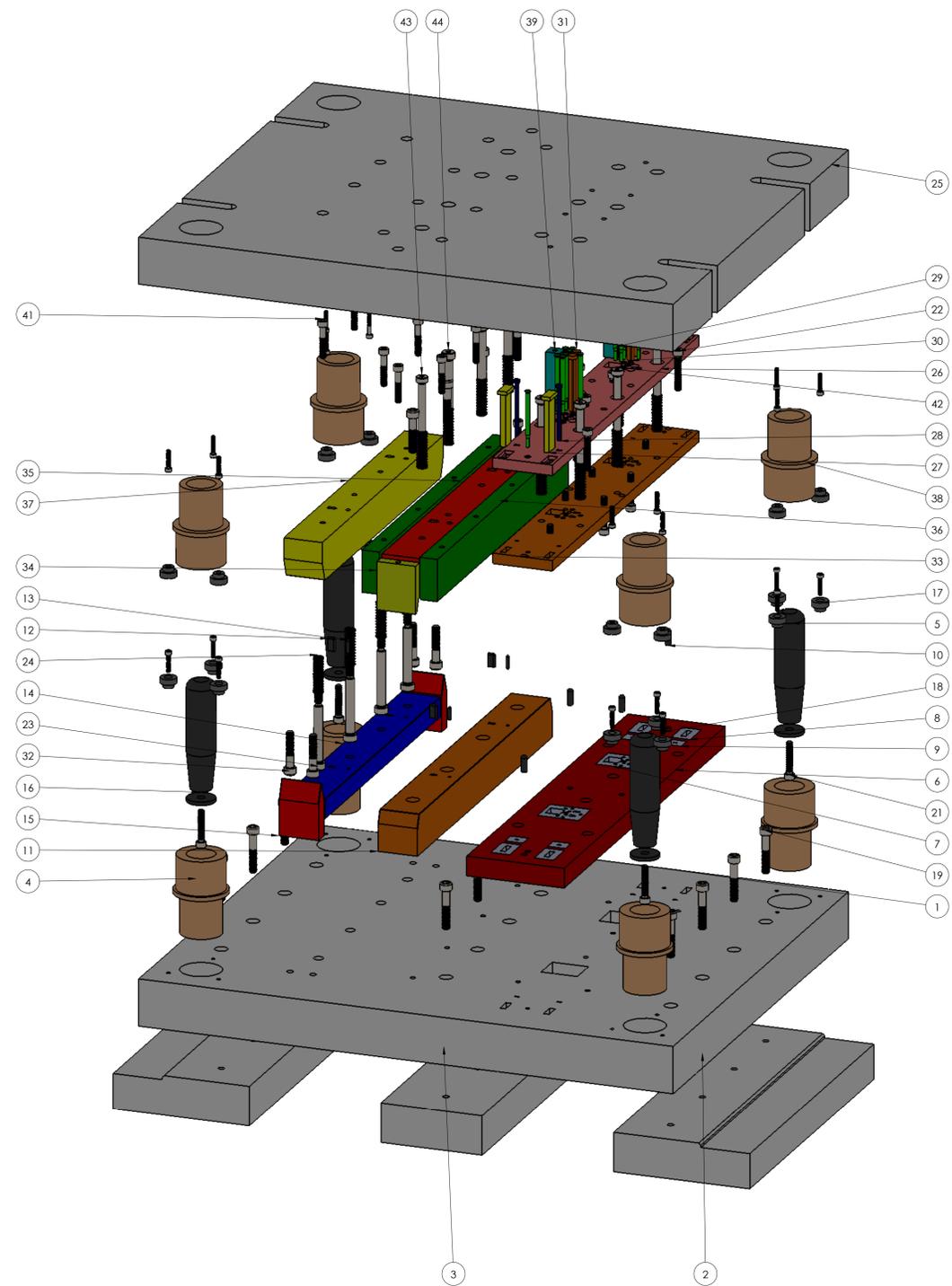
COUPE F-F
ECHELLE 1 : 2

33	01	Serre flan de poinçonnage	XC48	
RF	NB	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELE 1:5			OUTIL A STATION OUBRAHAM.A BELKHIS.M	
A3				
			2019/2020 M2CM	



COUPE K-K
ECHELLE 1 : 2

36	01	SERRE FLAN PLIAGE	S235	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		OUTIL A STATION	OUBRAHAM.A BELKHIS.M	
A3			Planche N°: 36	
		Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou	M2 CM	



No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	DESCRIPTION	QTE
1	semelle inférieure		1
2	Tasseau coté		2
3	Tasseau milieu		1
4	Embase inférieure		4
5	Axe de guidage		4
6	porte matrices		1
7	matrice inférieure 3		2
8	matrice inférieure cube 1		4
9	matrice inférieure cube 2		4
10	goupille		4
11	matrice pliage 1		1
12	goupille 2		4
13	goupille 1		4
14	serre-flan de pliage final		1
15	poinçon de pliage final		2
16	rondelle		4
17	Bride de retenue		24
18	canon		2
19	ISO 4762 M10 x 55 - 32S		12
20	ISO 4762 M5 x 25 - 25S		23
21	ISO 4762 M8 x 45 - 45S		10
22	ISO 4762 M8 x 50 - 50S		6
23	ISO 7379 - 12 x 80 --- S		4
24	ressort rectangulaire violet		14
25	semelle supérieure		1
26	porte poinçons		1
27	poinçon de forme 2		4
28	poinçon de forme 3		4
29	poinçon de forme 1		16
30	poinçon D de forme 5		2
31	poinçon G de forme 5		2
32	ISO 4762 M10 x 50 - 32S		8
33	serre-flan de poinçonnage		1
34	poinçon pliage 1 extrémité		2
35	poinçon pliage 1 90°		2
36	serre-flan pliage 1		1
37	matrice de pliage final		1
38	Embase supérieure		4
39	poinçon de forme 4		2
40	ISO 4762 M5 x 35 - 22S		1
41	ISO 4762 M8 x 45 - 28S		14
42	ISO 7379 - 10 x 80 --- S		6
43	ISO 7379 - 10 x 70 --- S		1
44	ISO 7379 - 12 x 70 --- S		3