

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI de TIZI-OUZOU



Faculté du Génie de la construction  
Département Génie Mécanique



# Mémoire fin d'études

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

Spécialité : construction Mécanique

## Thème

Etude et Conception d'un outil  
poinçonnage - soyage et pliage pour la  
tôle frontale supérieure d'un  
réfrigérateur ENIEM

Encadré par :

M<sup>r</sup> : DJERIDI Rachid

M<sup>elle</sup> : MASSAOUDI Aldjia

Réalisé par :

KACER Hamza

AKROUF Ahmed

*Promotion 2019*

## *Remercîments*

*Avant tout nous remercions dieu qui nous a donné le courage, la volonté la Patience pour pouvoir franchir toute les épreuves difficiles afin de mener ce projet a terme.*

*Nous tenons à remercier tout le personnel de l'entreprise ENIEM et surtout Mlle MASSAOUDI pour l'importance et la confiance qui nous ont fait accorder pendant toute la période de stage pratique.*

*Nous tenons à remercier notre promoteur Mr Djeridi pour son aide et son orientation tout au long de ce travail.*

*Nous remercîment vont également aux membres de jury qui ont accepté de juger ce travail.*

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

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

*Merci à vous tous*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail aux êtres qui me sont les plus  
chers au monde; mes parents à qui je  
dois mon existence et mes succès  
Que Dieu le tout puissant les protège.  
A mes très chers frères que j'aime  
à ma sœur  
et à tous mes amis (es) et tous les gens qui  
m'aiment.*

**AHMED**

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à la mémoire de  
mon père et de mon grand-père,  
A ma très chère mère, mon frère et mes sœurs  
pour leur amour et leur soutien inconditionnels.  
A toute ma famille, mes cousins et cousines et sans oublier  
mes amis (es) qui ont su être toujours à mes côtés.*

**HAMZA**

# Sommaire

<b>Introduction générale .....</b>	<b>1</b>
------------------------------------	----------

## **Présentation de l'entreprise.**

1. Présentation de l'entreprise .....	3
2. Objet social et champ d'activité .....	4
3. Principales missions et activités de l'entreprise .....	4
3.1 Direction générale.....	4
3.2 Unité froid.....	4
3.3 Unité cuisson .....	4
3.4 Unité climatiseur.....	5
3.5 Unité sanitaire .....	5
3.6 Filiale Filamp.....	5
4. Politique de l'entreprise .....	7
4.1. Politique qualité .....	7
4.1.1. Engagement de la direction .....	8
4.1.2. Ses objectifs .....	8
4.2. Politique environnementale .....	8

## **Chapitre I. Transformation de la tôle et Procédés de mise en forme des pièces mécaniques**

<b>I .1-introduction .....</b>	<b>9</b>
<b>I .2 -Obtention de la tôle .....</b>	<b>9</b>
I.2.1 –Définition .....	9
I.2.2-différents types de tôles .....	9
I.2.3- Les Avantages de la tôle .....	10
<b>I.2.4- le procédé de laminage.....</b>	<b>10</b>
I.2.4.1-Définition laminage .....	10
I.2.4.2- Le laminoir.....	10
I.2.4.3-Le laminage à chaud .....	10

I.2.4.4- Les tôles laminées à froid .....	11
<b>I .3-Procédés de mise en forme des pièces mécaniques .....</b>	<b>11</b>
<b>I .3.1 Découpage .....</b>	<b>11</b>
I .3.1.1-Définition .....	11
I .3.1.2 quelques types de découpage .....	11
a- Poinçonnage .....	11
b-Encochage .....	11
c-Détourage .....	11
d-Crevage.....	11
e-Grignotage .....	11
f- Soyage.....	11
g- cisailage.....	12
<b>I .3.2 -Poinçonnage .....</b>	<b>12</b>
I .3.2.1-Définition et principe .....	12
I .3.2.2- Matrice et poinçon .....	12
I.3.2.3- Les différentes étapes du découpage.....	13
I.3.2.4-Avantages et inconvénients du poinçonnage .....	13
I.3.2.5- Jeu entre matrice et poinçon .....	14
I.3.2.6- effort résultant.....	15
I.3.2.7- Effort de découpage pour les poinçons .....	15
I.3.2.8-Effort à créer sur le devêtisseur (serre-flan) .....	16
I.3.2.9-Pénétration du poinçon en matrice.....	17
I.3.2.10- Contraintes sur les outils .....	18
I.3.2.11- Vitesse de découpage.....	19
I.3.2.12- Paramètres liés à l'usure de l'outil .....	19
<b>I .3.3-Le relevage .....</b>	<b>20</b>
I .3.3.1-Définition .....	20
I .3.3.2-Le champ de contrainte dans le relevage de bord en retreint et expansion.....	20
I .3.3.3-Relevage de bord d'un trou (soyage) .....	21
I .3.3.3.1-Définition .....	21
I .3.3.3.2-Principe .....	21
I .3.3.3.3-caractéristiques géométriques .....	22

I .3.3.3.4- Paramètres et conditions de relevage de bord d'un trou .....	22
I .3.3.3.5-Autres Techniques de relevage de bord d'un trou .....	23
a-Technique de Maslennikov.....	23
b-Technique d'extrusion.....	23
c-Technique de formage incrémental .....	24
I .3.3.3.6-Principales limitations du relevage de bord d'un trou .....	25
<b>I .3.4- Le pliage .....</b>	<b>25</b>
I .3.4.1 Définition et principe .....	25
I .3.4.2 Différents types de pliage .....	26
a- Le pliage en V(en presse plieuse).....	26
b-Pliage en frappe .....	26
c- Le pliage en l'air.....	26
d- pliage sur élastomère.....	27
e-Le pliage en U .....	27
f- le Pliage en L .....	27
I .3.4.4 -Le rayon de pliage.....	28
I .3.4.5- Rayon minimum de pliage .....	29
I .3.4.6-Paramètres influents sur l'opération de pliage.....	29
a- Le rayon de la matrice de pliage.....	29
b- Le jeu de pliage .....	30
I.3.4.7 - Pliage des tôles épaisses.....	30
I.3.4.8 - Le retour élastique.....	30
I.3.4.9 - L'effort de pliage .....	31
I.3.4.10 – les inconvénients et les avantages de pliage.....	31
<b>I .4-Conclusion.....</b>	<b>31</b>

## Chapitre II. Généralités sur les presses et leurs outils

<b>II.1 –Introduction</b> .....	32
<b>II.2-Définition</b> .....	32
<b>II .3 Les presses selon le mode de transmission d'énergie</b> .....	32
II .3.1 -Presse hydraulique.....	32
II .3.1.1 –Définition .....	32
II .3.1.2-principe de fonctionnement .....	32
II .3.1.3 - Avantages et inconvénients de la presses hydraulique .....	33
II .3.2 - La Presse pneumatique .....	34
II .3.2.1 – Définition et principe .....	34
II .3.2.2 – caractéristiques de presse pneumatique .....	34
II .3.3 - La Presse mécanique .....	34
II .3.3.1 - Définition .....	34
II .3.3.2- Principe de Fonctionnement de la presse mécanique .....	35
<b>I .4 Les types de presse selon la forme de bâti</b> .....	35
II.4.1 presse à col de cygne.....	35
II .4.2-presses à arcade .....	36
II .4.3-presse à colonnes .....	36
II .4.4-presses à montants droits .....	36
II .4.5-presses à table mobile et bigorne .....	37
<b>II .5 Les types de presse selon le nombre de coulisseaux</b> .....	37
II .5.1- Simple effet.....	37
II .5.2- Double effet .....	37
II .5.3- Triple effet .....	38
<b>II .6 Les différents types d'outils de presses</b> .....	38
II.6.1 Outil à découper .....	38
a- Outil simple découvert .....	38
b- Outil buté a découvert .....	39
II .6.2 Outils à emboutissage .....	39
II .6.3 Outils de détournage .....	39

II .6.4 Outil de pliage.....	39
a- Outil de pliage en V.....	39
b- Outil de pliage en U .....	39
c- Outil de pliage en équerre.....	40
II .6.5 Outil contre plaque .....	40
a- Outil contre plaque à engrenage .....	40
b- Outil contre plaque à coteau .....	41
II .6.6-Outil de presse à band.....	42
II .6.7-Outil suisse .....	43
II .6.8-Outil de reprise .....	44
II.6.9-Outil à suivre ou utile a suite .....	44
<b>II .7-montage des outils sur les presses .....</b>	<b>44</b>
II .7.1-petites presses .....	44
II .7.2-grosses presses.....	45
<b>II.8-conclusion .....</b>	<b>46</b>

## **Chapitre III: Etude et conception des outils**

<b>III.1 Introduction.....</b>	<b>47</b>
<b>III.2 but de projet .....</b>	<b>47</b>
<b>III.3 Le cahier des charges .....</b>	<b>47</b>
III.3.1-Définition.....	47
III .3.2 – caractéristiques de matériau de la pièce à réaliser .....	48
III.3.3-composition chimique du matériau en pourcentage (%) .....	48
III .3.4 -caractéristiques mécaniques du matériau de la pièce .....	48
III .3.5-L'emplacement de la pièce .....	48
<b>III .4 - Etapes de réalisation de la pièce .....</b>	<b>49</b>
<b>III. 5 - Étude de l'outil.....</b>	<b>50</b>
III.5.1 Calcul d'efforts de poinçonnage .....	50
a-Effort de poinçon de trou de fixation de la charnière $F_p(d = 5\text{mm})$ .....	50
b- Effort de poinçon de trou de fixation de la TFS sur la paroi (3.5mm) .....	51
c-Calcul d'effort total de poinçonnage et soyage .....	51
d-Calcul de l'effort de pliage .....	52

III .5.2-Calcul de l'effort de serre-flan .....	52
III .5.3-Choix de la presse.....	52
III .5.4-Calcul d'effort total de la presse.....	52
III.5.5-Choix de ressort d'outil de presses .....	53
a-Calcul de l'effort de ressort .....	53
b-Calcul de rigidité des ressorts .....	53
III .5.6 - calcul de résistance des poinçons au flambement .....	55
a-calcul de résistance de poinçon de trou de fixation de la charnière (d = 5mm) .....	56
b-calcul de résistance de poinçon de trou de fixation de la TFS sur la paroi(3.5mm) .....	57
c -calcul de résistance de poinçon de pliage .....	57
III .5.7 - calcul de résistance des poinçons à la compression .....	58
a-calcul de résistance de poinçon de trou de fixation de la charnière (d = 5mm) .....	58
b-calcul de résistance de poinçon de trou de fixation de la TFS sur la paroi (3.5mm) ...	58
c- calcul de résistance de poinçon de pliage .....	59
III .5.8- Calcul de barycentre de l'outil .....	59
a- Pour les abscisses.....	60
b-Pour les ordonnées.....	60
<b>III .6 - conception de l'outil poinçonnage, soyage et pliage.....</b>	<b>61</b>
<b>III .7 - Mise en plan .....</b>	<b>62</b>
<b>III .8 – Conclusion .....</b>	<b>63</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>64</b>
<b>Référence bibliographiques</b>	

## Liste des symboles

$\sigma_{com}$ : Effort de compression  
 $F_p$ : Effort de poinçonnage.  
 $F_{PL}$  : Effort de pliage  
 $F_{Ps}$  : effort poinçonnage et soyage  
 $F_s$  : Effort de soyage  
 $S$  : section du poinçon.  
 $R_e$ : La limite élastique du poinçon.  
 $e$  : Épaisseur de la tôle.  
 $P_{cr}$ : Charge critique du flambement.  
 $E$  : Module d'élasticité ou module de Yong.  
 $I$ : Moment d'inertie.  
 $l$ : Longueur libre de flambement.  
 $P_{poinçon}$ : Périmètre du poinçon.  
 $R_m$ : La résistance de la tôle à la rupture  
 $R_c$  : Resistance de la tole au cisaillement.  
 $P$  : Pression  
 $S$  : surface  
 $F$  : force  
 $F_{ressort}$ : Effort de ressort  
 $F_{serre-flan}$ : Effort de serre flan.  
 $K$  : raideur de ressort  
 $X$ : La course en mm Raideur de ressort  
 $F_{presse}$  : Effort totale de la presse

## Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de l'entreprise ENIEM .....	6
Figure 2 : Organigramme de l'unité froid .....	7
Figure I.1 : La tôle .....	9
Figure I.2 : le laminoir .....	10
Figure I.3 : Le laminage de la tôle à chaud .....	11
Figure I.4 : Le laminage de la tôle à froid .....	11
Figure I.5 opérations de découpage .....	12
Figure I.6 : Outillage poinçonnage .....	12
Figure I.7 : Poinçon (a) et matrice(b) .....	13
Figure I.8 : les différentes étapes de découpage .....	13
Figure I.9 : jeu entre poinçon et matrice .....	14
Figure I.10 : Conséquences du désaxage de l'effort résultant de l'outil par rapport à l'axe de la presse .....	15
Figure I.11 : Découpage avec un poinçon plat .....	15
Figure I.12 : Effet du serre-flan sur la flexion de la tôle .....	17
Figure I.13 : Mécanisme d'usure accélérée du poinçon liée à un mauvais appui du serre-flan .....	17
Figure I.14 : Définition de la pénétration en matrice .....	18
Figure I.15 : Contrainte de compression sur le poinçon .....	18
Figure I.16 : Exemple de flambement d'un poinçon de découpage .....	19
Figure I.17 : Exemples d'articles industriels à bord relevé .....	20
Figure I.18: Relevage de bord par rétreint(a) et expansion(b) .....	20
Figure I.19 : Exemples d'applications industrielles des trous à bords relevés (soyage) .....	21
Figure I.20 : Schéma de principe de relevage de bord d'un trou par la technique classique ...	21
Figure I.21 : Section de soyage(a) et embrèvement(b) .....	22
Figure I.22 : Paramètres de l'outillage : (a) matrice (b) poinçon cylindrique (c) poinçon hémisphérique (d) poinçon conique .....	23
Figure I.23 : Relevage de bord par la technique de Maslennikov : schéma de principe (a) et exemples du bord relevé(b) .....	23

Figure I.24 : Relevage de bord par extrusion : schéma de principe(a) et exemple typique(b) ..	24
Figure I.25 : Principe de formage incrémental(a) et Application au relevage de bord (b) .....	24
Figure I.26 : Exemples de défauts : strictions (a) et déchirures axiales(b) .....	25
Figure I.27 : principe de pliage.....	25
Figure I.28 : Pliage en V .....	26
Figure I.29 : pliage en frappe .....	26
Figure I. 30 : pliage en l'air .....	27
Figure I.31 : pliage sur élastomère .....	27
Figure I.32 : Pliage en U .....	27
Figure I.33 : Pliage en L.....	27
Figure I.34 : Angle de pliage.....	28
Figure I.35 : Rayon de pliage .....	28
Figure I.36 : Position de la fibre neutre.....	28
Figure I.37 : Jeu de pliage et rayon de la matrice .....	30
Figure I.38 : Retour élastique.....	30
Figure II.1 : La presse hydraulique .....	32
Figure II.2 : principe de la presse hydraulique .....	33
mécanique.....	35
Figure II.5 : Presse à col de cygne .....	35
Figure II.6 : Presse à arcade .....	36
Figure II.7 : Presse à colonnes .....	36
Figure II.8 : figure à montant droit.....	37
Figure II.9 : Presse à table mobile et bigorne .....	37
Figure II.10 : Presse à double effet.....	38
Figure II.11 : Principe de fonctionnement de presse à triple effets .....	38
Figure II.12 : Outil découvert simple .....	39
Figure II.13 : Outil à contre-plaque.....	40
Figure II.14 : Outil à contre-plaque muni d'un avancement du flan par engrenage .....	41
Figure II.15 : Outil à contre-plaque muni d'un avancement du flan par couteau .....	42
Figure II.16 : outil à presse-bande.....	43
Figure II.17 : Outil suisse .....	43
Figure II.18 : Plateau de presse .....	44

Figure II.19 : Système de fixation des semelles sur le plateau .....	45
Figure II.20: Système de fixation de la partie supérieure de l'outil .....	45
Figure II.21: Système de fixation pour les grosses presses .....	45
Figure III .1 : la forme de la pièce.....	47
Figure III.2 : Emplacement de la TFS sur la paroi de réfrigérateur .....	48
Figure III.3 : découpage de flan .....	49
Figure III.4 : le pliage de flan .....	49
Figure III.5 : découpage, emboutissage, poinçonnage et grugeage.....	50
Figure III.6 : soyage, poinçonnage et pliage .....	50
Figure III.7: Classification des ressorts par couleur.....	54
Figure III.8 : Schéma de dimensionnement d'un Ressort .....	54
Figure III.9 : position des centres de gravité .....	59

# Liste des tableaux

<b>Tableau I.1 : résistance au cisaillement des matériaux courants.....</b>	<b>16</b>
<b>Tableau I.2 - Tableau de Coefficient de proportionnalité .....</b>	<b>29</b>
<b>Tableau III.1 : Cahier de charge de la pièce (TFS).....</b>	<b>48</b>
<b>Tableau III.2 : Composition chimique du matériau de la pièce.....</b>	<b>48</b>
<b>Tableau III.3 : Caractéristiques mécaniques du matériau de la pièce .....</b>	<b>48</b>
<b>Tableau III.4 : Catalogue Steinel Ressorts charges fortes couleur rouge .....</b>	<b>55</b>
<b>Tableau III.5 : Longueurs libres de flambage en fonction du type de liaisons.....</b>	<b>56</b>
<b>Tableau III.6 : les valeurs de centre de gravité .....</b>	<b>60</b>

*INTRODUCTION*  
*GENERALE*

## **Introduction générale :**

La transformation des tôles mécaniques en produits finis à une importance considérable dans de nombreuses industries telles que la construction mécanique, l'automobile ou l'aéronautique.

L'industrie est capable de travailler et d'assembler des matériaux, qui vont bien au-delà des matériaux métalliques. Elle intègre en permanence des technologies de toute nature, particulièrement celles de l'électronique, de l'informatique et de l'électroménager afin de fournir des ensembles de plus en plus complexes et rigide, répondant à des fonctions habituelles ou innovantes. Au-delà, elle apporte des solutions pour rendre leurs produits plus performant et plus sûr, d'une part, pour l'amélioration et l'aménagement de ce produit et même pour espérer des nouvelles parts dans le marché.

L'entreprise nationale des industries de l'électroménager (ENIEM) se trouve aujourd'hui en concurrence de marché qui est devenu de plus en plus exigeant, et comme La satisfaction durable du client constitue l'objectif principal de cette entreprise, elle est soumise à des contrôles de qualité, et elle s'engage également à maintenir une amélioration continue de la qualité de sa gamme de produits, en effectuant des changements sur ces derniers et aussi à fabriquer d'autres nouveaux produits.

L'unité froid de cette entreprise nous a confié de faire une étude et la conception d'un outil pour la réalisation de la tôle frontale supérieure d'un réfrigérateur, la géométrie de cette pièce nous a mené à utiliser les procédés suivants : le poinçonnage, le soyage et le pliage afin d'arriver à l'obtention de la pièce finie.

L'étude de ces outils est faite de manière à satisfaire certaines exigences notamment une réalisation facile, longue durée de vie, un prix bas, le montage et le démontage facile.

Pour l'étude de ce projet, notre travail est structuré en trois chapitres :

1. Après une introduction générale, le premier chapitre réservé à la présentation et l'étude de l'obtention de la tôle et les procédés de mise en forme des pièces mécaniques,
2. Le deuxième chapitre : Réservé à la présentation des généralités sur les différentes presses et leurs outils.
3. Le troisième chapitre : Dans ce chapitre nous avons présenté les différentes étapes de l'étude de conception de l'outil, le calcul de différentes efforts et l'effort totale que doit fournir la presse pour la réalisation de notre pièce à partir d'une feuille de tôle mince.

En fin en termine notre travail par une conclusion générale.

*Présentation de  
l'entreprise*

## 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 provoquée 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 ce la dans divers domaines tels que :

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

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

Le champ d'activité de l'entreprise ENIEM consiste en la conception, la fabrication et la commercialisation des produits électroménagers, ainsi que la prise en charge de la fonction service après-vente.

Actuellement, l'entreprise ENIEM est constituée de :

- La direction générale (DG).
- L'unité froid (UF).
- L'unité cuisson (UCuis).
- L'unité climatisation (UCL).
- L'unité prestation technique (UPT).
- L'unité commerciale (UC).
- L'unité sanitaire (US).
- La filiale FILAMP

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

- Les réfrigérateurs petit et grand modèle (RPM et RGM).
- Le congélateur vertical.
- Le combiné.

## Présentation de l'entreprise nationale ENIEM

---

- Cuisinières à 4 et à 5 feux.
- Climatiseurs

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

### 2. Objet social et champ d'activité

ENIEM est leader de l'Electroménager en Algérie, elle possède des capacités de production et une expérience de plus 30 ans dans la fabrication et le développement dans les différentes branches de l'électroménager, notamment :

- Les appareils ménagers domestiques.
- Les appareils des collectivités.
- Les lampes d'éclairage.
- Les produits sanitaires.

Elle assure également la commercialisation et le service après-vente de ses appareils.

### 3. Principales missions et activités de l'entreprise

#### 3.1 Direction générale

La direction générale est responsable de la stratégie et du développement de l'entreprise. Elle exerce son autorité hiérarchique et fonctionnelle sur l'ensemble des directions et des unités.

#### 3.2 Unité froid

La mission globale de l'unité est de produire et développer les produits froids domestiques. Ses activités sont:

- Transformation des tôles.
- Traitement et revêtement de surface (peinture, plastification).
- Injection plastique et polystyrène.
- Fabrication de pièces métalliques.
- Isolation.
- Thermoformage.
- Assemblage.

#### 3.3 Unité cuisson

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

## Présentation de l'entreprise nationale ENIEM

---

Ses activités sont :

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

### 3.4 Unité climatiseur

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

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

### 3.5 Unité sanitaire

L'unité sanitaire de Miliana est acquise par l'entreprise ENIEM en l'an 2000.

Elle n'entre pas dans le champ de certification de l'entreprise.

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

### 3.6 Filiale Filamp

L'Unité 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».

# Présentation de l'entreprise nationale ENIEM

## ORGANIGRAMME GENERAL DE L'ENIEM

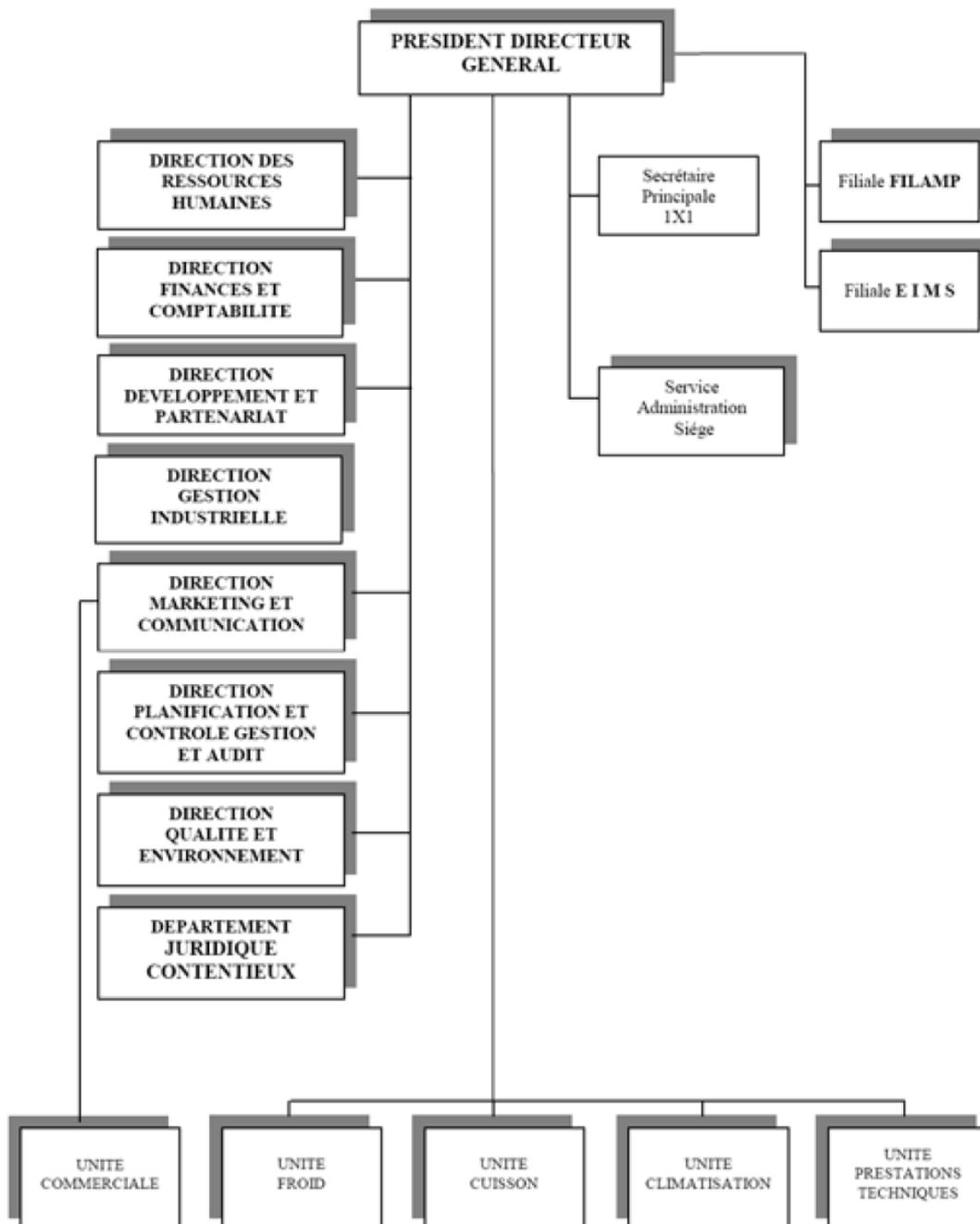


Figure 1: Organigramme de l'entreprise ENIEM.

## Organigramme de l'unité froid :

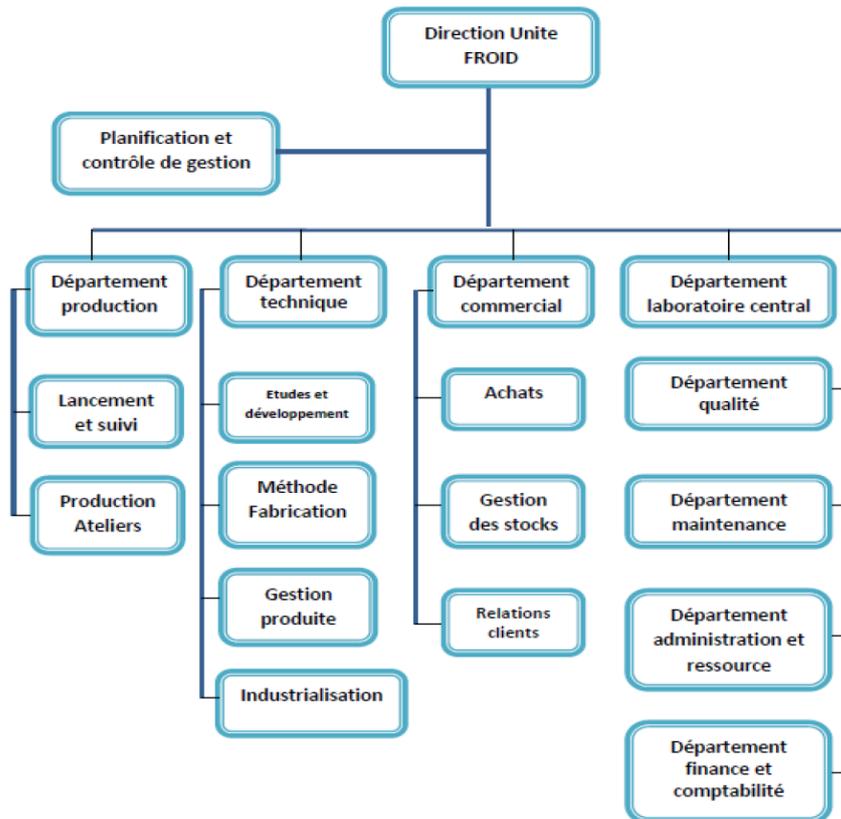


Figure 2 : Organigramme de l'unité froid.

## 4. Politique de l'entreprise

ENIEM est certifiée ISO 14001/2004 ENVIRONNEMENT et ISO 9001/2008 QUALITÉ.

### 4.1. Politique qualité

L'entière satisfaction durable du client constitue pour l'entreprise l'objectif essentiel. Face aux enjeux économiques, l'**ENIEM** a mis en oeuvre et développé un système de management de la qualité conforme au référentiel international ISO 9001/2008.

Cette politique qualité basée sur l'amélioration continue des processus se manifeste par la volonté de la Direction Générale à :

- Comprendre les besoins présents et futurs de ses clients et y répondre efficacement en mettant à leur disposition des produits et services compétitifs.
- Développer la culture de l'entreprise et le professionnalisme de son personnel.
- Améliorer en continue l'efficacité du système de management de la qualité.

# Présentation de l'entreprise nationale ENIEM

---

## 4.1.1. Engagement de la direction

Pour mettre en œuvre sa politique, la Direction Générale de l'ENIEM s'engage à :

- Se conformer aux exigences légales et réglementaires en vigueur.
- Appliquer et respecter les dispositions et procédures établies.
- Fournir les ressources nécessaires pour atteindre des objectifs.

## 4.1.2. Ses objectifs

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

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

## 4.2. Politique environnementale

La politique environnementale de l'ENIEM s'inscrit dans le développement durable en intégrant un management proactif dans le domaine de la protection de l'environnement.

Pour y parvenir, l'ENIEM se base sur la prévention de toute pollution, la préservation des ressources, la sensibilisation et la formation, la responsabilité et l'implication de son personnel. Pour cela, l'ENIEM a décidé de s'engager dans une démarche volontaire d'amélioration continue en mettant en place un système de management environnemental selon le référentiel ISO 14001/2004. La direction générale met à disposition les moyens nécessaires à la réussite de ce projet.

# *CHAPITRE I*

*Transformation de la tôle et Procédés de mise en  
forme des pièces mécaniques*

## I.1-introduction

Dans l'objectif de donner une forme déterminée au matériau tout en lui imposant une certaine microstructure pour obtenir un objet ayant les propriétés souhaitées, on utilise les techniques de mise en forme des matériaux.

Ce chapitre est divisé en deux parties, dans la première partie nous présentons l'obtention de la tôle et le passage de produit plat au produit final qui est une pièce et dans la deuxième partie on verra les différentes techniques des procédés de mise en forme des pièces mécanique cités dans le paragraphe précédent.

## I.2 -Obtention de la tôle

### I.2.1-Définition

La tôle est l'un des premiers matériaux de couverture métallique utilisé dans le secteur de la construction. Son invention par H. Palmer remonte à 1829. Il s'agit d'un matériau plat produit à l'aide du laminage.

Le produit de départ appelé brame est étiré, puis y est appliquée une forte pression par le passage alterné entre deux rouleaux. Il en résulte des lames fines et uniformes. [1]



Figure I.1 : La tôle

### I.2.2-Les différents types de tôles [1]

- Suivant leur épaisseur, on peut distinguer deux types de tôles
  1. Les tôles fines (< 3 mm).
  2. Les tôles fortes (> 3 mm).
- On distingue également les types de tôle par leur finition :
  1. la tôle noire dont les faces ont un fini brut, sans revêtement.
  2. Les galvanisés, pour leur part sont dotés d'un revêtement anticorrosion au niveau de leurs deux faces.
  3. les prés laqués qui présentent une surface anticorrosion comme chez les galvanisés, en-dessus de laquelle on ajoute une/des couches de peinture.

### **I.2.3-Les Avantages de la tôle**

L'arrivée de l'acier sous forme de plaque dans le secteur du bâtiment a apporté une réelle révolution. En effet, la tôle présente l'avantage d'avoir une densité élevée, ce qui est gage de solidité et de longévité. Votre ouvrage vous durera donc de nombreuses années sans signes d'usure ni déformation. Elle reste pourtant légère, garantissant la facilité de son transport ainsi que de son utilisation.

A cela s'ajoutent ses multiples possibilités d'utilisation grâce à la variété disponible sur le marché : pour la toiture, le sol, les cloisons, les rampes d'escalier, et bien d'autres encore. Enfin, ce matériau ne nécessite qu'un minimum d'entretien.

Etant donné que son point faible est la rouille, il suffit d'opter pour une tôle inoxydable ou d'appliquer une peinture spéciale anti rouille. [1]

### **I.2.4- le procédé de laminage**

#### **I.2.4.1- Définition laminage**

Le laminage est un processus industriel de transformation qui consiste à faire traverser un matériau entre deux cylindres lisses ou cannelés tournant dans deux sens contraires.

Le mouvement rotatif ainsi produit engendre un effet de compression diminuant continuellement l'épaisseur initiale du matériau.

#### **I.2.4.2-Le laminoir**

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



Figure I.2 : le laminoir

#### **I.2.4.3- Le laminage à chaud**

L'acier est réchauffé entre 800 et 1200°C, coulé, puis écrasé successivement entre deux rouleaux. Le produit ainsi obtenu atteint une épaisseur de plus de 3 mm appelé tôle forte, ou moins de 3 mm appelé tôle mince.



Figure I.3 : Le laminage de la tôle à chaud

#### I.2.4.4- Les tôles laminées à froid

Sont des tôles minces, dont l'épaisseur est inférieure à 3 mm. Le laminage à froid des tôles ne se réalise qu'avec des feuilles ayant déjà une faible épaisseur.

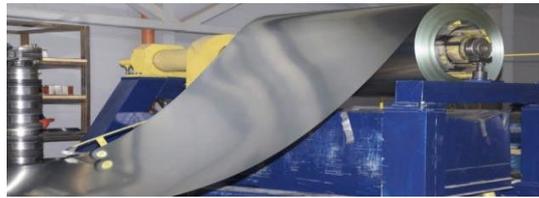


Figure I.4: Le laminage de la tôle à froid

### I.3-Procédés de mise en forme des pièces mécaniques

#### I.3.1- Découpage

##### I.3.1.1-Définition

Le découpage consiste en l'enlèvement dans une bande de matière ou d'une pièce plane de contour quelconque appelé découpe. Ce type de procédés est très utilisé dans l'industrie pour obtenir un profil donné dans un produit plat.

##### I.3.1.2-Quelques types de découpage [2]

**a- Poinçonnage :** Le déchet est appelé déboucheur, ce sont des trous de petit diamètre.

**b-Encochage :** C'est le découpage d'un trou débouchant à l'extérieur de la pièce considérée.

**c-Détourage :** C'est l'opération qui consiste à découper l'excédent de bord d'une pièce mise en forme, il s'agit d'une opération de finition d'une pièce.

**d-Crevage :** C'est un découpage incomplet ; le déboucheur n'est pas détachée complètement de la pièce.

**e-Grignotage :** C'est une technique de découpage appliquée sur des tôles minces, elle consiste à enlever de petites quantités de matière suivant un signé dont la largeur est égale a celle du poinçon, la découpe se fait suivant un tracé précis.

**f- Soyage :** Consiste à former un collet (relevage des bords d'un trou) soit par un perçage de la tôle par un poinçon de forme pointue, soit par un profil déjà formé.

**g- cisailage** : Le cisailage est défini comme étant un glissement de métal dans un plan transversal entre deux barres sans que celles-ci se déforment et ne cessent d'être parallèles.

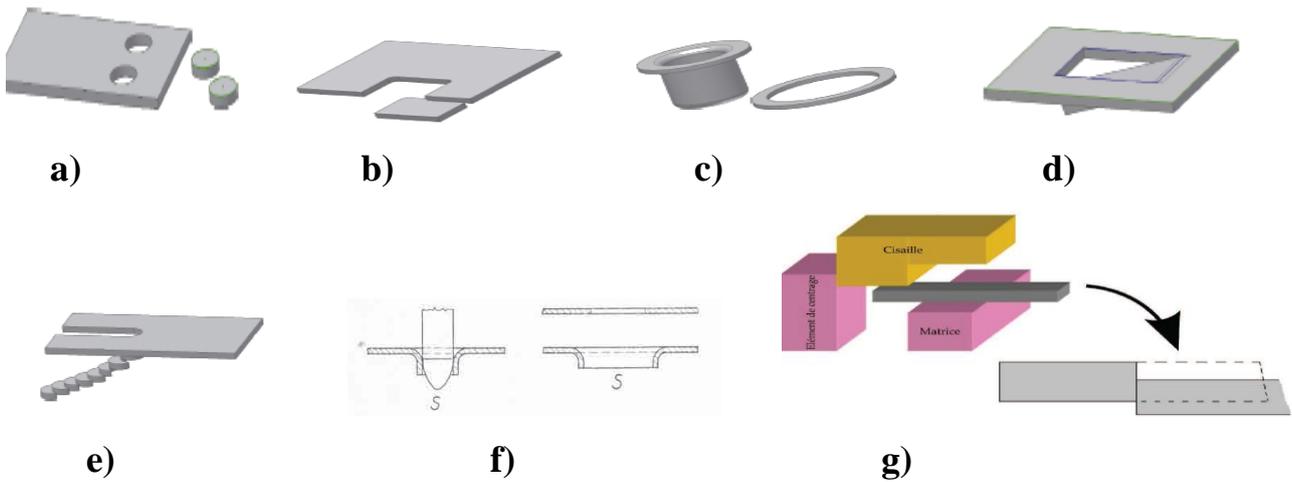


Figure I.5: opérations de découpage. a)- Le poinçonnage, b)- encochage, c)- détourage, d)- crevage, e)- grignotage, f)- soyage, g)- cisailage

## I.3.2-Poinçonnage

### I.3.2.1-Définition

Le poinçonnage consiste à perforer un matériau par cisailage grâce à un poinçon et une matrice. La tôle est placée entre le poinçon et la matrice.

Le poinçon descend dans la matrice en perçant la tôle par compression. Le poinçonnage permet donc d'effectuer des trous de formes complexes, en fonction de la forme de poinçon choisi [6].

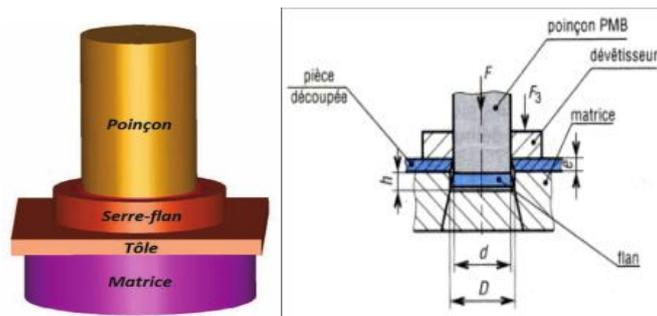


Figure I.6 : Outillage poinçonnage

### I.3.2.2-Matrice et poinçon

Les poinçons sont fixes si les matrices sont mobiles. Ils doivent résister à la compression et au flambage. Pour les poinçons cylindriques on prend à la limite :

$d \geq 1.6 e$  pour les aciers doux. Une matrice en acier peut produire environ 50 000 pièces sans être affûtée l'affûtage diminue h de **0.2** à **0.5** mm [3].

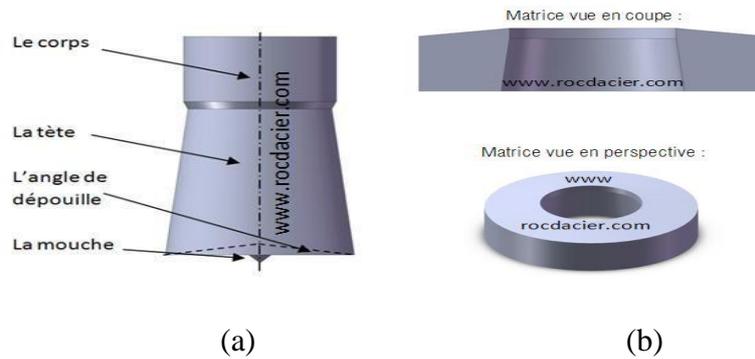


Figure I.7 : Poinçon (a) et matrice(b)

### I.3.2.3 Les différentes étapes du découpage

Les étapes successives de la réponse du matériau de tôle a la pénétration du poinçon. Après une première phase de légère compression, les fibres superficielles sont découpées alors que les fibres intérieures sont en tension. Ensuite, on observe une zone de forte compression ou la limite d'élasticité du matériau de tôle est atteinte. Il s'en suit une importante extension des fibres qui conduit à la fissuration. La localisation et la propagation de fissures s'amorcent sur les rayons d'extrémités du poinçon et de la matrice [4].

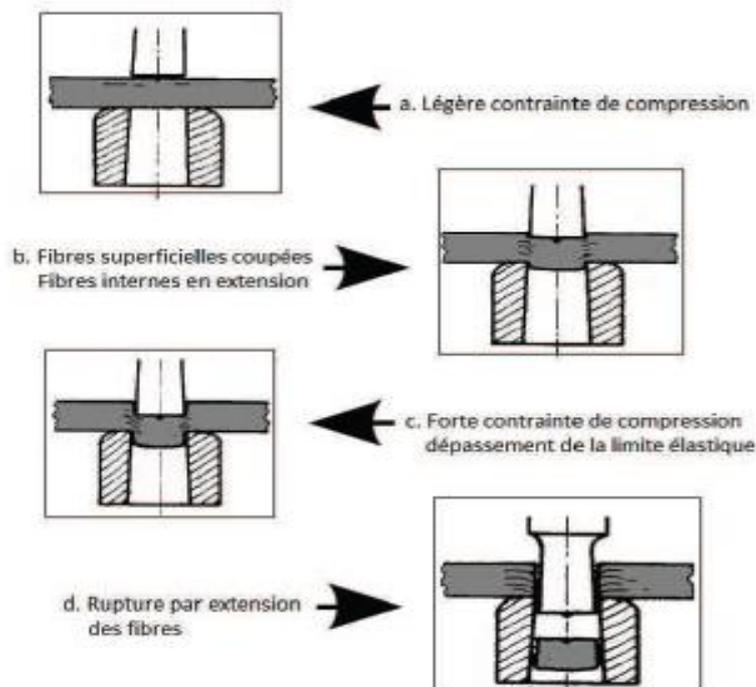


Figure I.8 : les différentes étapes de découpage

### I.3.2.4-Avantages et inconvénients du poinçonnage

#### a- Avantages

- Economique (peu d'usure des outils, affûtage peu fréquent).

- Rapide.
- Possibilité de former n'importe quelle forme de trous.
- Précision de découpe.

### b-Inconvénients

L'inconvénient que présente ce procédé c'est qu'il est limité dans les épaisseurs à poinçonner et section minimale du poinçon limitée.

### I.3.2.5-Jeu entre matrice et poinçon

Il existe un jeu entre matrice et poinçon qui sert à diminuer l'effort de poinçonnage et l'écaillage de la zone poinçonnée. [5]

Il faut choisir un jeu convenable entre la matrice et le poinçon :

$$j = D - d$$

- $J=0.05e$  pour l'acier doux ; l'aiton et cuivre.
- $J=0.06e$  pour l'acier mi-dur.
- $J=0.07e$  pour l'acier dur.
- $J=0.1e$  pour l'aluminium.

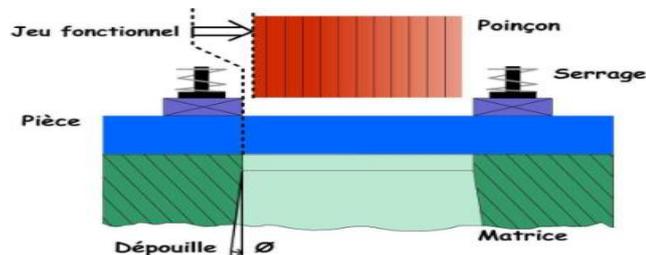


Figure I.9 : jeu entre poinçon et matrice

#### ❖ Remarque

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

$$e \leq 10 \text{ mm}$$

$$e \leq L / 10$$

avec

**e** : l'épaisseur de la tôle

**L**: la plus grande longueur en mm.

- Du fait de la présence du jeu, l'ajour dans la bande aura une forme conique, Le jeu est pris sur la matrice si l'on désire obtenir un ajour précis sur le poinçon si le flan doit être précis.

### I.3.2.6- l'effort résultant

Il est important de pouvoir connaître les efforts que devra fournir la presse destinée à la fabrication de la pièce et de connaître la répartition des efforts sur l'outil pour situer la position de l'effort résultant.

Afin d'éviter le basculement du coulisseau, on cherchera à placer la résultante des efforts dans l'axe de la presse.

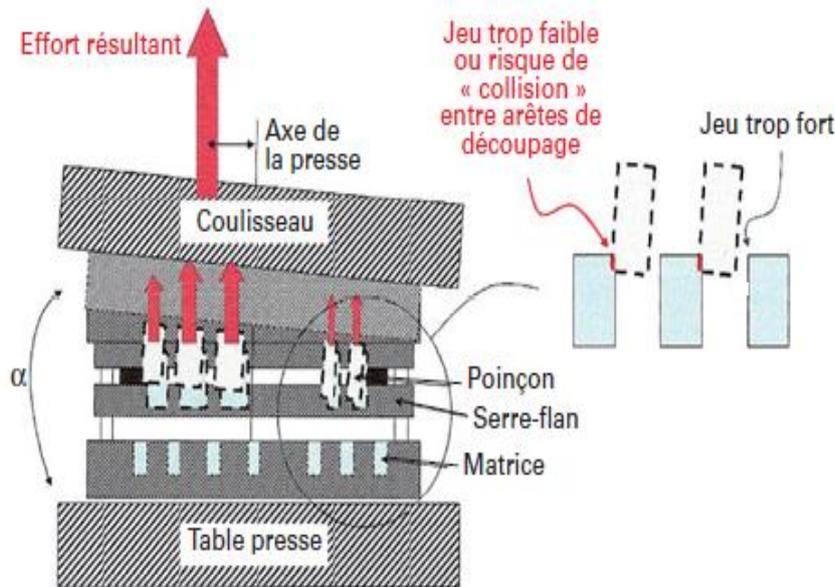


Figure I.10 : Conséquences du désaxage de l'effort résultant de l'outil par rapport à l'axe de la presse.

L'effort de découpage est un effort majeur parmi les opérations de mise en forme des tôles. Des formules de calcul permettant de l'estimer avec plus ou moins de précision existent.

### I.3.2.7- Effort de découpage pour les poinçons

La plupart des découpages sont réalisés avec un poinçon plat, c'est-à-dire dont la face d'attaque du poinçon est parallèle au plan de la tôle.

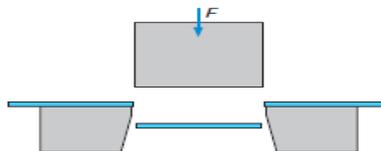


Figure I.11 : Découpage avec un poinçon plat.

$$F_{\text{découpage}} = P \cdot e \cdot R_C \cdot K \dots\dots\dots [6]$$

**Avec :**

- **p** : périmètre découpé ( mm ).
- **e** : épaisseur de la tôle ( mm ).
- **R<sub>C</sub>** : résistance à la rupture ( daN/mm<sup>2</sup>).

- **K** : Coefficient d'ajustement de la formule de calcul. Ce coefficient varie de 0,5 à 1 selon la nature du matériau découpé ; Pour des raisons de simplicité, le coefficient K est souvent pris égal à 1.

❖ **Remarque :**

La résistance au cisaillement  $R_c$  dépend du matériau travaillé, on l'estime à environ 0,8 fois la Résistance à la traction R ; on a :  $R_c = 0,8.R$  ;  $R_c$  est donné par le tableau 5 pour les matériaux Courants. [5]

Matériaux		$R_c$ (daN /mm <sup>2</sup> )	
<b>Aciers</b>	0.1 % C - recuit.....	24	
	- laminé à froid.....	31	
	0.2 % C - recuit.....	31	
	- laminé à froid.....	39	
	0.3 % C - recuit.....	37	
	- laminé à froid.....	47	
	Tôles laminée à froid :		
	- Qualité TC.....	31	
	- Qualité E.....	29	
	- Qualité ES.....	27	
	Acier inoxydable.....	50 à 60	
	Acier au silicium.....	45	

Tableau I.1 : résistance au cisaillement des matériaux courant

**I.3.2.8- Effort à créer sur le devêtisseur (Serre-flan)**

C'est l'effort nécessaire pour dégagé le poinçon de la zone de découpage, Une dépouille réduit le nombre de flans coincés et empilées, et limite l'effort du poinçon. [7]

il varie de 2% à 7% de celui de découpage. Soit :

- **7 %** de l'effort quand la chute est plus grande de deux ou trois fois que l'épaisseur de la tôle.
- **5%** de l'effort quand la chute est moyenne par rapport à l'épaisseur de la tôle.
- **2 %** si la chute de découpage est faible.

La plupart des outils de découpage sont pourvus d'un serre-flan qui offre une meilleure précision de la géométrie du découpage et une réduction de l'usure de l'outil :

- L'opération de découpage crée une flexion de la tôle. Le serre-flan permet d'empêcher cette flexion et d'assurer ainsi une meilleure planéité de la pièce.

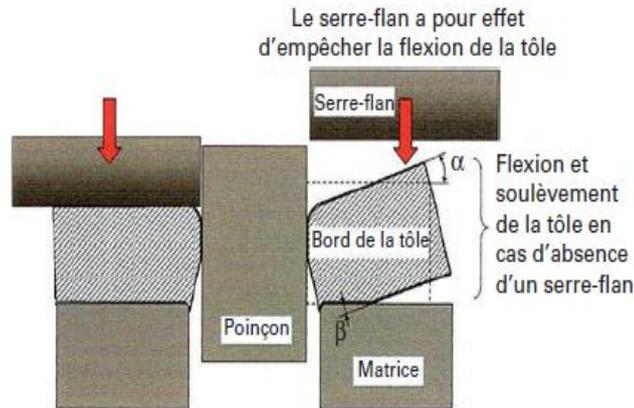


Figure I.12 : Effet du serre-flan sur la flexion de la tôle.

- La déformation du bord du trou peut accroître la pression qu'exerce celui-ci sur les flancs 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.

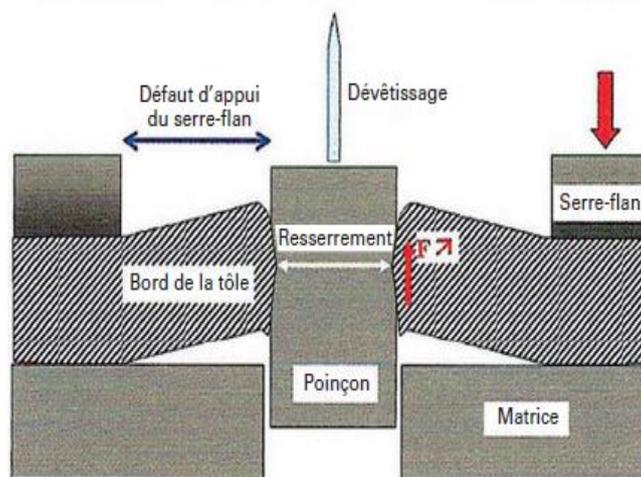


Figure I.13 : Mécanisme d'usure accélérée du poinçon liée à un mauvais appui du serre-flan.

### I.3.2.9-Pénétration du poinçon en matrice

La pénétration du poinçon en matrice est déterminée au moment de la conception de l'outil et elle est ajustée au besoin lors de la mise au point.

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

L'intérêt d'avoir une pénétration importante est grâce à un meilleur maintien de la débouchure en matrice, est 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 du déboucheur.
- 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.

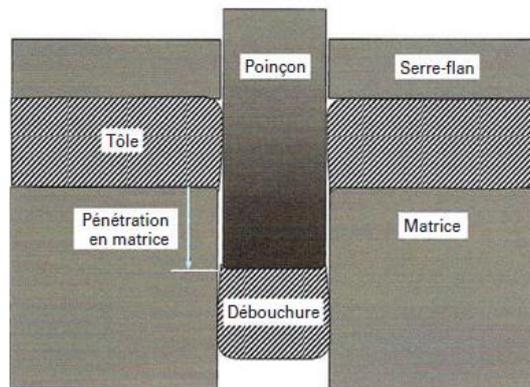


Figure I.14 : Définition de la pénétration en matrice.

### I.3.2.10- Contraintes sur les outils

La contrainte de compression des outils est calculée comme indiqué ci-dessous.

On peut vérifier alors que cette contrainte ne dépasse pas la limite d'élasticité ( $R_e$ ) du matériau en compression.

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

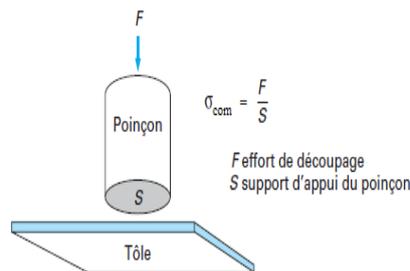


Figure I.15: Contrainte de compression sur le poinçon.

Dans le cas de poinçonnage de petites dimensions, la contrainte de compression peut provoquer le flambement du poinçon, comme on peut le voir comme indiqué ci-dessous.

Il est alors important de pouvoir prévoir le risque de flambement d'un tel poinçon. Pour cela, on détermine la charge critique ( $P_{cr}$ ) en utilisant la formule de flambement d'Euler avec les conditions d'encastrement d'un côté et de mouvement libre de l'autre

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{l^2} \dots\dots\dots [8]$$

**Avec :**

**E:** Module d'élasticité du matériau à outil,

**I:** Moment d'inertie du poinçon,

**l:** Longueur libre de flambement



Figure I.16 : Exemple de flambement d'un poinçon de découpage.

### I.3.2.11- Vitesse de découpage

Dans le travail des tôles sur presse, on parle plus volontiers de cadence que de vitesse. Or, si la cadence est le paramètre que l'on règle sur la presse, c'est implicitement la vitesse d'impact du poinçon de découpage sur la tôle que l'on va changer.

Cette vitesse n'est pas seulement dépendante de la cadence de la presse, mais également des réglages de la course et de la distance de travail par rapport au point mort bas.

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

### I.3.2.12-Paramètres liés à l'usure de l'outil

#### a. Lubrification

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.

#### b. 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.

Les matériaux à outil habituellement utilisés en découpage se composent d'aciers fortement alliés et de carbures.

### I .3.3-Le relevage

#### I .3.3.1-Définition

Le relevage de bord est un procédé de mise en forme par déformation plastique appliqué essentiellement sur des métaux en feuilles. Il consiste à relever le bord d'une tôle ou d'une pièce en faisant appel dans la majorité des cas, au mouvement relatif d'un poinçon ou d'une matrice.

Ce procédé peut s'effectuer sur un bord rectiligne ou un bord courbé. Le relevage de bord rectiligne consiste à effectuer une simple opération de pliage le long d'une ligne droite, Ce type de relevage de bord se distingue du procédé de pliage classique par le fait que la partie Relevée est très petite par rapport à la taille totale de la pièce. Par contre pour les bords courbés Le pliage n'est plus dominant [9].



Figure I.17 : Exemples d'articles industriels à bord relevé

#### I .3.3.2-Le champ de contrainte dans le relevage de bord en rétreint et expansion

Le bord est sollicité suivant l'un des deux modes de formage : rétreint ou expansion. En effet, le relevage de bord est effectué par rétreint lorsqu'il est réalisé suivant une ligne de courbure convexe (figure a). En revanche, le procédé est effectué par expansion lorsqu'il est réalisé suivant une ligne de courbure concave (figure b).

La différence principale entre ces deux modes réside dans la nature des champs de contraintes

Développés dans le bord de la tôle au cours du relevage, Le relevage de bord par rétreint génère des Contraintes de compression dans la direction circonférentielle, Par contre des contraintes de traction dans la direction circonférentielle sont générées au cours du relevage de bord par expansion. L'impact d'une telle différence se manifeste notamment lorsque la déformation dépasse la capacité limite de formage.



Figure : I.18 : Relevage de bord par : (a) rétreint (b) expansion.

### I .3.3.3-Relevage de bord d'un trou (soyage)

#### I .3.3.3.1-Définition

Lorsque le relevage de bord est pratiqué suivant une ligne fermée circulaire ou elliptique, la forme Obtenue est appelée **soyage**



Figure : I.19 : Exemples d'applications industrielles des trous à bords relevés (soyage)

#### I .3.3.3.2-Principe

Sur le plan industriel, la technique classique de relevage de bord d'un avant-trou est la plus répandue. Cette technique fait appel aux éléments standards d'outillage de presse : poinçon, matrice et serre-flan. Elle s'appuie sur la démarche ordinaire de la mise en forme par déformation plastique. La partie non-relevée est fermement tenue entre la matrice et le serre-flan durant tout le procédé pour empêcher son gauchissement. L'opération se déroule suite à la descente du poinçon qui entre en contact avec la périphérie de l'avant-trou. Le poinçon oblige ainsi une partie de la tôle, maintenue en porte-à-faux, à pénétrer dans la cavité de la matrice. Cette action provoque la déformation de la partie de la tôle située aux alentours de l'avant-trou par combinaison des phénomènes de pliage et d'étirement. Le diamètre du trou après relevage de bord est plus grand que le diamètre de l'avant-trou, ce qui provoque l'expansion locale de la tôle et la formation d'un bord cylindrique relevé (soyage).

Une forme cylindrique est souvent ajoutée au poinçon pour jouer le rôle d'un pilote permettant le Centrage de l'avant-trou avant le relevage.

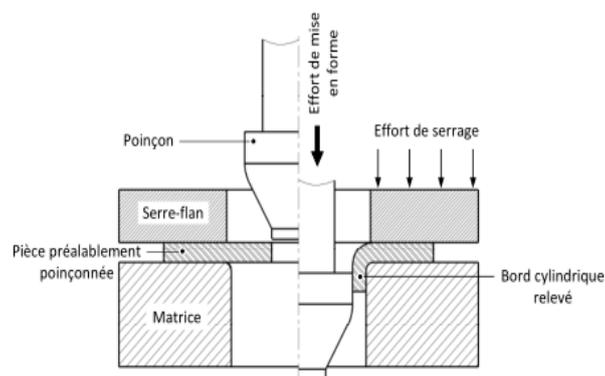


Figure : I.20 : Schéma de principe de relevage de bord d'un trou par la technique classique.

### I.3.3.3-caractéristiques géométriques

Pour une tôle d'épaisseur  $e$ , les caractéristiques géométriques du soyage les plus significatives sont les suivantes : diamètre intérieur  $\phi_p$ , diamètre extérieur  $\phi_m$ , l'épaisseur du bord relevé  $e_b$  et la hauteur du bord relevé  $h$ .

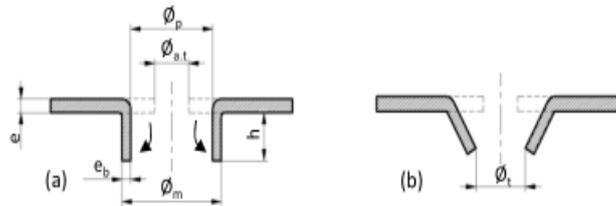


Figure : I.21 : Section de : (a) soyage, (b) embrèvement.

Le bord obtenu peut servir pour le guidage d'un axe, logement à un roulement ou logement pour la tête d'une vis. Il peut être taraudé afin d'éviter le sertissage d'un écrou dans le cas d'assemblage par visserie.

### I.3.3.4-Paramètres et conditions de relevage de bord d'un trou

Les parties actives de l'outillage (matrice et poinçon) possèdent plusieurs paramètres qui affectent le déroulement du procédé de relevage par la technique classique :

- a-** La matrice est caractérisée principalement par son rayon  $R_m$  et son rayon d'entrée matrice  $R_{em}$ .
- b-** Le poinçon est caractérisé par sa forme et ses dimensions : il peut être de forme cylindrique, hémisphérique ou conique. Chaque forme est définie par un ou deux paramètres géométriques tels que le rayon du nez de poinçon  $R_n$ , l'angle de conicité  $\alpha$ , le rayon de raccordement  $R_{pp}$ , etc.
- c-** serre flan peuvent éventuellement s'ajouter à ce groupe de paramètres tels que l'intensité et la nature de son effort presseur au cours du procédé. Ce dernier, dépend principalement du type de machine utilisée : presse simple ou double effets, mécanique ou hydraulique. Comme dans tout autre procédé classique de mise en forme, la nature de l'interface entre la tôle et l'outillage (avec ou sans lubrification) fait aussi partie des paramètres à contrôler au cours du relevage.
- d-** Le jeu  $j$  entre le poinçon et la matrice est un paramètre technologique qui nécessite souvent un soin bien particulier lors de la conception d l'outillage. Il conditionne la réussite du procédé et présente une influence importante sur l'aspect et la qualité du trou à bord relevé.

$$j = \phi_m - \phi_p$$

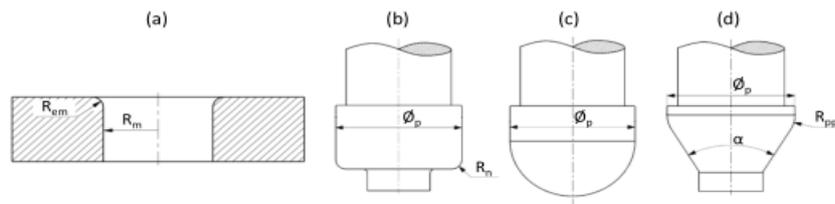


Figure I.22 : Paramètres de l'outillage : (a) matrice (b) poinçon cylindrique (c) poinçon hémisphérique (d) poinçon conique.

### I.3.3.5-Autres Techniques de relevage de bord d'un trou

Dans le but de répondre à des exigences industrielles spécifiques d'ordre technologique et/ou économique, plusieurs autres solutions ont été proposées. La première famille de solutions consiste à effectuer des modifications sur le procédé de relevage en conservant l'aspect classique de sa technique : relevage par perforation, poinçonnage au cours du relevage par un poinçon épaulé, ajout d'un contre-poinçon ou multiplication des passes de relevage.

La deuxième famille de solutions fait appel à d'autres techniques de relevage de bord. Dans les paragraphes suivants, le principe, les avantages et les inconvénients de quelques solutions alternatives sont présentés.

#### a-Technique de Maslennikov

A l'origine, cette technique a été développée pour le procédé d'emboutissage. Maslennikov a eu l'idée de remplacer l'un des éléments actifs de l'outillage classique par un élément déformable en élastomère. Ceci permet de réduire le coût de fabrication en éliminant une(ou plusieurs) pièce(s) métallique(s) de l'outillage.

Il permet également de s'affranchir de dépenses supplémentaires dues à la qualité nécessaire pour avoir un montage précis.

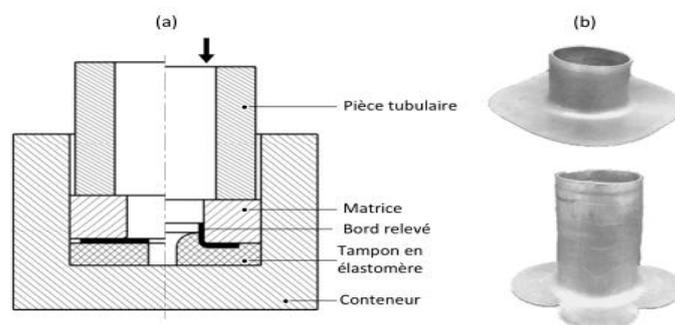


Figure I.23 : Relevage de bord par la technique de Maslennikov : (a) schéma de principe ,(b) exemples du bord relevé

#### b-Technique d'extrusion

Son principe est inspiré du procédé d'extrusion communément utilisé pour la mise en forme des pièces à partir d'un lopin.

L'opération est effectuée à partir d'une coquille emboutie et trouée au centre. L'outillage comprend un poinçon, une matrice fixe, un serre-flan et un conteneur. Le poinçon est en contact avec le bord supérieur de la coquille.

L'application d'une action sur le poinçon provoque l'écoulement de la matière à travers la cavité de la matrice formant ainsi le bord relevé. Un rayon d'entrée matrice différent de zéro et un raccordement sont réalisés sur la matrice pour faciliter l'écoulement de la matière.

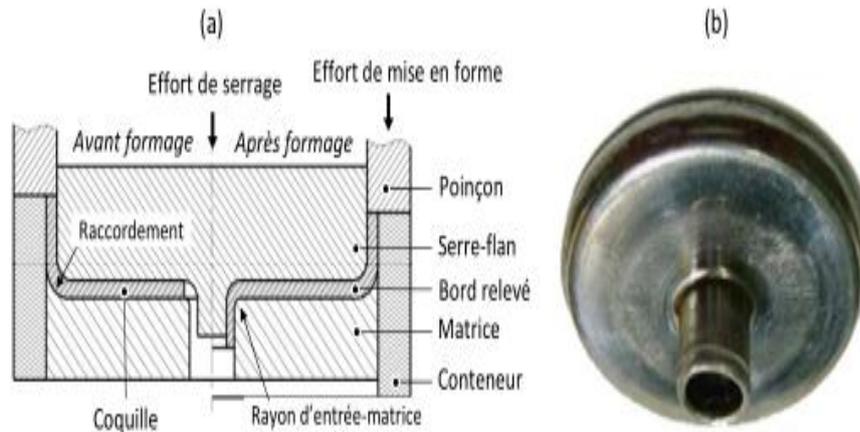


Figure : I.24 : Relevage de bord par extrusion : (a) schéma de principe (b) exemple typique

### c-Technique de formage incrémental

Cette technique est basée sur la substitution des éléments actifs de l'outillage classique (poinçon/matrice) par un outil de forme hémisphérique de petite taille.

Elle consiste à appliquer des déformations locales successives et des repoussages progressifs sur une tôle pour développer des formes en relief (figure a).

L'incrémentation est pilotée par une machine à commande numérique qui fait suivre à l'outil une trajectoire prédéterminée suivant une stratégie donnée.

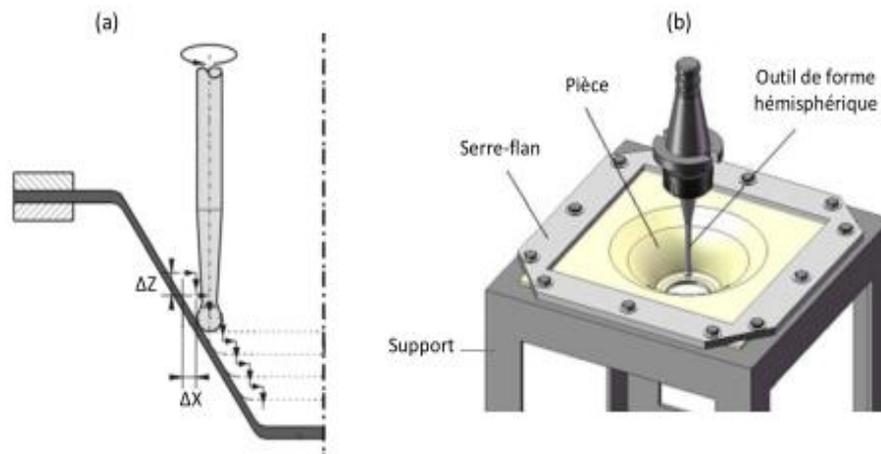


Figure I.25 : (a) Principe de formage incrémental. (b) Application au relevage de bord

### I .3.3.3.6-Principales limitations du relevage de bord d'un trou

Comme dans tout autre procédé de mise en forme par déformation plastique, le procédé de relevage de bord d'un trou est limité par l'apparition de plusieurs types de défauts. Au cours du procédé, L'épaisseur décroît avec la progression du relevage. Après amincissement, les strictions sont les premiers défauts observés (figure a). Ils sont la conséquence de contraintes de traction excessives générées dans la direction circonférentielle à l'extrémité du bord. Une pièce présentant ce type de défaut est souvent réputée mauvaise car la striction représente une faiblesse pouvant se propager très rapidement en une rupture même sous des sollicitations relativement faibles.

Dans certains cas, les strictions se forment au premier stade du procédé de relevage ce qui provoque leur progression lors du relevage et la formation de déchirures (figure b). Dans la plupart des applications industrielles, l'apparition de ce défaut constitue la première cause de rejet d'une pièce après le relevage de bord.

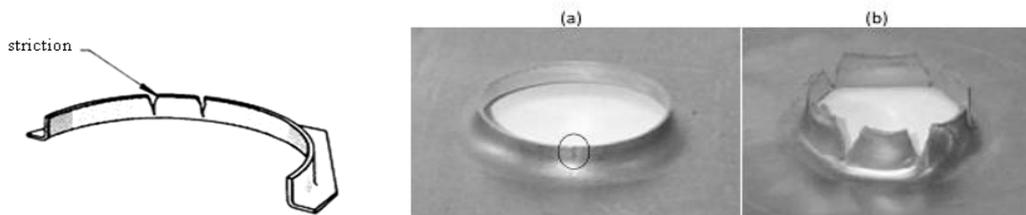


Figure I.26 : Exemples de défauts : (a) strictions (b) déchirures axiales

## I .3.4-Le Pliage

### I .3.4.1 Définition et principe

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

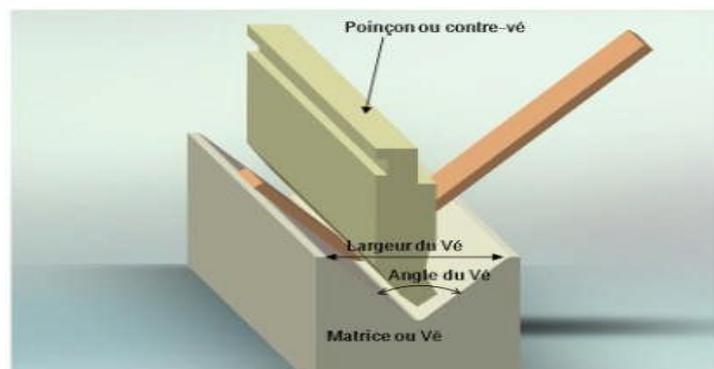


Figure I.27 : principe de pliage

### I.3.4.2-Différents types de pliage

Suivant la géométrie des poinçons et des matrices, trois types de pliage sont distingués : en V, en U et en L. [5]

#### a- Le pliage en V(en presse plieuse)

Dans ce cas le serre-flan est inutile. La variation de l'angle de formage de la tôle est entraînée par la variation de l'angle de poinçon et de la matrice ; Ce pliage en V peut s'effectuer par les techniques suivantes (pliage en l'air , pliage en frappe et sur élastomère).



Figure I.28 : Pliage en V

#### b-Pliage en frappe

Le poinçon entraîne les deux branches libres du pli jusqu'au contact des faces intérieures de la matrice, il en résulte un écrouissage de la zone pliée et l'angle obtenu est sensiblement égale à celui du vé. Cette technique permet d'obtenir des pièces précises, mais elle nécessite des efforts de pliage importants. Il faut un outillage pour chaque angle et il est limité aux tôles jusqu'à 2 mm d'épaisseur. Le fait de matricer l'intérieur du pli permet d'obtenir des angles très précis ( $\pm 0,5^\circ$ ).

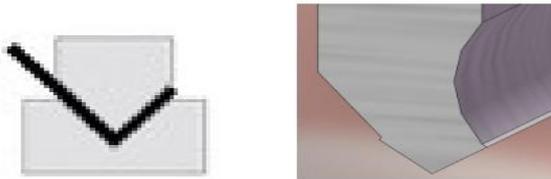


Figure I.29 : pliage en frappe

#### c- Le pliage en l'air

Les branches libres du pli ne viennent pas au contact des faces intérieures du vé. La limitation de la descente du poinçon et l'écartement du vé, permettent d'obtenir les plis aux angles désirés.

Ce mode de pliage est couramment utilisé car les forces appliquées sont environ 5 fois Moins importantes que pour du pliage en frappe.



Figure I. 30 : pliage en l'air

#### d- Pliage sur élastomère

Ce procédé consiste à remplacer la matrice en métal par un coussin élastique en caoutchouc enchâssé dans un support métallique. Le pliage à l'aide d'un outil élastique convient particulièrement à la mise en œuvre des tôles minces ayant reçues un traitement superficiel. Cette technique a l'avantage de ne jamais marquer la tôle, et nécessite des efforts très importants.



Figure I.31 : pliage sur élastomère

#### e- Le pliage en U

Ce type de pliage comprend un serre flan mobile qui bloque la matière sous le poinçon ce qui évite le glissement de la tôle lors de la mise en forme entre les deux blocs matrice.



Figure I.32: Pliage en U

#### f-Le pliage en L

On l'appelle aussi le pliage en tombé de bord, le principe de ce type consiste à plier un flan en porte-à-faux à 90 ° maintenu entre la matrice et le serre -flan.

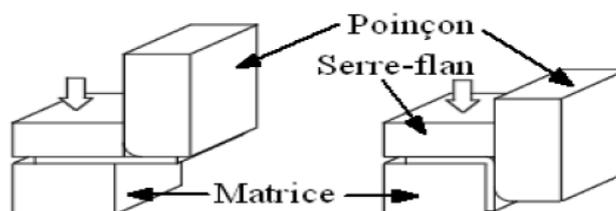


Figure I.33 : Pliage en L

### I.3.4.4-Le rayon de pliage

Sur une pièce cambrée on constate des déformations sur la zone pliée, les fibres intérieures sont comprimées alors que celles extérieures subissent un étirement. [10]

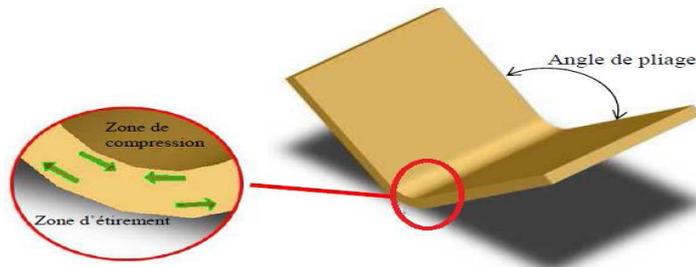


Figure I.34 : Angle de pliage.

Le rayon de pliage est en fonction de l'ouverture du V utilisé, plus le rayon est petit, plus les déformations constatées sont grande.

En particulier pour un rayon  $R=0$ , soit un cambrage sur un angle vif, l'allongement de la zone tendue est tel que des criques qui apparaissent souvent sur la pièce.

De ce fait le cambrage sur un angle vif est à rejeter. Le rayon  $R$  sera donc choisi assez grand et, si possible, égal à 5 fois l'épaisseur de la tôle.

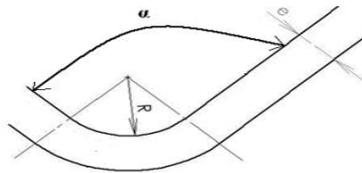


Figure I.35 : Rayon de pliage.

#### a-Position de la fibre neutre

Le maintien de l'équilibre des sections l'une qui augmente, l'autre qui diminue provoque un déplacement de la fibre neutre vers le rayon intérieur. [5]

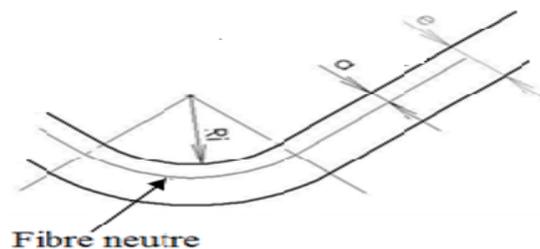


Figure I.36 : Position de la fibre neutre.

Le rayon de fibre est donné par la relation :

$$R_f = R_i + k \times e$$

Avec :

**K** : Coefficient qui dépend de rapport  $R_i/e$  donné par le tableau suivant :

$R_i/e$	> 0.65	>1.00	>1.50	>2.40	>3.80
<b>K</b>	0.30	0.35	0.4	0.45	0.50

Tableau I.2 - Tableau de Coefficient de proportionnalité

### b-Allongement de la fibre extérieure :

C'est l'allongement supporté par les fibres les plus tendues. [5]

Il est défini par la relation :

$$A = \frac{(R_i + e)\alpha - (R_i + e/2)\alpha}{(R_i + e/2)\alpha} \times 100$$

**Exemple :** A% = 14% cette valeur est acceptable pour un acier doux mais insuffisant pour un Acier dur.

### I .3.4.5-Rayon minimale de pliage :

Le rayon minimal de pliage est le plus petit rayon pour le quel il n'y a pas apparition de fissures lors du pliage. [5]

Il dépend de :

- La nature et de l'état du métal (recuit, écroui)
- L'angle du pliage : Pour une épaisseur donnée le rayon de pliage croit avec l'angle de pliage.
- L'épaisseur le rayon minimal peut être déterminée par la formule suivante :

$$\frac{R_{\text{mini}}}{e} = \frac{1}{\left[\frac{A-4}{100-Z}\right] \times \left[\frac{A-4}{100-Z} + 2\right]}$$

**Avec :**

- $R_{\text{mini}}$  : Rayon minimal de pliage
- e: Epaisseur de la tôle
- A% : Allongement après rupture
- Z% : Coefficient de striction

### I .3.4.6-Paramètres influents sur l'opération de pliage

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

#### a- 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 a deux fois l'épaisseur de la tôle.

$$r \geq 2e$$

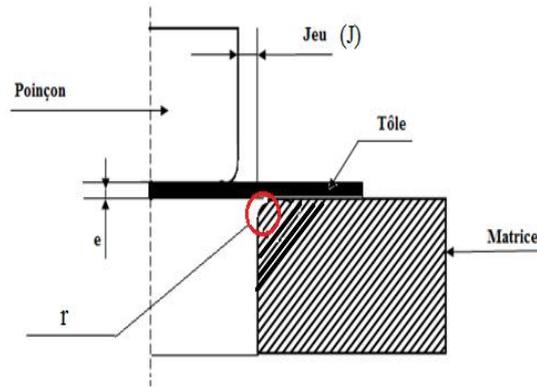


Figure I.37 : Jeu de pliage et rayon de la matrice.

### b- 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.3.4.7 - Pliage des tôles épaisses

A partir d'une épaisseur de 3 ou 4 mm, il est bon d'enlever les bavures et d'arrondir l'arête extérieure de la tôle dans toute sa partie pliée afin d'éviter la formation de criques.

### I.3.4.8 - 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  $\alpha_f$  obtenu diffère de celui imposé par l'outillage  $\alpha_i$  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. [10]

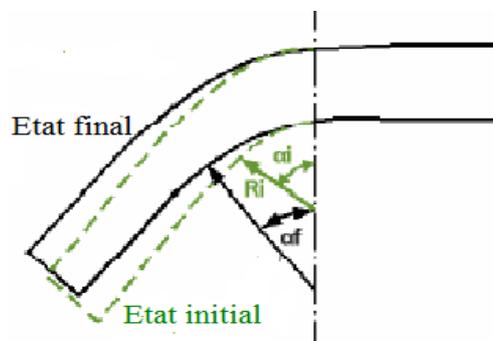


Figure I.38 : Retour élastique.

### I.3.4.9 - L'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. [5]

$$F = \frac{e \cdot L \cdot R_c}{10}$$

**e** : l'épaisseur de la tôle.

**L** : la longueur de la ligne de cambrage.

**R<sub>c</sub>** : Résistance de la tôle au cisaillement ( daN /mm<sup>2</sup>).

Il faut noter que l'encombrement des outils utilisés conduit à l'emploi de presses qui exercent un effort nettement supérieur à celui requis. Le calcul de l'effort de pliage s'avère donc inutile pour le choix de la presse à utiliser.

### I.3.4.10 – les inconvénients et les avantages de pliage :

#### a- Les avantages :

Outillage simple avec différents poinçons et matrice.

#### b- Les inconvénients :

Présence de retour élastique et la longueur de pliage limité.

## I.4 – Conclusion

Avant de la mise en forme en n'importe quelle manière une pièce mécanique on doit d'abord avoir le métal sous forme de tôle, cette dernière est obtenue en passant d'un bloc d'acier brut ou brame, par le procédé de laminage en différentes étapes successives.

Les différents procédés et les techniques de mise en forme des pièces mécanique quand à citer dans ce chapitre ont pour l'objectif de donner une forme précise à la tôle.

C'est un travail qui nécessite de maîtriser parfaitement certains paramètres expérimentaux tel que : la composition de matériau et ces différentes caractéristiques mécaniques, la réalisation des procédés précédentes ce fait sur des machines spéciales pour avoir une géométrie souhaitée, et enfin pour minimiser le coût de la fabrication.

# *CHAPITRE II*

*Généralités sur les presses et leurs outils*

### II.1 –Introduction

Pour la transformation des tôles, l'industrie a besoin des machines spécifiées dans le cas de coupe, pliage ou bien l'emboutissage. Les machines utilisées sont généralement des presses. elles sont très importantes dans l'industrie et la mise en forme des pièces mécaniques. Dans ce chapitre on va voir les différents types de presses qui existe et leur principe de fonctionnement ainsi les différents outils utilisé dans la mise en forme des pièces mécaniques.

### II.2- Définition

Les presses sont des machines permet de changer la forme d'une pièce à partir d'une tôle, en appliquant une pression. Elles sont essentiellement composées de deux plateaux qui peuvent se rapprocher pour comprimer ce qui est placé entre eux, elles ont deux parties, une mobile quand 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, elles sont actuellement commandées numériquement.

Les presses peuvent être classées à partir de plusieurs paramètres comme :

- 1) le mode de transmission d'énergie soit hydraulique, mécanique ou pneumatique.
- 2) leur forme de bâti.
- 3) le nombre de coulisseaux.

### II.3 Les presses selon le mode de transmission d'énergie [11]

#### II.3.1 -Presse hydraulique

##### II.3.1.1 –Définition

Une presse hydraulique est une machine avec un circuit hydraulique qui fournit une grande force de compression. Elle permet de transmettre un effort démultiplié et un déplacement, elle contient Une plaque dans laquelle le matériau métallique est placé de manière à pouvoir être écrasé, redressé ou moulé.



Figure II.1 : La presse hydraulique.

##### II.3.1.2- principe de fonctionnement

Le fonctionnement de la presse hydraulique se repose sur le principe de Pascal qui dit : « Dans un liquide en équilibre de masse volumique uniforme, la pression est la même en tout point du liquide et cela aussi longtemps que ces points sont à la même profondeur ».

À une extrémité du système se trouve un piston avec une petite surface  $A_1$ , de l'autre côté un piston avec une grande surface  $A_2$ , qui permet d'accroître la force.

Comme pour un bras de levier avec un rapport de 1/2, d'un côté une force est doublée, mais la course est divisée par deux ; il en est de même pour le vérin avec une section double du premier (ne pas confondre section et diamètre).

Autre exemple, si le rapport des sections est de 10, une force de 100 N sur le petit piston va produire une force de 1 000 N sur le grand piston, mais le petit piston doit se déplacer de 100 mm pour que le grand piston se déplace de seulement 10 mm.

C'est ainsi que l'énergie, sous forme de travail est conservée et que la loi de conservation de l'énergie est satisfaite.

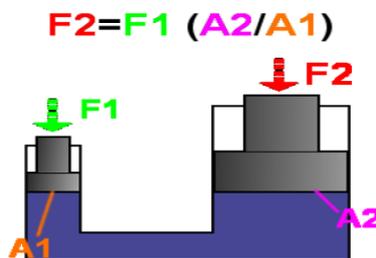


Figure II.2 : principe de la presse hydraulique

### II.3.1.3 - Avantages et inconvénients de la presse hydraulique

#### a. Avantages

- 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.

#### b. Inconvénients

- 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.3.2 - La Presse pneumatique**

### **II.3.2.1 – Définition et principe**

La presse pneumatique est une machine qui fonctionne avec l'air comprimé, L'air est forcé dans un tube jusqu'à ce qu'il est plein ensuite il applique une pression permettant de déplacer la presse, alors Pour avoir une force importante il faut donc une grande pression et une grande surface.



**Figure II.3 : Presse pneumatique.**

### **II.3.2.2 – caractéristiques de presse pneumatique**

La presse pneumatique est caractérisée par sa grande vitesse, Elle peut fonctionner dix fois plus que la presse hydraulique. Elle peut aussi stopper à n'importe quel moment, il suffit juste d'ouvrir la valve pour dégager l'air.

## **II.3.3 - La Presse mécanique**

### **II.3.3.1 – Définition**

Une presse mécanique est une machine qui utilise un mécanisme pour faire fonctionner les matrices à la vitesse appropriée, et leur donner l'énergie suffisante pour obtenir la forme désirée. Elle est de très grande rapidité de fonctionnement et caractérisée par le mode de transmission du mouvement utilisé: volant d'inertie, une réduction, double réduction, double effet et roue excentrique.

La force (charge) et la précision dans la presse mécanique sont nécessaires pour atteindre les demandes de la tolérance et pour garantir un bon assemblage des parties de la pièce finale. Les presses mécaniques sont les plus répondu car elles permettent d'atteindre des cadences élevées et elles sont d'une très grande rapidité de fonctionnement.



**Figure II.4 : Presse mécanique**

### **II.3.3.2- Principe de Fonctionnement de la presse mécanique**

La presse mécanique est alimentée par un moteur électrique qui tourne un grand volant d'inertie, ce dernier stocke l'énergie cinétique qui est ensuite transmise au coulisseau par un système précis en un mouvement de translation.

## **II.4 -Les types de presse selon la forme de bâti [11]**

### **II.4.1 presse à col de cygne**

Les bâtis à col de cygne est pour les presses de petites et moyennes puissance jusqu'à, 100 tonnes environ elles sont souvent employées pour découpage, pliage et souvent pour des petites pièces de grandes séries. La forme de bâti dégage complètement les cotés de la presse et permet de passer les bandes latéralement ; le bâti est ouvert également à l'arrière. La plupart des bâtis à col de cygne sont inclinables, c'est-à-dire que la machine peut Travailler dans sa position droite ou dans une position inclinée.

Dans ce dernier cas, la pièce découpée s'évacue, à l'arrière de la presse par son propre poids ou par gravité Les bâtis à col de cygne se déforment élastiquement sous l'effet de charge, ce qui provoquera le déplacement angulaire des deux parties de l'outil et préjudice leur bon fonctionnement, c'est pour cela ils sont réservé aux presses développent au maximum 2000 KN d'effort.



**Figure II.5 : Presse à col de cygne.**

### **II.4.2-presses à arcade**

Les bâtis à arcades est pour les presses de moyennes et grosses puissance ce qui leurs permet de supporter des efforts importants tout en assurant une grande précision dans le guidage des outils.

Dans cette forme de bâti, on trouve les presses à une bielle et les presses à deux bielles ; et leurs avantage c'est que leur système de construction évite le phénomène de déflexion et limite largement les déformations de structure en plus la maintenance des outils utilisés est réduite tout en donnant au produit un haut degré de finition.



**Figure II.6 : Presse à arcade.**

### **II.4.3-presse à colonnes**

Ces presses sont équipées de quatre colonnes cylindriques qui lient les deux parties supérieures et inférieure et qui entraîne le coulisseau, elles sont généralement employées pour le forgeage et le matriçage.



**Figure II.7 : Presse à colonnes.**

### **II.4.4-presses à montants droits**

Ce type de presses est presque le même que le type précédent. Le bâti est du type assemblé c'est-à-dire que la table, les montants et le chapiteau sont reliés par quatre forts tirants en acier serrés à chaud.

La distance entre le chapiteau et la table et celles entre les montants sont choisies en fonction du travail à exécuter. Ces presses sont très robustes et peuvent atteindre de très grandes dimensions.



Figure II.8 : figure à montant droit

### II.4.5-presses à table mobile et bigorne

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



Figure II.9 : Presse à table mobile et bigorne.

## II.5 Les types de presse selon le nombre de coulisseaux [11]

### II.5.1-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 destiné à assurer l'effet du serre-flan.

### II.5.2-Double effet

Elles comportent deux coulisseaux indépendants, 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 du 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.10 : Presse à double effet.

### II.5.3-Triple effet

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.

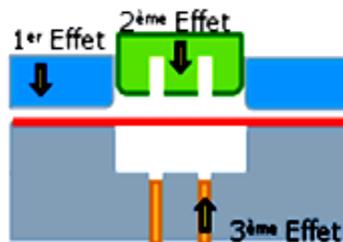


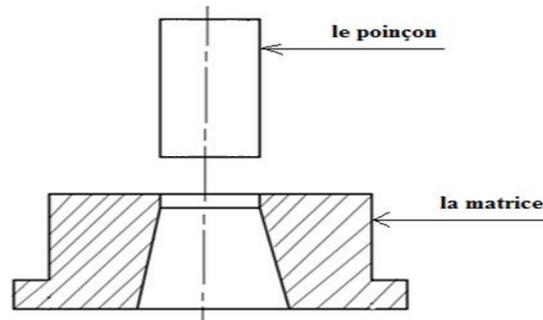
Figure II.11 : Principe de fonctionnement de presse à triple effets

## II.6 Les différents types d'outils de presses [11]

### II.6.1 Outil à découper

#### a-Outil simple découvert

Cet outil est constitué uniquement d'un poinçon et d'une matrice. Il ne peut être employé dans les travaux de série du fait de la remonter de la bande de tôle avec le poinçon. En outre, cette bande n'est pas guidée sur la matrice et doit être déplacée à vue après chaque de presse.



**Figure II.12: Outil découvert simple.**

### **b -Outil buté à découvert**

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

## **II.6.2 Outils à emboutissage**

L'outil d'emboutissage nous permet de formé des corps creux par déformation plastique des métaux en feuille. On trouve des outils avec ou sans serre-flan.

## **II.6.3 Outils de détourage**

Après l'opération de l'emboutissage le détourage est utilise pour enlevé la matière excédentaire ; on distingue trois types d'outils de détourage.

## **II.6.4 Outil de pliage**

Les outils de pliage sont varié a l'infini et ils sont déterminer par la pièce a produire, dans les cas ou le pliage est compliqué il se décompose en opérations élémentaires, parmi les Outils de pliage élémentaires qui sont nécessaires a la fabrication on trouve : pliage en U, en V et en équerre.

### **a-Outil de pliage en V**

Il se compose d'un poinçon et une matrice épousant l'angle de la cornière a forme(en V). la matrice doit avoir un épaisseur suffisante pour ne pas rompre sous l'effet du coin de poinçon et sa partie utile n'est pas obligatoirement égale a la largeur de la pièce a plier et peut être plus petite, le flan à plier est contré par un drageoir fixés sur la matrice, cet utile est utilisé pour les grandes séries les petites pièces et les petites pièces qui ne demandent pas trop de précisions et leurs angle est inferieur à 90°

### **b- Outil de pliage en U**

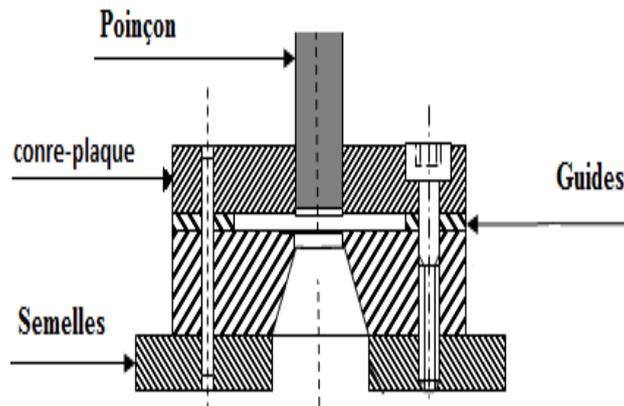
Cet outil a exactement le même principe de l'outil de pliage en V, là différence est dans la forme du poinçon et de la matrice cet utile travail en symétrie et relève simultanément les deux ailes de U.

**c- Outil de pliage en équerre**

Cet outil est utilisé pour obtenir des pièces pliées à 90° ; il est composé de poinçon matrice et éjecteur, ce dernier est appelé fond de matrice.

**II.6.5 Outil contre plaque**

Utilisé pour les tôles d'épaisseur inférieure à 2mm. On distingue deux types d'outils à contre-plaque selon l'avance du flan.



**Figure II.13: Outil à contre-plaque.**

- A engrenages

L'avancement du flan se fait par l'intermédiaire d'un engrenage, ce dernier tourne et entraîne avec lui le flan. En dépit de son manque de précision pour contrôler l'avance, on prévoit un buté de départ qui met la bande en position lors du premier coup de presse.

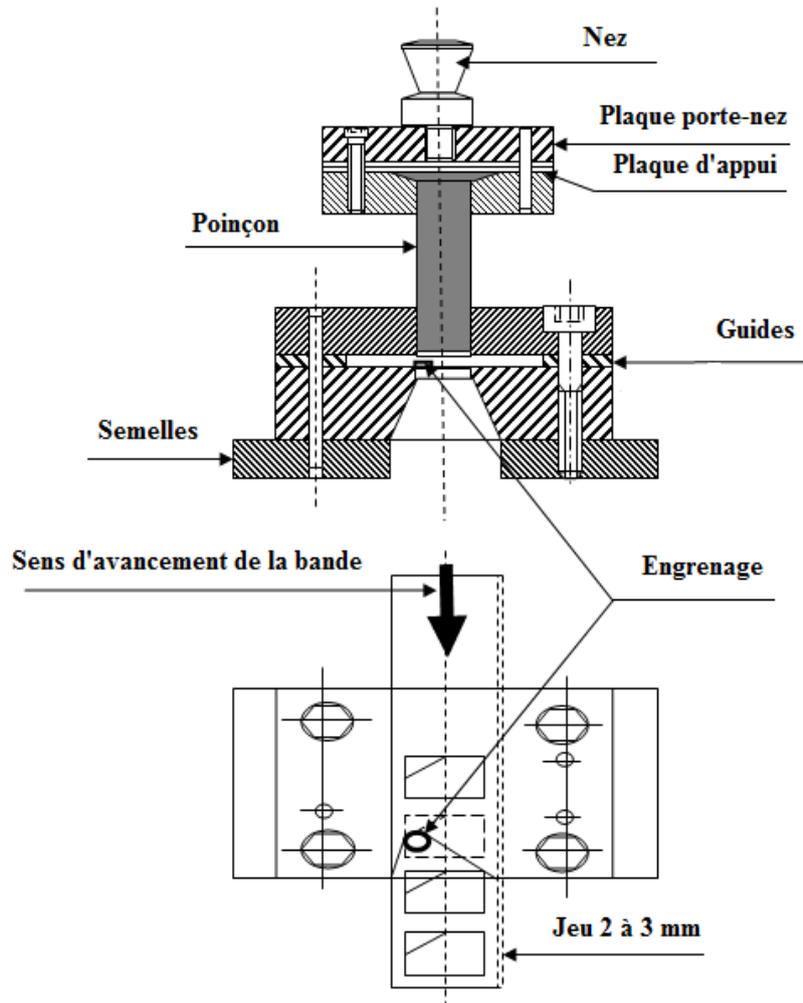


Figure II.14 : Outil à contre-plaque muni d'un avancement du flan par engrenage.

- A couteau

Sa conception est identique à celle de l'outil précédent sauf en ce qui concerne le contrôle de l'avance. L'engrenage est supprimé ; il est remplacé par un poinçon latéral appelé couteau et sa longueur est égale au pas. Entre deux coups successifs de presse, la bande est poussée ou tirée et vient buter contre le guide. Cette butée assure un contrôle de l'avance plus précis qu'avec l'engrenage

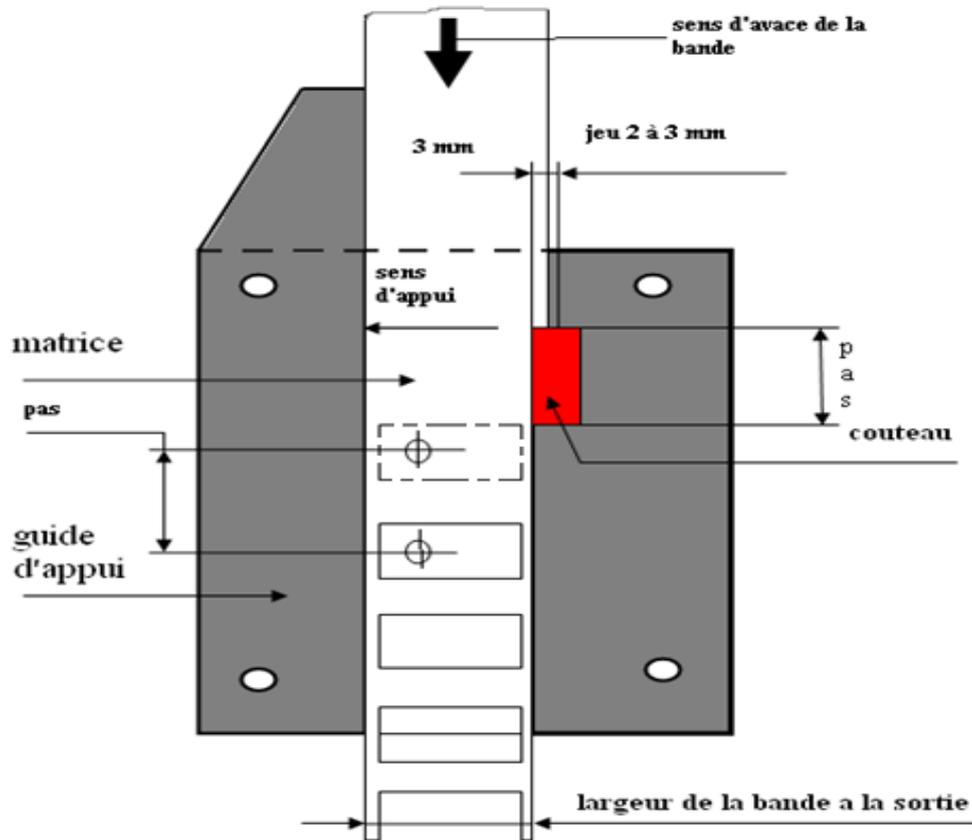


Figure II.15 : Outil à contre-plaque muni d'un avancement du flan par couteau.

### II.6.6 Outil de presse à band

Il est aussi appelé outil à colonne, la contre plaque est remplacée par une pièce analogue montée sur ressorts, c'est le presse bande (devêtisseur), cette dernière fait maintenir la bande pendant l'opération afin d'éviter toute déformation. Le guidage de l'ensemble poinçon-matrice est assuré pas deux ou quatre colonnes de guidage selon les dimensions de l'outil.

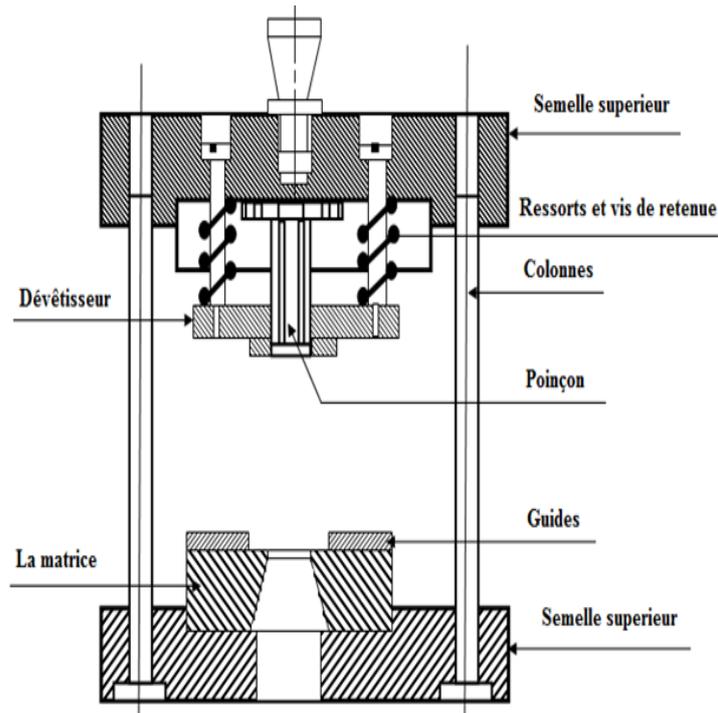


Figure II.16 : outil à presse-bande.

### II.6.7-Outil suisse

Outil à presse-bande mais inversé : le poinçon est à la partie inférieure, la matrice à la partie supérieure, appelé aussi outil bloc, qui découpe et poinçonne en un seul coup de presse. La pièce terminée reste dans la matrice et elle est extraite en haut de course par un éjecteur.

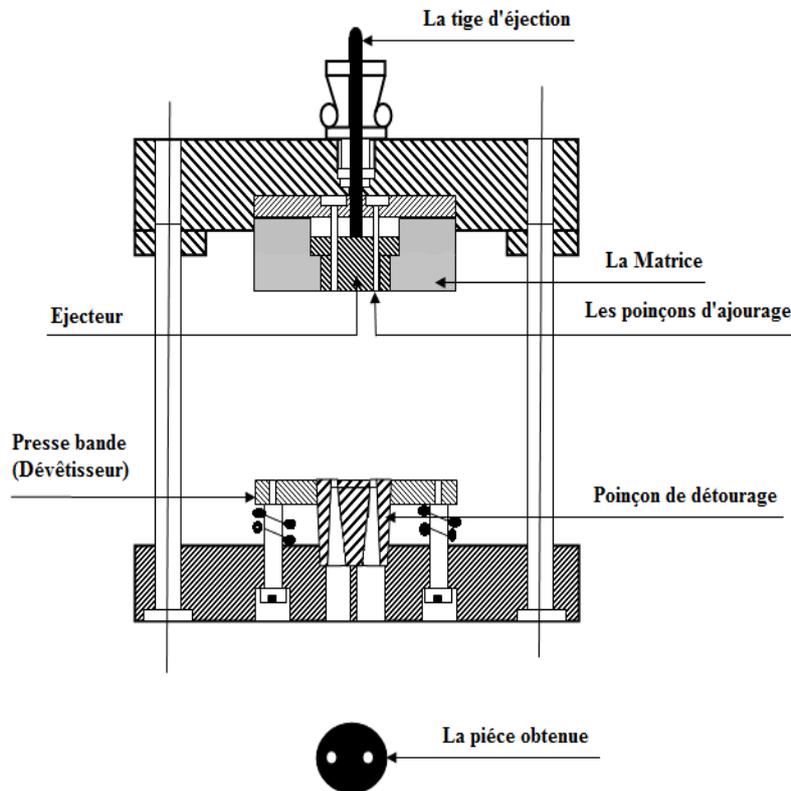


Figure II.17 : Outil suisse.

### **II.6.8- Outil de reprise**

C'est un outil utilisé pour des petites ou moyennes séries de production ; il fait partie de plusieurs outils, chacun d'eux réalise une opération de mise en forme de la pièce à obtenir. Ces opérations se succédant une à une et elles permettent d'obtenir la pièce finale.ils sont distingués par l'opération principale qu'ils réalisent comme, le découpage, le pliage, le poinçonnage ;...etc.

L'outil de reprise est généralement monté sur des presses à manuelle commande et le flan est mis en position dans un drageoir qui est guidé soit par un cadre, par des goupilles, ou bien par plaquettes de positionnement.

### **II.6.9 Outil à suivre ou utile à suite**

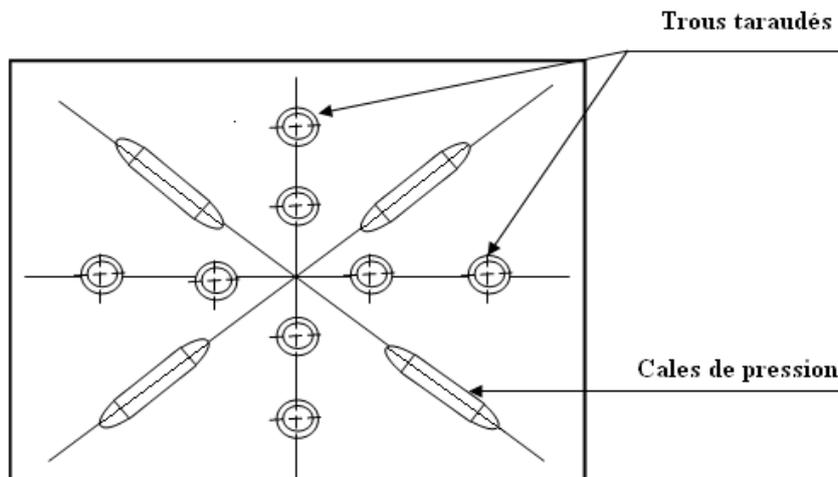
C'est un outil qui permet de réaliser a chaque pas de presse ; une ou plusieurs pièces terminées ; toutes les étapes de la mise en forme sont réaliser successivement avec le même outil, sur la même bande. Ce qui permet d'avoir un prix global d'outillage moins élevé.

## **II.7-Montage des outils sur les presses**

### **II.7.1-Petites presses**

#### **□Partie inferieur de l'outil**

Le plateau des presses présente des trous taraudés, leurs positions varient selon les constructeurs de presses, et des cales de pressions. Les semelles sont fixées sur le plateau par vis ou par bridage.



**Figure II.18 : Plateau de presse.**

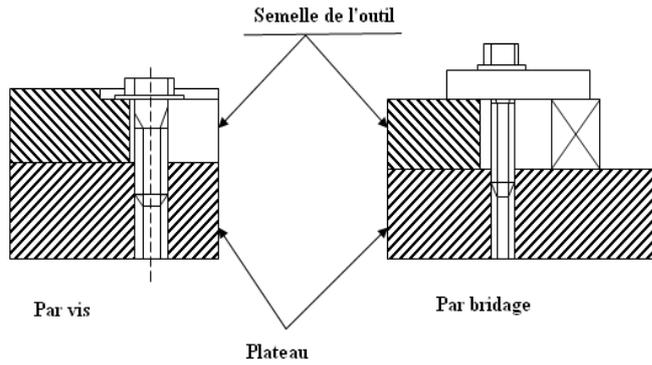


Figure II.19 : Système de fixation des semelles sur le plateau.

#### □ Partie supérieur de l'outil

L'outil porte un nez qui est monté dans le trou lisse du coulisseau, il est serré par le chapeau puis bloqué par la vis de pression. (La vis de pression agit sur la partie tronconique du nez). Les trous des oreilles du coulisseau permettent la fixation des outils longs.

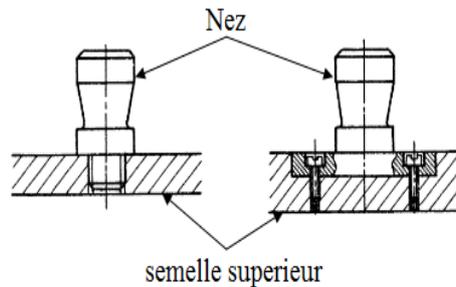


Figure II.20: Système de fixation de la partie supérieure de l'outil.

### II.7.2-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.

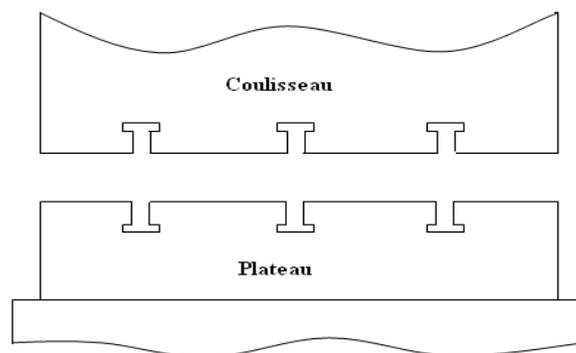


Figure II.21: Système de fixation pour les grosses presses.

## **II .8-conclusion**

Une fabrication économique nécessite l'utilisation de moyens de production adéquats. L'utilisation des presses mécaniques est souvent la solution la plus économique, surtout lorsqu'il s'agit de petites séries.

Ce chapitre nous a donné un aperçu général et global sur les presses utilisées dans l'industrie, leurs principes de fonctionnement, ainsi leurs classements en différents types selon plusieurs paramètres comme le mode de transformation de l'énergie, leurs formes de bâti, ourleurs nombre de coulisseau. On a vu également 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. La connaissance des outils de presse doit permettre de développer une réflexion constructive pour répondre au mieux aux problèmes qui pourraient se poser au cours d'un projet.

# *CHAPITRE III*

*Etude et conception de l'outil de poinçonnage,  
soyage et de pliage*

### III.1- Introduction

L'outil de presse est le cœur du développement d'un projet, il matérialise et rend réel Les résultats des réflexions et des décisions prises au cours de la conception d'un produit. Il Contient le « secret » de la façon dont la tôle de départ est mise en forme pour arriver à Réaliser une pièce conforme en sortie de presse.

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

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

### III.2-but de projet

L'entreprise ENIEM compte intégrer selon ses moyennes, un outil pour la fabrication de **tôle frontale supérieure d'un réfrigérateur «TFS»**, pièces pour la fixation de la charnière porte supérieure d'un réfrigérateur. Le schéma ci-dessous explique brièvement les étapes essentielles suivies pour arriver à fabriquer cette pièce.

Notre travail est localisé sur la troisième étape qui est l'étude et la conception de l'outil Poinçonnage, soyage et pliage.

Pour la conception on a opté au logiciel SOLIDWORKS, La figure ci-dessous nous montre la forme de la pièce à réaliser

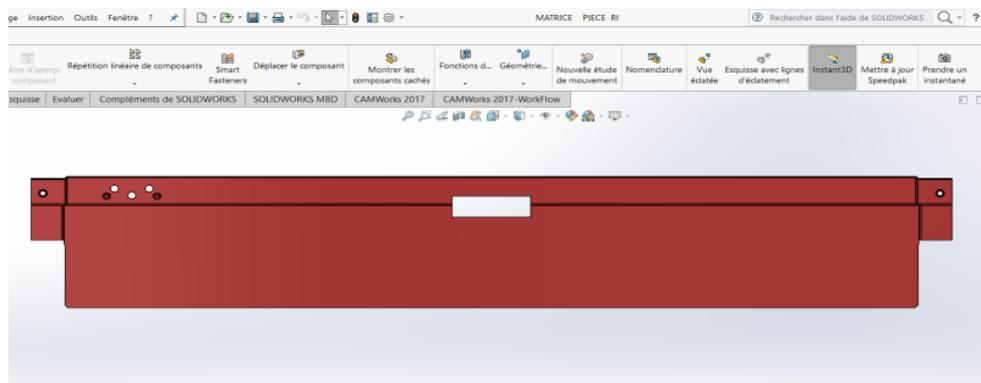


Figure III .1: la forme de la pièce

### III.3-Le cahier des charges

#### III.3.1-Définition

Le cahier des charges est un document essentiel à l'élaboration et la réalisation d'un projet par la précision et la définition de ses objectifs son contexte et sa finalité. Il permet de formaliser les attentes et les besoins du donneur d'ordre (ou de la maîtrise d'ouvrage) de manière exhaustive. [12]

### Chapitre III : Etude et conception de l'outil de poinçonnage, soyage et de pliage

La pièce à réaliser est : **tôle frontale supérieure d'un réfrigérateur ENIEM** dont les caractéristiques dimensionnelles et géométriques sont présentées par le dessin de définition de la pièce ( Planche 4 ).

➤ Le cahier des charges est fourni de l'entreprise est comme suite :

N code	Epaisseur (mm)	Longueur (mm)	Largeur (mm)
-	0.5	585	114.5

Tableau III.1: Cahier de charge de la pièce (TFS)

#### III .3.2 – caractéristiques de matériau de la pièce à réaliser

➤ La tôle doit être conforme à la norme **NF ENDC 04 EK 10209**

#### III.3.3-composition chimique du matériau en pourcentage (%)

S	C	Mn	P
0.05	0.08	0.5	0.03

Tableau III .2- Composition chimique du matériau de la pièce

#### III .3.4 -caractéristiques mécaniques du matériau de la pièce

$E_p$ (mm)	$R_e$ (N/mm <sup>2</sup> )	$R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	$A_{80}$ %
0.5-0.7	140-240	270-350	34
0.7-3.0	140-220		36

Tableau III.3-Caractéristiques mécaniques du matériau de la pièce

#### III .3.5-L'emplacement de la pièce

Cette figure illustre l'emplacement de la pièce dans le réfrigérateur ENIEM



Emplacement de la pièce

Figure III.2 : Emplacement de la TFS sur la paroi de réfrigérateur

### III .4- Etapes de réalisation de la pièce :

La pièce est réalisée en quatre 04 étapes :

#### 1<sup>ere</sup> Etape :

Cette opération consiste a découper les flans a l'aide d'une cisaille automatique comme montre la figure ci-dessous.

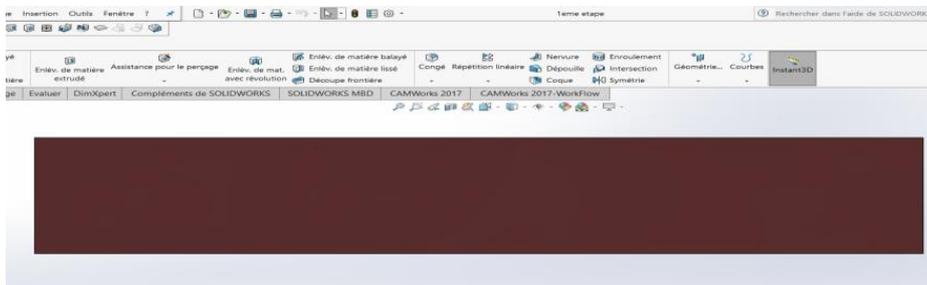
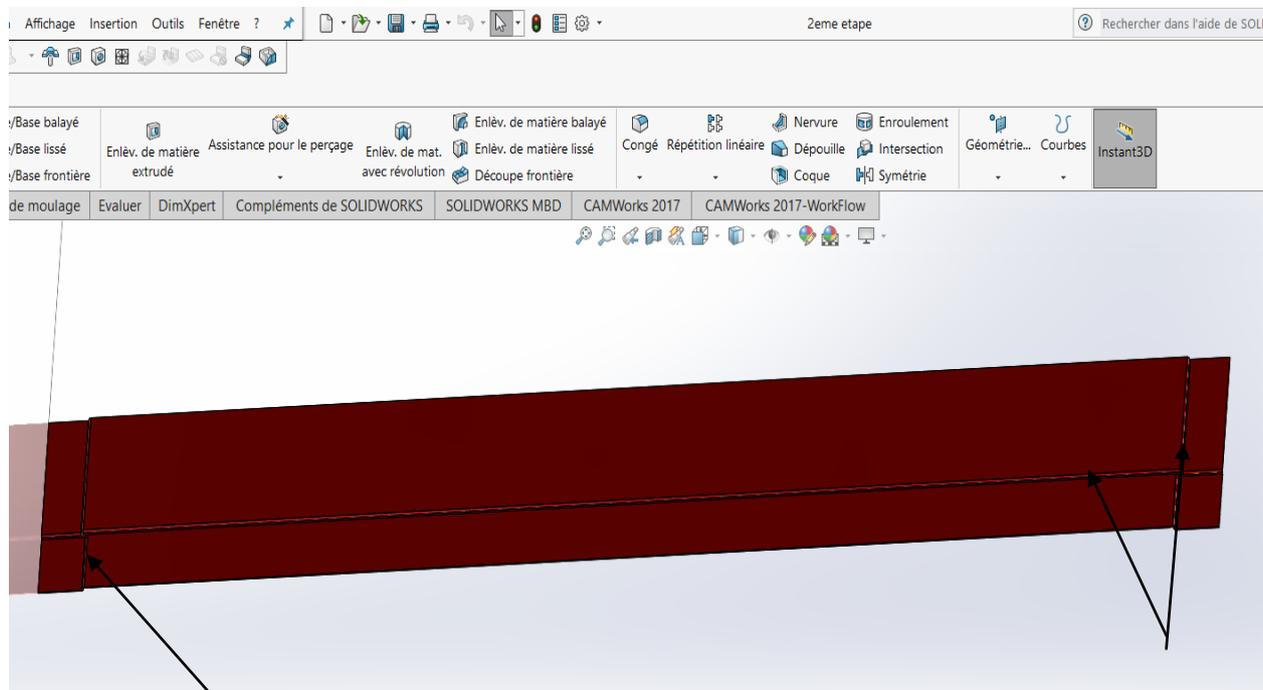


Figure III.3 : découpage de flan

#### 2<sup>eme</sup> Etape

Consiste a plier la flan comme montre dans la figure ci dessous



Pliage

pliage

Figure III.4 : le pliage de flan

#### 3<sup>eme</sup> Etape :

Consiste à réalise le découpage de milieu, le poinçonnage et le pliage comme montre dans la figure ci-dessous.

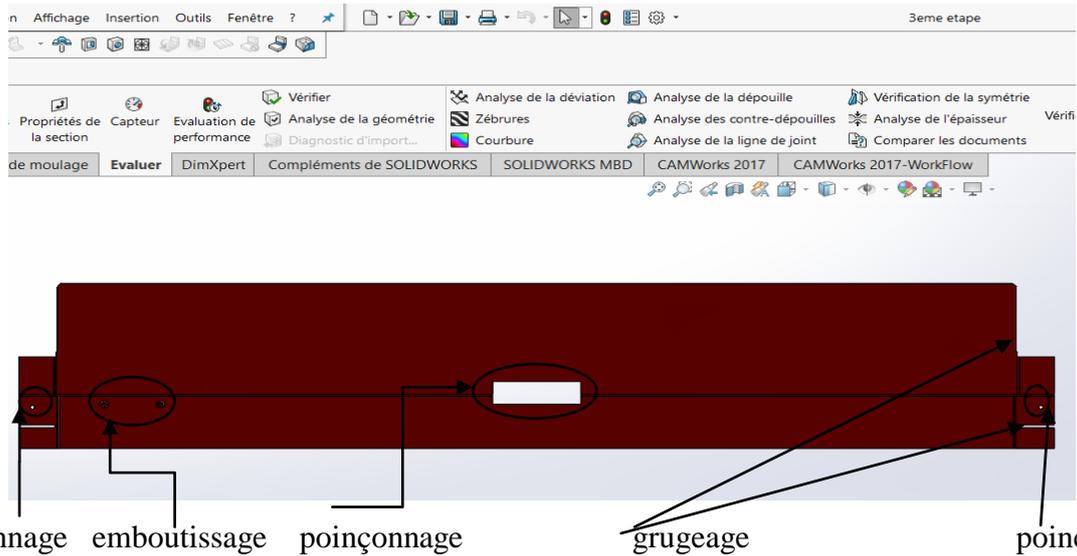


Figure III.5 : découpage, emboutissage, poinçonnage et grugeage.

**4<sup>eme</sup> Etape :**

Consiste à réaliser le poinçonnage, soyage et le pliage comme montre dans la figure ci-dessous.

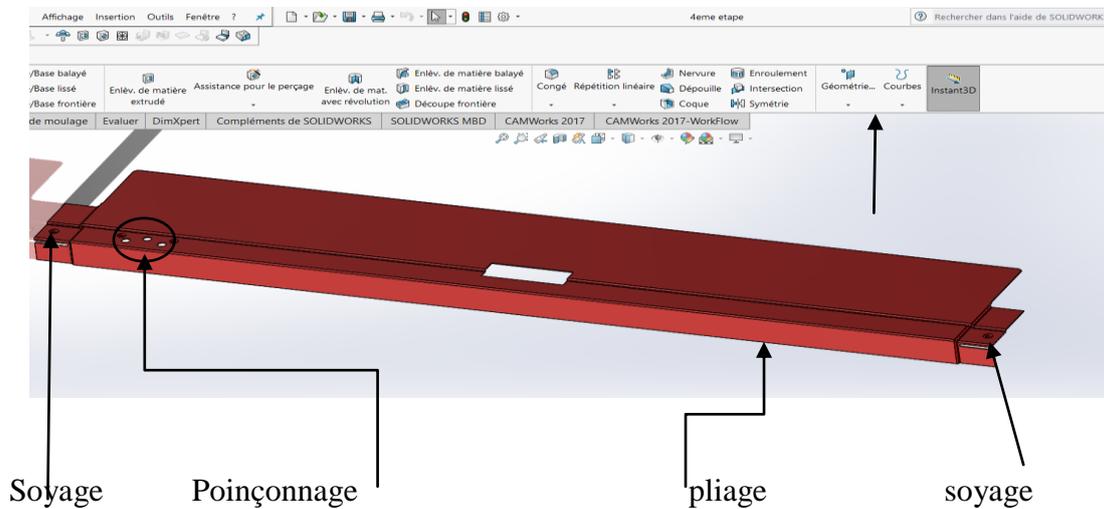


Figure III.6 : soyage, poinçonnage et pliage.

**III .5-Étude de l'outil**

**III .5.1- Calcul des efforts des poinçons**

On a l'effort de poinçonnage se calcul comme suivant

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

**a-Effort de poinçon de trou de fixation de la charnière  $F_p$  ( $d = 5mm$ )**

$$F_p = P_p \cdot e \cdot R_m \cdot k$$

$$P_p = (\pi \times d) = 15.7 \text{ mm}$$
$$F_p = 15.7 \times 0.5 \times 290 \times 1$$

$$F_p = 2276.5 \text{ N}$$

On a trois trous de fixation pour cela on utilise 3 poinçons de même diamètre et longueur donc l'effort totale et comme suit

$$F_{3p} = F_p \times 3$$

$$F_{3p} = 2276.5 \times 3$$

$$F_{3p} = 6829.5 \text{ N}$$

**b- Effort de poinçon (soyage) de trou de fixation de la TFS sur l'armoire (3.5mm)**

$$F_s = P_s \cdot e \cdot R_m \cdot k$$

$$P_s = (\pi \times d) = 3.14 \times 3.5$$

$$P_s = 10.99 \text{ mm}$$

$$F_s = 10.99 \times 0.5 \times 290 \times 1$$

$$F_s = 1593.55 \text{ N}$$

On a deux trous de fixation pour cela on utilise 2 poinçons de même diamètre et longueur donc l'effort totale et comme suit :

$$F_{2s} = F_s \times 2$$

$$F_{2s} = 1593.55 \times 2$$

$$F_{2s} = 3187.1 \text{ N}$$

**c-Calcul d'effort total de poinçonnage et soyage :**

$$F_{ps} = F_{3p} + F_{2s}$$

$$F_{ps} = 6829.5 + 3187.1$$

$$F_{ps} = 10016.6 \text{ N}$$

**d-Calcul de l'effort de pliage :**

$$F_{pl} = \frac{e \cdot L \cdot R_c}{10}$$

D'après la mesure et l'évaluation sur **SOLIDWORKS**, la longueur de la ligne de pliage  
L = 586.71 mm

$$F_{pl} = \frac{586.71 \times 0.5 \times 290}{10}$$

$$F_{pl} = 8507.3 \text{ N}$$

**III .5.2-Calcul de l'effort de serre-flan**

$$F_{serre-flan} = (2 - 7)\% \times F_t$$

➤ Pour des raisons de sécurité on prend 5%

$$F_{serre-flan} = \frac{5}{100} F_t$$

$$F_{serre-flan} = \frac{5}{100} \times (10016.6 + 8507.3) = 926.2 \text{ N}$$

$$F_{serre-flan} = 92.62 \text{ daN}$$

C'est l'effort nécessaire pour l'extraction du poinçon.

**III .5.3-Choix de la presse :**

Dans les travaux des métaux en feuilles, le choix de la presse dépend de plusieurs paramètres

Comme :

- 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.

**III .5.4-Calcul d'effort total de la presse :**

$$F_{presse} > F_{sp} + F_{pl} + F_{serre-flan}$$

$$F_{presse} > 10016.6 + 8507.3 + 926.2$$

$$F_{presse} > 19450.1 \text{ N}$$

$$F_{presse} > 1.95 \text{ tonnes}$$

L'entreprise ENIEM, dispose de différents types de presses et d'après les résultats obtenus dans le cadre de notre travail, nous avons opté pour une presse mécanique **TP-60 Col de Cygne**

- Capacité de la presse ..... (60 tonnes).
- Distance entre la table et le coulisseau en (PMH)..... (410 mm).
- Distance entre la table et le coulisseau en (PMB)..... (290 mm).
- Dimensions de la table (longueur et largeur) ..... (900 mm × 550 mm).
- Hauteur du plan de travail..... (120 mm).

**III.5.5-Choix de ressort d'outil de presses :**

Les ressorts d'outils de presse sont des ressorts de compression peints en fil à section rectangulaire. La peinture n'a aucun effet protecteur, mais offre un codage couleur, permettant d'identifier la force du ressort, et dans les assemblages qui nécessitent une force importante, Les ressorts d'outils de presse s'avèrent un choix judicieux. La course maximale ne doit pas être dépassée, si non la durée de vie du ressort d'outils de presse diminuera considérablement, alors pour éviter les surcharges, un ressort d'outils de presse doit toujours être installé précontrainte.

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

**Avec :**

$$F_{\text{ressort}} = \frac{F_{\text{serre flan}}}{N}$$

**N:** nombre de ressort (N = 4)

$$F_{\text{ressort}} = \frac{926.2}{4} = 231.55 \text{ N}$$

$$F_{\text{ressort}} = 231.55 \text{ N}$$

**b-Calcul de rigidité des ressorts :**

**Avec :**

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

**K:** Raideur de ressort

**X:** La course en mm (X = 8 )

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

$$K = \frac{231.55}{8} = 28.94 \text{ N/mm}$$

$$K = 28.94 \text{ N/mm}$$

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 suivant



Figure III.7: Classification des ressorts par couleur

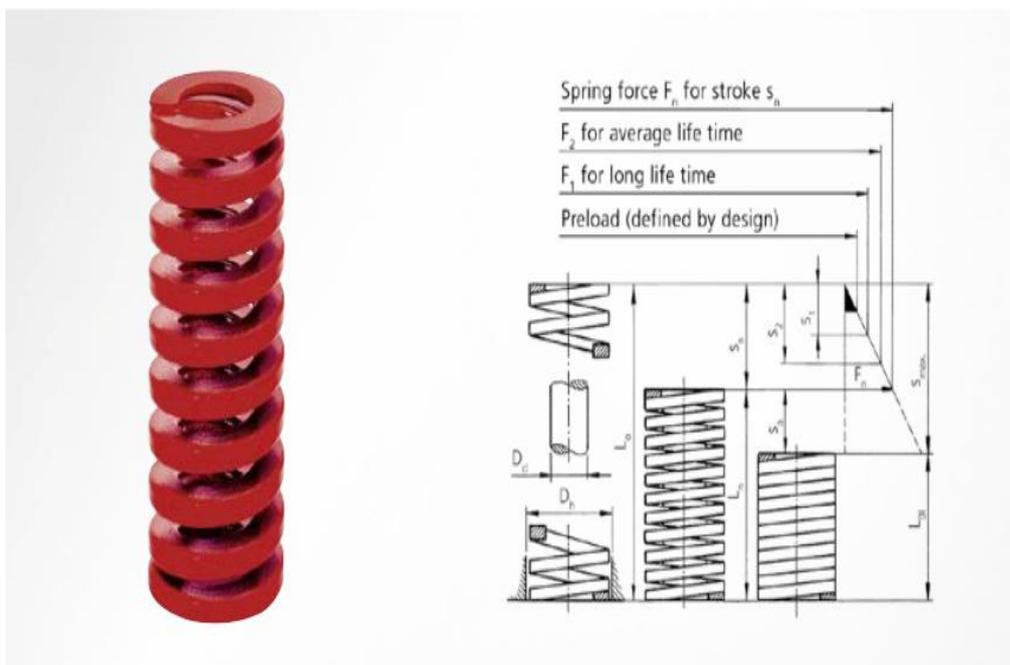


Figure III.8 : Schéma de dimensionnement d'un Ressort.

Sleeve Ø $D_h^{H15}$	Pin Ø $D_d^{H15}$	Wire	$L_0$	Spring rate (N/mm) $c_{*10\%}$	long life time		max. stroke		Item number
					$s_1^{20\%}$	$F_1$ (N)	$s_2^{30\%}$	$F_2$ (N)	
10.0	5.0	1.8 x 1.4	25	22.1	5.0	111	7.5	166	SZ8030 10 x 025
			32	17.5	6.4	112	9.6	168	SZ8030 10 x 032
			38	17.1	7.6	130	11.4	195	SZ8030 10 x 038
			44	15.0	8.8	132	13.2	198	SZ8030 10 x 044
			51	12.8	10.2	131	15.3	196	SZ8030 10 x 051
			64	10.7	12.8	137	19.2	205	SZ8030 10 x 064
			76	7.5	15.2	114	22.8	171	SZ8030 10 x 076
			305	2.1	61.0	128	91.5	192	SZ8030 10 x 305
12.5	6.3	2.4 x 2.0	25	42.1	5.0	211	7.5	316	SZ8030 13 x 025
			32	33.2	6.4	212	9.6	319	SZ8030 13 x 032
			38	29.3	7.6	223	11.4	334	SZ8030 13 x 038
			44	24.6	8.8	216	13.2	325	SZ8030 13 x 044
			51	19.6	10.2	200	15.3	300	SZ8030 13 x 051
			64	15.0	12.8	192	19.2	288	SZ8030 13 x 064
			76	13.2	15.2	201	22.8	301	SZ8030 13 x 076
			89	11.4	17.8	203	26.7	304	SZ8030 13 x 089
			102	9.4	20.4	192	30.6	288	SZ8030 13 x 102
			305	2.8	61.0	171	91.5	256	SZ8030 13 x 305

Tableau III.4 : Catalogue Steinel Ressorts charges fortes couleur rouge.

### III .5.6- calcul de résistance des poinçons au flambement

Le flambage est un phénomène qui intervient lorsqu'une poutre droite de grande longueur

Se déforme sous l'action de deux forces axiales opposées dirigées l'une vers l'autre.

Ce phénomène se produit pour une certaine valeur de charge appelée charge critique.

On a :

$P_{cr}$ : est la charge critique qui se calcul comme suite :

**Avec :**

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

**E**: Module d'élasticité ou module de Yong (210000N/mm<sup>2</sup>). (**Z 200 C 12**)

**I**: Moment d'inertie. (mm<sup>4</sup>).

**l**: Longueur libre de flambement

**Si :**

- $F < F_{cr}$ : La poutre reste rectiligne et ne subit qu'un faible raccourcissement qui est du à la Compression.

- $F > F_{cr}$ : La poutre se plie, les déformations deviennent très importantes et la rupture peut intervenir très rapidement

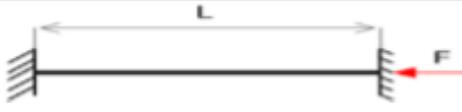
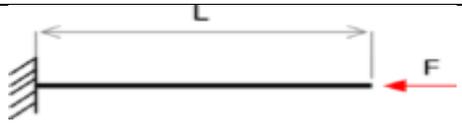
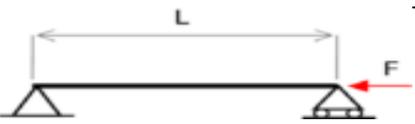
<b>Longueur Libre de flambement</b>		
Type de liaisons	Figure	Valeur de l
Encastré - Pivot		$l=0.7L$
Encastré des deux cotés		$l=0.5L$
Encastré - Libre		$l=2L$
Pivot des deux cotés		$l=L$

Tableau III.5 : Longueurs libres de flambage en fonction du type de liaisons.

**Remarque :**

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

**a- calcul de résistance de poinçon de trou de fixation de la charnière (d = 5mm) :**

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

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3.14 \times 5^4}{64} = 30.66 \text{ mm}^4$$

$$P_{cr} = \frac{3.14^2 \times 210000 \times 30.66}{4 \times 66.5^2} = 3588.8 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{cr} = 3588.8 \text{ N}$$

Et on a d'après les calculs précédents :

$$F_1 = 2276.5 \text{ N}$$

$$P_{cr} > F_1$$

**Résultats :**

Le poinçon de trou de fixation de la charnière résiste au flambement.

**b-calcul de résistance de poinçon de trou de fixation de la TFS sur l'armoire (3.5mm) :**

pour ce type de poinçon est un poinçon épaulée c'est à dire il a deux diamètre donc pour le calcul de la résistance au flambement on utilise le diamètre 5 puisque celui qui est soumis au flambement.

$$I = \frac{\pi \times d^4}{64} \text{ (mm}^4\text{)}$$

$$I = \frac{3.14 \times 5^4}{64}$$

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

$$P_{cr} = \frac{3.14^2 \times 210000 \times 30.66}{4 \times 69.5^2}$$

$$P_{cr} = 3285.65 \text{ N}$$

Et on a d'après les calculs précédents

$$F_2 = 1593.55 \text{ N}$$

$$P_{cr} > F_2$$

**Résultats :**

Le poinçon de trou de fixation de la charnière résiste au flambement.

**c-calcul de résistance de poinçon de pliage**

$$I = \frac{b \times H^3}{12}$$

$$I = \frac{66.7 \times 72.5^3}{12}$$

$$I = 2118159 \text{ (mm}^4\text{)}$$

$$P_{cr} = \frac{3.14^2 \times 210000 \times 2118159}{4 \times 72.5^2}$$

$$P_{cr} = 208.59 \text{ } 10^6 \text{ N}$$

Et on a d'après les calculs précédents

$$F_3 = 8507.3 \text{ N}$$

$$P_{cr} > F_3$$

**Résultats :**

Le poinçon de pliage résiste au flambement

**III .5.7 - calcul de résistance des poinçons à la compression**

L'effort de compression se calcul comme suite :

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

**Avec :**

$\sigma_{\text{comp}}$ : Effort de compression(N/ mm<sup>2</sup>).

F: Effort de poinçonnage (Mpa).

S: Section du poinçon (mm<sup>2</sup>).

La condition de résistance à la compression est :

$$\sigma_{\text{comp}} < R_e$$

**Avec :**

$R_e$  : La limite élastique des matériaux(Z200c12) qui est 750 Mpa.

**a-calcul de résistance de poinçon de trou de fixation de la charnière (d = 5mm) :**

$$S = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$s = \frac{5^2 \times 3.14}{4} = 19.63 \text{ mm}^2$$

$$S = 19.63 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\text{comp}} = \frac{F}{S} = \frac{2276.5}{19.63} = 115.97 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{comp}} = 115.97 \text{ N/mm}^2$$

**b-calcul de résistance de poinçon de trou de fixation de la TFS sur l'armoire (3.5mm) :**

$$S = \frac{3.5^2 \times 3.14}{4} = 39.3 \text{ mm}^2$$

$$S=39.3\text{mm}^2$$

$$\sigma_{\text{comp}} = \frac{F}{S} = \frac{1593.55}{39.3} = 40.55 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{comp}} = 40.55 \text{ N/mm}^2$$

**C- calcul de résistance de poinçon de pliage :**

$$S = b \times l$$

$$S = 586.89 \times 66.7$$

$$S = 39145.5 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\text{comp}} = \frac{F}{S} = \frac{8507.3}{39145.5} \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{comp}} = 0.22 \text{ N/mm}^2$$

**Résultats :**

Toutes les contraintes de compression sur les poinçons sont inférieure à la valeur de la limite élastique ( 750 Mpa) donc tous les poinçons de l'outil résistent à la compression.

**III .5.8- Calcul de barycentre de l'outil :**

Pour que la presse travail d'une manière plus favorable, on doit positionner l'outil sur la table D'une façon à ce que la résultante de tous les efforts sollicités pendant le travail.

Soient  $(X_1, Y_1)$ ,  $(X_2, Y_2)$ ,  $(X_3, Y_3)$ ,  $(X_4, Y_4)$ ,  $(X_5, Y_5)$ ,  $(X_6, Y_6)$  respectivement les coordonnées des centres d'inertie des poinçons : G1, G2, G3, G4, G5, G6

- $G_1$  : centre d'inertie du poinçon D1=5.
- $G_2$  : centre d'inertie du poinçon D1=5.
- $G_3$  : centre d'inertie du poinçon D1=5.
- $G_4$  : centre d'inertie du poinçon D2=3.5.
- $G_5$  : centre d'inertie du poinçon D2=3.5.
- $G_6$  : centre d'inertie du poinçon de pliage.

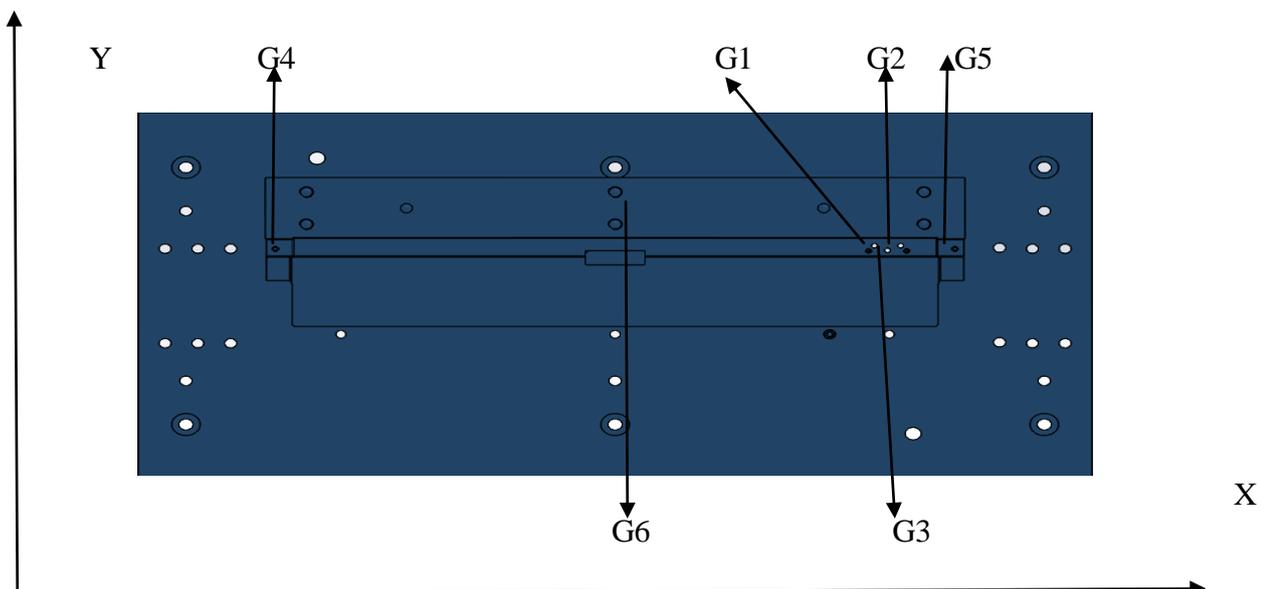


Figure III.9 : position des centres de gravité

Gi	Xi (mm)	Yi (mm)	Fi (N)
G1	567.5	254.75	2276.5
G2	589.5	254.75	2276.5
G3	578.5	249.75	2276.5
G4	65	251.25	1593.55
G5	635	251.25	1593.55
G6	350	295.6	8507.3
$\sum_{i=1}^6 F_i$			18523.9

Tableau III.6 : les valeurs de centre de gravité

Le centre d'inertie des efforts s'écrit comme suite :

$$X_G = \frac{\sum_{i=1}^6 F_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^6 F_i} \quad Y_G = \frac{\sum_{i=1}^6 F_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^6 F_i}$$

**a/ Pour les abscisses :**

- $F_p \cdot X_1 = 567.5 \times 2276.5 = 1291913.75 \text{ N} \cdot \text{mm}$
- $F_p \cdot X_2 = 589.5 \times 2276.5 = 1341996.75 \text{ N} \cdot \text{mm}$
- $F_p \cdot X_3 = 578.5 \times 2276.5 = 1316955.25 \text{ N} \cdot \text{mm}$
- $F_s \cdot X_4 = 65 \times 1593.55 = 103580.75 \text{ N} \cdot \text{mm}$
- $F_s \cdot X_5 = 635 \times 1593.55 = 1011904.25 \text{ N} \cdot \text{mm}$
- $F_{pl} \cdot X_5 = 350 \times 8507.3 = 2977555 \text{ N} \cdot \text{mm}$

$$\sum_{i=1}^6 F_i \cdot X_i = 8043905.75 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$X_G = \frac{8043905.75}{18523.9} = 434.25 \text{ mm}$$

$$X_G = 434.25 \text{ mm}$$

**b/Pour les ordonnées :**

- $F_p \cdot Y_1 = 254.75 \times 2276.5 = 579938.375 \text{ N} \cdot \text{mm}$
- $F_p \cdot Y_2 = 254.75 \times 2276.5 = 579938.375 \text{ N} \cdot \text{mm}$
- $F_p \cdot Y_3 = 249.75 \times 2276.5 = 568555.875 \text{ N} \cdot \text{mm}$

- $F_s \cdot Y_4 = 251.25 \times 1593.55 = 400379.44 \text{ N} \cdot \text{mm}$
- $F_s \cdot Y_5 = 251.25 \times 1593.55 = 400379.44 \text{ N} \cdot \text{mm}$
- $F_{pl} \cdot Y_5 = 295.6 \times 8507.3 = 2514757.88 \text{ N} \cdot \text{mm}$

6

$$\sum_{i=1}^6 F_i \cdot Y_i = 5043949.385 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Y_G = \frac{5043949.385}{18523.9} = 272.29 \text{ mm}$$

$$Y_G = 272.29 \text{ mm}$$

L'axe du coulisseau de la machine passe par les coordonnées suivant :

$$X_G = 434.25 \text{ mm}$$

$$Y_G = 272.29 \text{ mm}$$

### **III .6 - conception de l'outil poinçonnage, soyage et pliage :**

L'outil qu'on a étudié dans ce mémoire est composé de plusieurs pièces à savoir :

#### **III .6.1 - semelle inferieur (planche 2)**

C'est une plaque sur laquelle la matrice inferieur, les embases, les butes de fin de cours et les tasseaux seront fixes avec des vis, son épaisseur doit être suffisante pour résister aux efforts de poinçonnage, soyage et pliage.

#### **III .6.2 - semelle supérieur (planche 19)**

C'est une plaque sur laquelle le poinçon de pliage, les bagues de guidage seront fixes ainsi qu'elle doit avoir les logements des vis d'écartement pour assurer les déplacements de serre flan.

Son épaisseur doit être suffisante pour résister aux efforts de poinçonnage, soyage et pliage.

#### **III .6.3 - La matrice (planche 1 et planche 3)**

C'est l'empreinte dans laquelle les canons sauront logés ainsi que la matrice doit épouser la forme de la pièce a poinçonner et a plier.

L'épaisseur de la matrice doit être suffisamment important pour supporter les efforts.

#### **III .6.4 - Le poinçon de pliage (planche 20)**

Le poinçon doit être réalisé avec une matière rigide pour supporter l'usure et avoir des dimensions qui supporte l'effort de pliage.

#### **III .6.5 - serre flan (dévêtisseur) (planche 25)**

Le serre-flan à l' origine doit épouser la forme de la pièce à serrer et il doit avoir un bon état de surface ainsi que ces dimensions doivent être suffisante pour éviter le fléchissent.

#### **III .6.6 - Porte poinçons (planche 21 et planche 22)**

C'est une pièce sur laquelle les poinçons seront fixées.

### **III .6.7 - Le canon (planche 5)**

C'est une pièce rapportée au quel on ajoute un jeu et ils sont logés à l'intérieur de la matrice.

### **III .6.8 - Les poinçons (planches 28 et planche 27)**

C'est une pièce rapportée, ils permettent de laisser la forme désirer sur le flan.

### **III .6.9 - Colonnes de guidage (planche 7)**

Elles servent à guider l'outil, elles coulissent dans les bagues de guidages et fixées dans les Embases inférieurs.

### **III .6.10 - Embases inférieure (planche 6)**

Ces des pièces dans lesquelles les colonnes de guidage sont fixées.

### **III .6.11 - bague de guidage (planche 23)**

Ces des pièces dans lesquelles les colonnes de guidage se glisse pour assurer le bon guidage des deux parties de l'outil.

### **III .6.12 - Les butées de fin de cours (planche 35)**

Servent à bloquer le déplacement de la parité supérieur de l'outil lorsque les opérations qu'on désire forme sont faite et cela pour éviter le cisaillement des différentes pièces de l'outil.

### **III.7- Mise en plan :**

Dans cette partie du travail nous avons utilisé le logiciel SOLIDWORKS pour faire ressortir les différentes caractéristiques dimensionnelles et géométriques des pièces constituant l'outil et ce a l'aide des mises en plan qui suivent :

- **Planche 1** : matrice inférieure
- **Planche 2** : semelle inférieure
- **Planche 3** : matrice rapportée inférieure
- **Planche 4** : pièce frontale supérieur d'un réfrigérateur
- **Planche 5** : canon inf.
- **Planche 6** : embase inférieure
- **Planche 7** : colonne de guidage
- **Planche 8** : tasseau
- **Planche 9** : tasseau intermédiaire
- **Planche 11, 13, 15, 16, 18, 30 et 31** : goupille
- **Planche 19** : semelle supérieur
- **Planche 20** : poinçon de pliage
- **Planche 21** : porte poinçon supérieur 2
- **Planche 22** : porte poinçon supérieur.

- **Planche 23** : bague de guidage supérieur.
- **Planche 24** : vis épaulée
- **Planche 25** : serre flan.
- **Planche 27** : poinçon.
- **Planche 28** : poinçon de soyage.
- **Planche 33** : éjecteur pièce
- **Planche 35** : butée de fin de cours
- **Planche 37** : tige guide ressort
- **Planche 38** : outil complet
- **Planche 39** : vue éclaté

#### **III .8 – Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons réussi à faire une étude, et à concevoir un outil poinçonnage-soyage-piage qui sert à la réalisation de tôle frontale supérieure (TFS) d'un réfrigérateur (FB2) ENIEM.

Pour cela on a effectué des différents calculs qui nous ont permis de faire le choix de la presse, la position adéquate de l'outil sur la table, les ressorts qui convient.

À la fin on a fait une vérification à la résistance des poinçons au flambement et la compression

*CONCLUSION*  
*GENERALE*

## Conclusion générale

Dans un premier temps, nous avons présenté une étude bibliographique pour décrire le procédé de poinçonnage, soyage et le pliage pour le situer parmi l'ensemble des procédés de mise en forme existants. Ceci nous a permis de comprendre la mise en œuvre des procédés afin de pouvoir mener à bien la suite de notre travail concernant l'étude et la conception de l'outil de poinçonnage, soyage et pliage.

Dans ce travail nous avons étudié l'effort de poinçonnage, soyage, pliage, l'effort de serrage du serre flan et nous avons présenté les calculs sur le barycentre de l'outil.

Ce mémoire nous a permis d'élargir, d'approfondir nos connaissances et d'avoir une grande expérience dans le domaine de conception des outils de coupe, les différents matériaux utilisés pour ces outils ainsi que les différents procédés de mise en forme des tôles, composition, caractéristique mécanique et la nuance des tôles. Cela nous avons bien formé pour mieux affronter le domaine professionnel.

Les aciers sont les plus couramment employés dans les applications industrielles grâce à leurs Propriétés mécaniques et chimiques. La mise en forme des pièces mécaniques se réalise avec des presses de différents types, et le choix de celle qui convient dépend de différents paramètres comme la nature des opérations à réaliser et l'effort de la presse qui doit être supérieure aux efforts utilisés.

La conception des outils est réalisée avec des logiciels spéciaux, et dans notre cas on utilise le logiciel SOLIDWORKS qui nous a permis d'avoir des caractéristiques Dimensionnelles et géométriques des différentes composantes de cet outil.

La conception de l'outil est faite d'une manière simple dans le but de faciliter sa réalisation, sa maintenance, ainsi de garantir une durée de vie élevée avec un prix de revient plus bas.

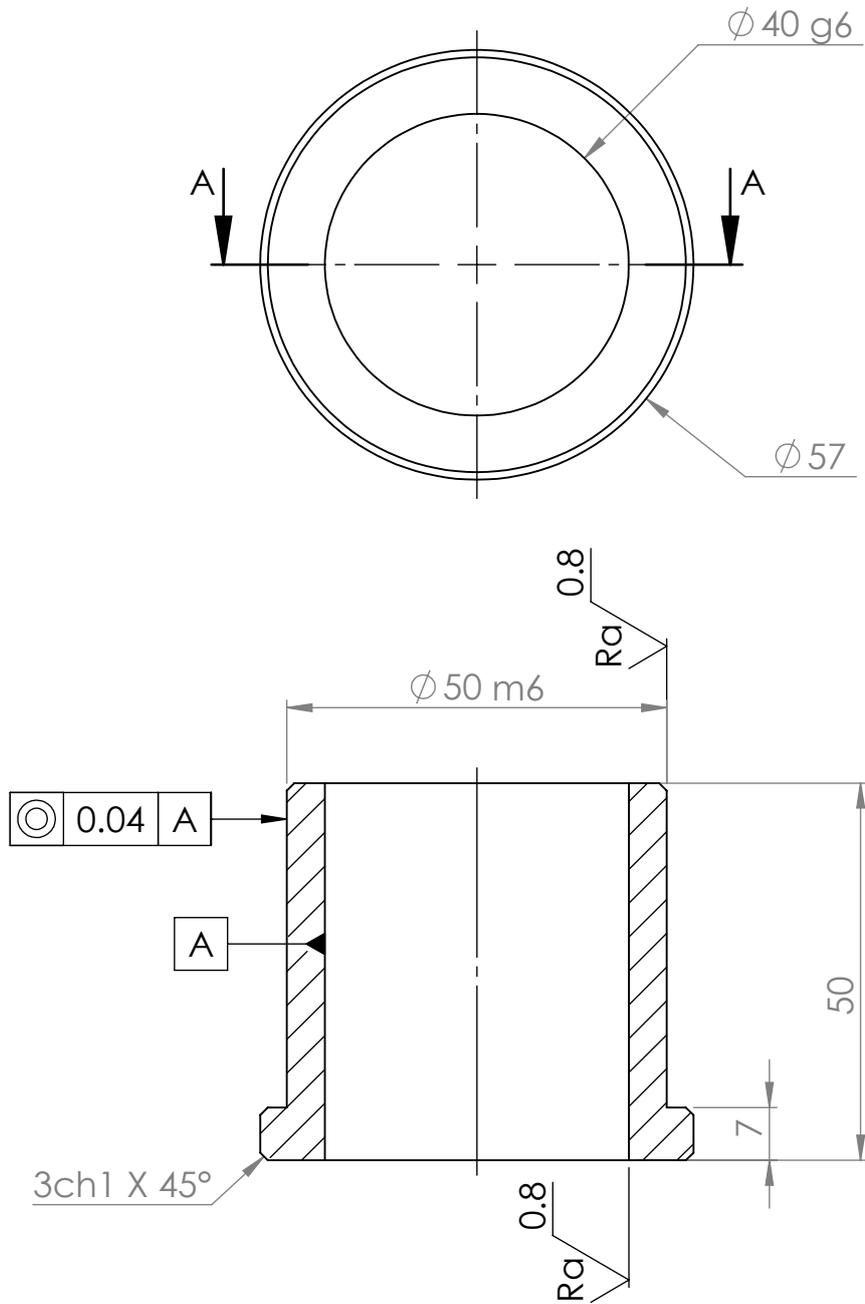
Enfin, nous pouvons espérer qu'avec une étude approfondie de conception, de calcul et étude bibliographique nous pouvons étudier le procédé de poinçonnage, soyage, pliage en prenant en considération d'autres paramètres tels que :

- Le frottement entre la tôle, poinçon et matrice
- La lubrification et la pression

*Références  
bibliographiques*

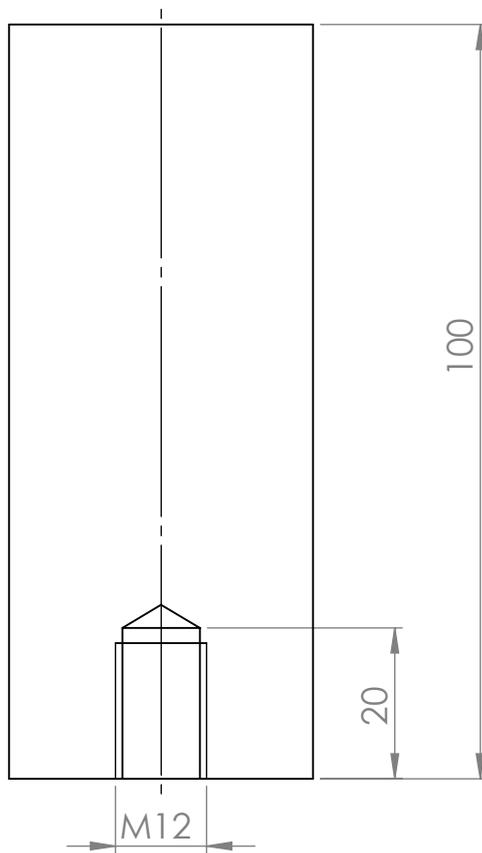
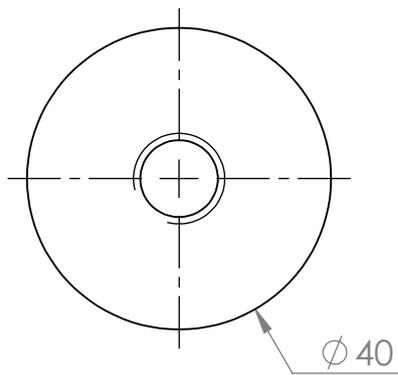
# Références

- [1]:site internet <https://huon.fr/tole-de-fabrication-a-lutilisation/>
- [2]:Saadi Toufik, Étude et conception d'un outil à suivre à bande, mémoire de master II en fabrication mécanique, UMMTO 2014.
- [3]: p.Poloukhine , v.Tiourine, p.Davidkov, D.Vitanove , traitement des métaux par déformation Mir Moscou 1987
- [4]: Souleymane Ramde, Simulation numérique d'une opération de découpage et méthodologie de calcul pour optimiser la qualité de la pièce découpée et les sollicitations de l'outillage, l'Université Toulouse III - Paul Sabatier 2010.
- [5]:M.JERBI, Procédés de mise en forme, Support de cours, Institut supérieur des études technologiques de Nabeul, Année universitaire 2017-2018.
- [6] : Haddadou Mahdi et Aichoun Mohammed, étude et conception de deux outils de découpage -poinçonnage et pliage pour clapet air bruleur, UMMTO 2013- 2014.
- [7] :Chamekh Abdessalem, optimisation des procédés de mise en forme par réseaux de neurones artificiels, thèse de doctorat, Ecole nationale d'Ingénieurs de Monastir Tunisie 2007.
- [8] : Résistance des matériaux. Dimensionnement des structures, Claude Cheze. Edition marketing S.A, 1996.
- [9]:Ahmed Kacem. Etude de la capacité limite de déformation dans le procédé de relevage de bord par expansion. Mécanique des matériaux [physics.class-ph]. Université de Bretagne Sud, 2013. Français.
- [10]:Kahoul Hafida, Modélisation du comportement à la déformation élastique des tôles de construction automobile : influence des singularités», mémoire de magistère en génie mécanique, Université de Constantine, 2010
- [11] : Déformation plastique des tôles à l'usage des techniciens en génie mécanique. Par R.Quatremer. Edition Delagrave. 1981.
- [12]:Documents E.N.I.E.M (tôle frontale supérieure d'un réfrigérateur).
- [13]:Guide de dessin industriel « Chevalier 2004».
- [14]:catalogue steinel (Ressorts charges fortes couleur rouge).

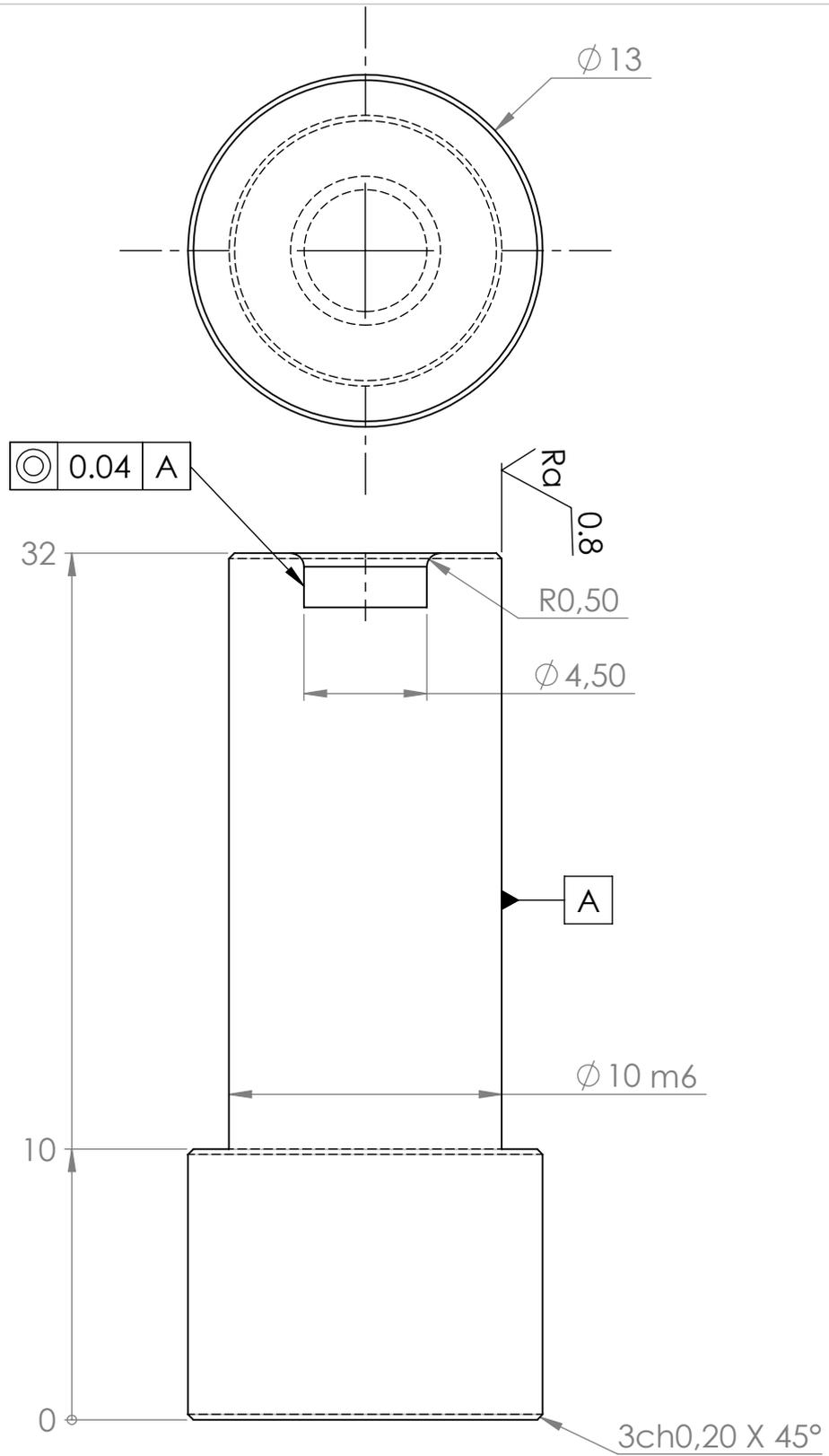


COUPE A-A

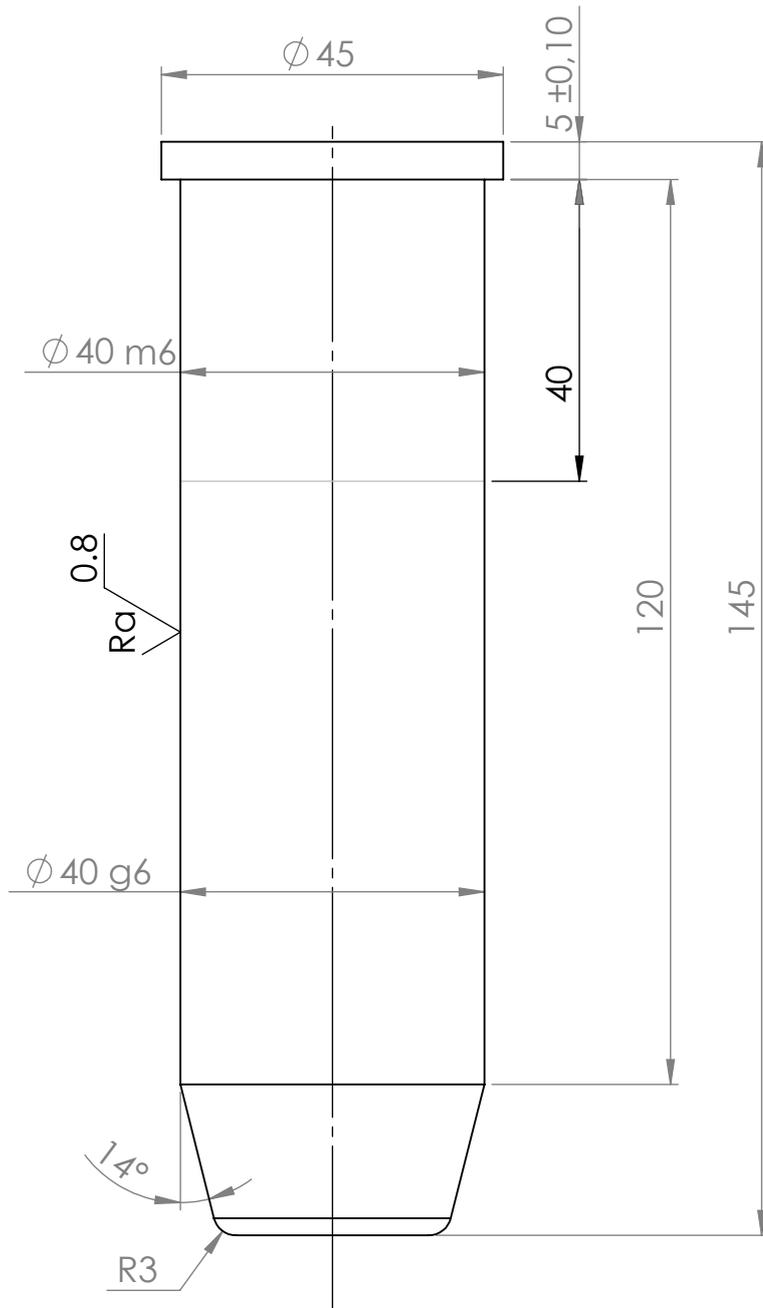
23	02	BAGUE DE GUIDAGE	Z200C12 58/62HRC	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIOBS
ECHELLE 1/1		OUTIL DE POINCONNAGE,SOYAGE ET PLIAGE PIECE FRONTAL SUPERIEUR D'UN REFRIGIRATEUR		AKROUF AHMED KACER HAMZA
				PLANCHE:N23
A4		FGC UMMTO	M2 CM	



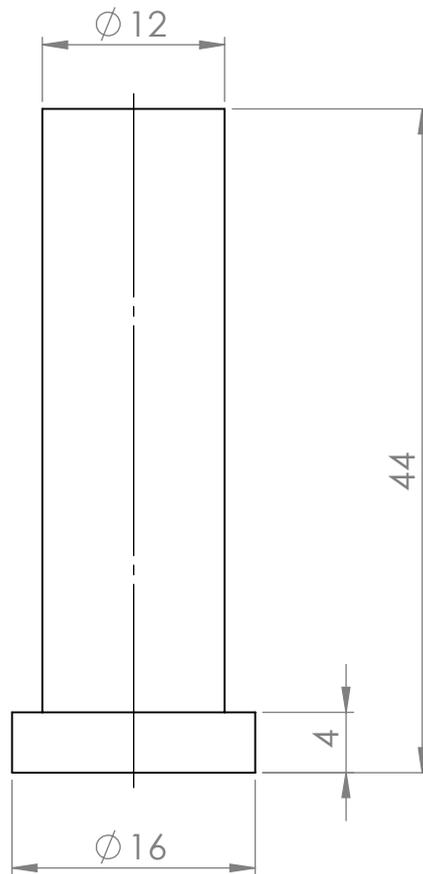
35	02	BUTEE DE FIN DE COURS	XC38	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIOBS
ECHELLE 1/1		OUTIL DE POINCONNAGE,SOYAGE ET DE PLIAGE PIECE FRONTAL SUPERIEUR D'UN REFRIGIRATEUR	AKROUF AHMED KACER HAMZA	
			PLANCHE:N35	
A4		FGC UMMTO	M2 CM	



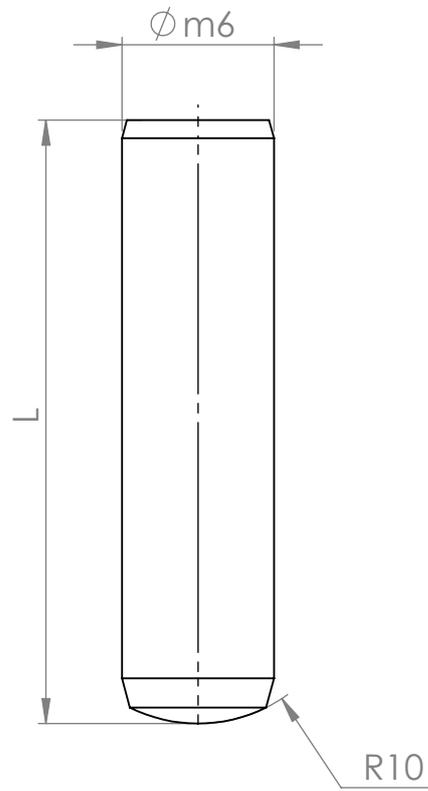
05	02	CANON INFERIEUR	Z200C12 58/62HRC	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIOBS
ECHELLE 1/1		OUTIL DE POINCONNAGE,SOYAGE ET PLIAGE PIECE FRONTALE SUPERIEUR D'UN REFRIGIRATEUR		AKROUF AHMED KACER HAMZA
A4				PLANCHE:N5
		FGC UMMTO	M2 CM	



07	02	COLONNE DE GUIDAGE	Z200C12 58/62HRC	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIOBS
ECHELLE 1/1		OUTIL DE POINCONNAGE,SOYAGE ET PLIAGE PIECE FRONTAL SUPERIEUR D'UN REFRIGIRATEUR		AKROUF AHMED KACER HAMZA
				PLANCHE:N7
A4		FGC UMMTO	M2 CM	

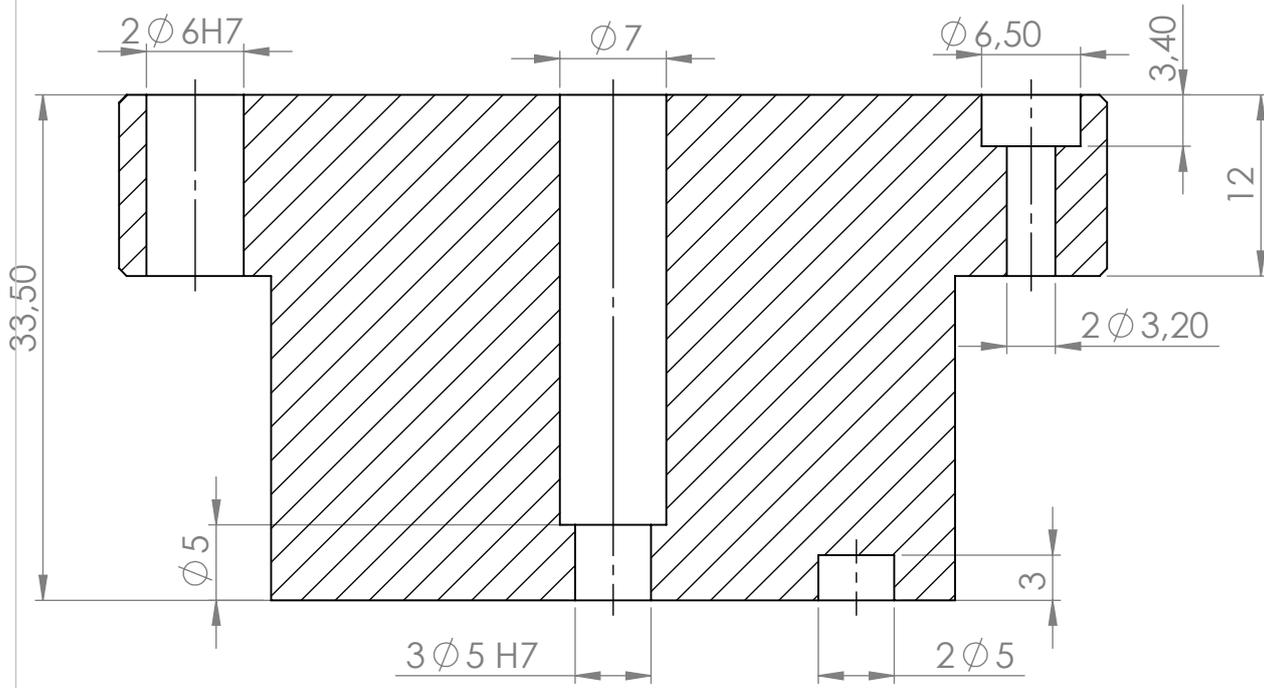
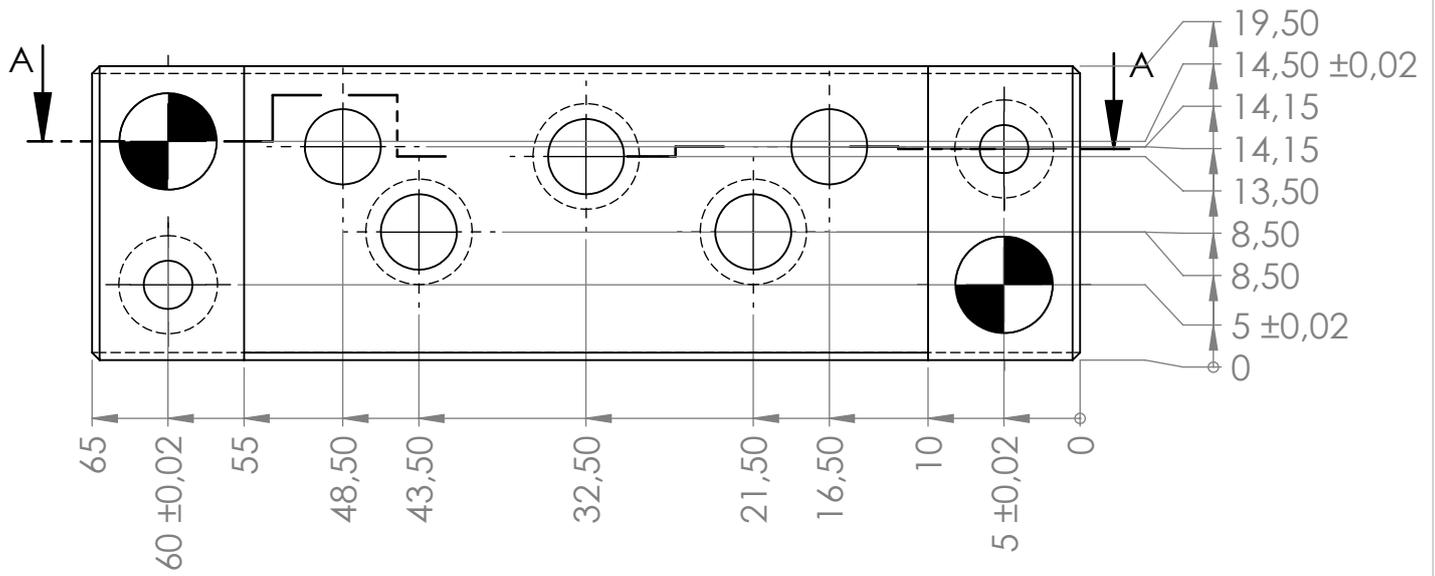


33	03	EJECTEUR PIECE	XC38	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIOBS
ECHELLE 1/1		OUTIL DE POINCONNAGE,SOYAGE ET PLIAGE PECE FRONTAL SUPERIEUT D'UN REFRIGIRATEUR	AKROUF AHMED KACER HAMZA	
			PLANCHE:N33	
A4		FGC UMMTO	M2 CM	



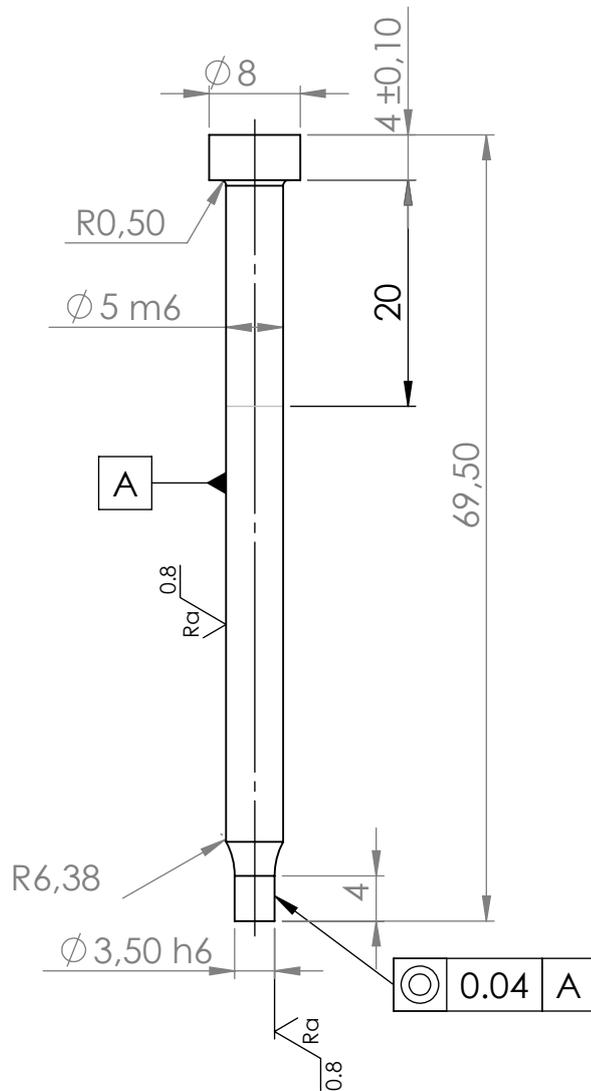
02	$\varnothing 10$	40,30,32,50,40
01	$\varnothing 6$	20,30
Numero	Diamètre ( $\varnothing$ )	Longueur (L)

11	02	Goupille cylindrique	Z200C12 58/62HRC	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIONS
ECHELLE 1/1		OUTIL DE POINÇONNAGE, SOYAGE ET PLIAGE PIECE SUPERIEUR FRONTAL D'UN REFRIGIRATEUR	AKROUF AHMED KACER HAMZA	
			PLANCHE: N31, 30,18,16,15,13,11	
A4		FGC UMMTO	M2 CM	

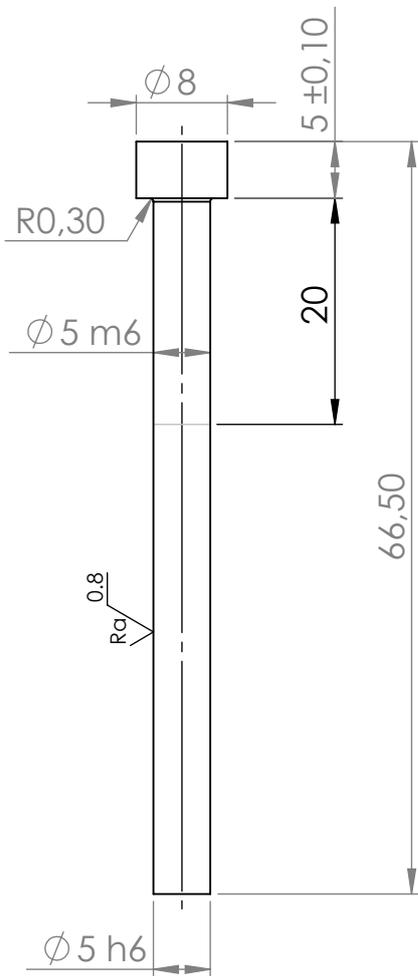


COUPE A-A

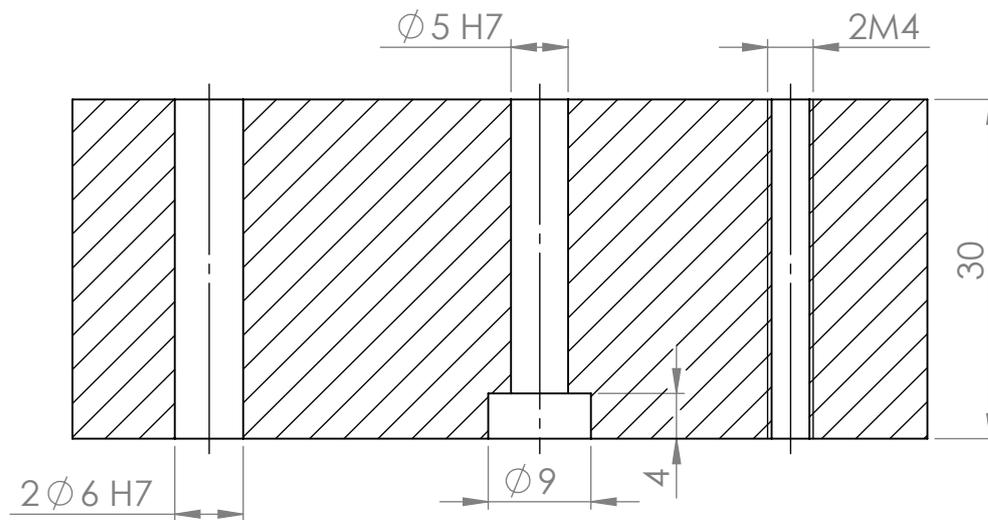
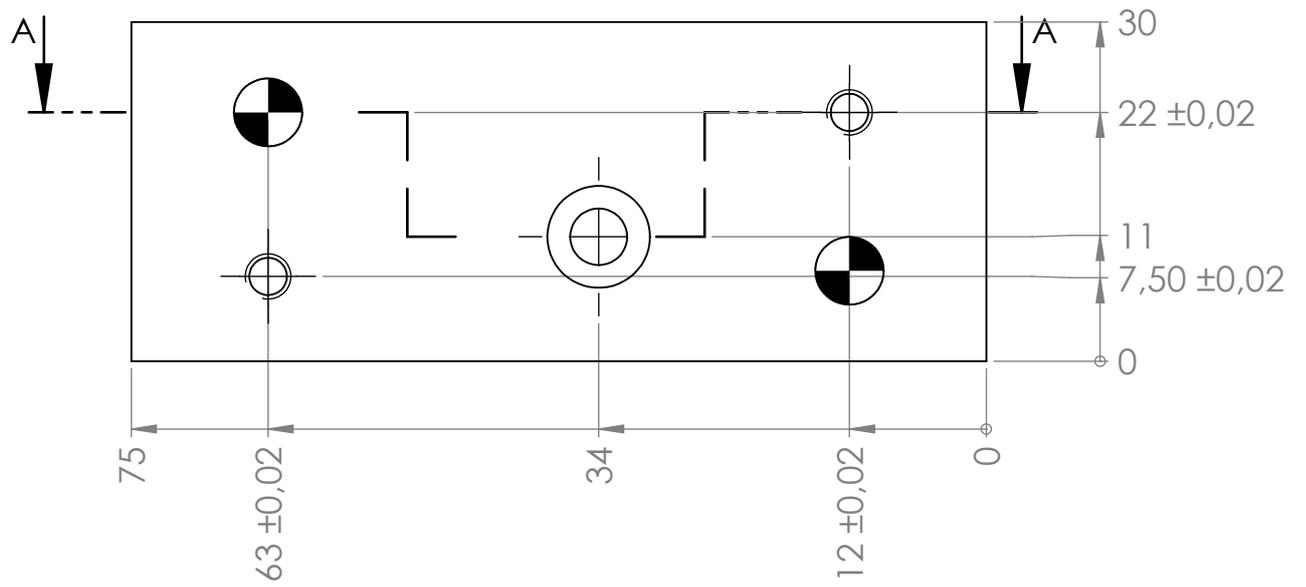
01	01	MATRICE RAPPORTEE INFERIEUR	Z200C12 58/62HRC	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIOBS
ECHELLE 1/1		OUTIL DE POINCONNAGE,SOYAGE ET PLIAGE PIECE FRONTAL SUPERIEUR D'UN REFRIGIRATEUR		AKROUF AHMED KACER HAMZA
				PLANCHE:N3
A4		FGC UMMTO	M2 CM	



28	02	POINCON DE SOYAGE	Z200C12 58/62HRC	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIOBS
ECHELLE 1/1		OUTIL DE POINCONNAGE, SOYAGE ET PLIAGE PIECE FRONTAL D'UN REFRIGIRATEUR		AKROUF AHMED KACER HAMZA
A4		FGC UMMTO		PLANCHE: N28
				M2 CM

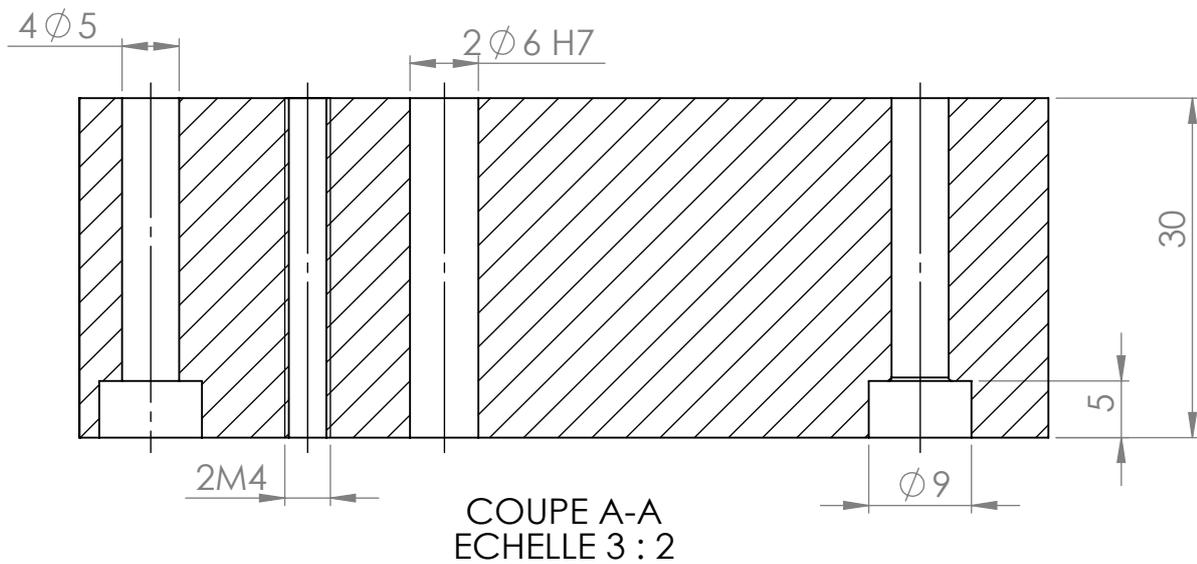
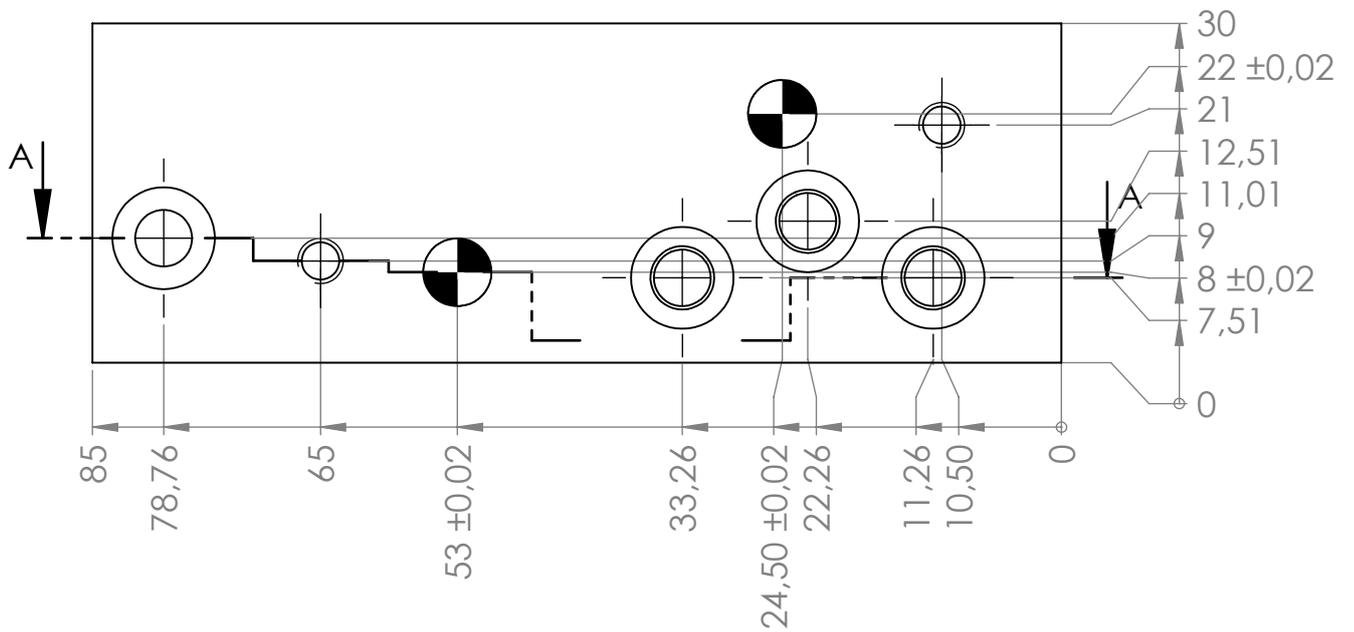


27	02	POINCON	Z200C12 58/62HRC	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIOBS
ECHELLE 1/1		OUTIL DE POINCONNAGE ,SOYAGE ET DE PLIAGE PIECE FRONTALE D'UN REFRIGIRATEUR		AKROUF AHMED KACER HAMZA
				PLANCHE :N27
A4	FGC UMMTO			M2 CM

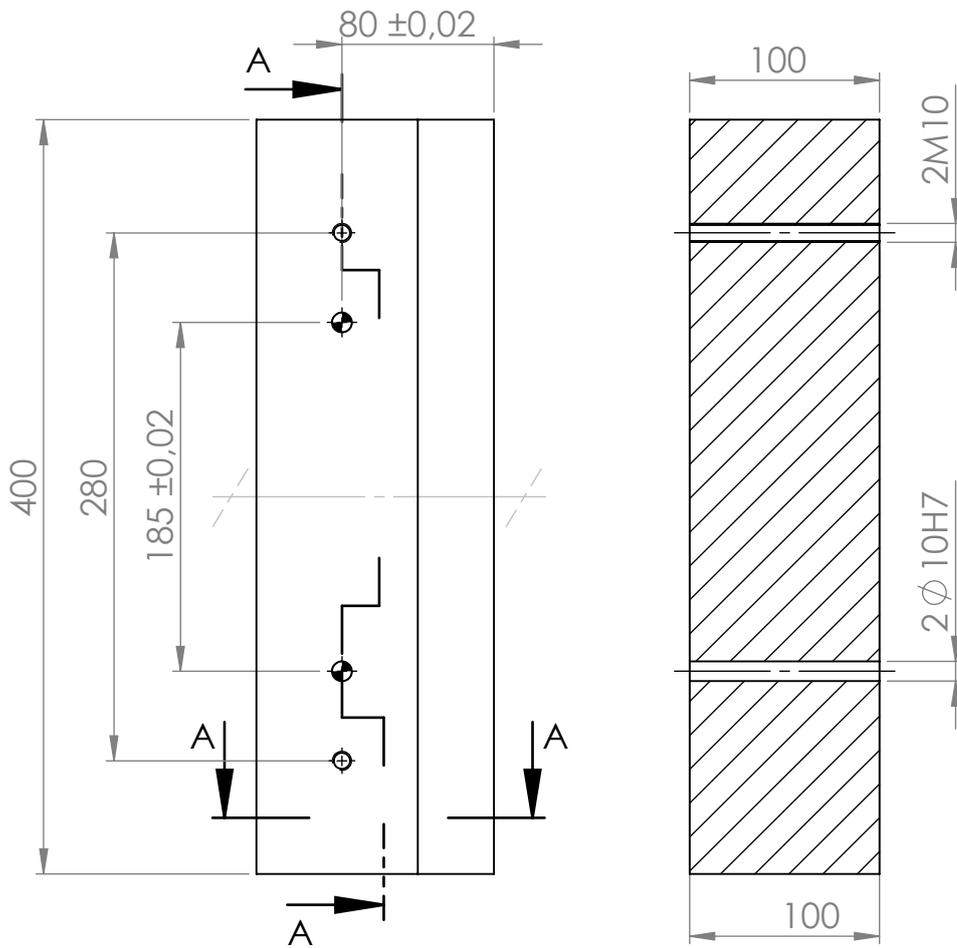


COUPE A-A

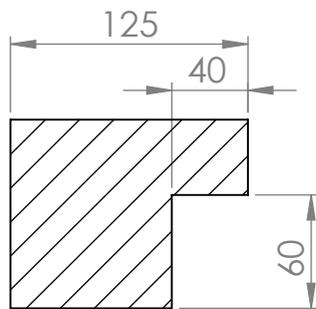
21	01	PORTE POINCON SUPERIEUR	XC38	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIOBS
ECHELLE 1/1		OUTIL DE POINCONNAGE,SOUYAGE ET PLIAGE PIECE FRONTALE SUPERIEUR D'UN REFRIGIRATEUR		AKROUF AHMED KACER HAMZA
A4		FGC UMMTO		PLANCHE:N21
				M2 CM



22	02	PORTE POINCON SUPERIEUR	XC 38	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIOBS
ECHELLE 1/1		OUTIL DE POINCONNAGE, SOYAGE ET DE PLIAGE PIECE FRONTAL SUPERIETU REFRIGIRATEUR		AKROUF AHMED KACER HAMZA
A4		FGC UMMTO		PLANCHE:N22 M2 CM



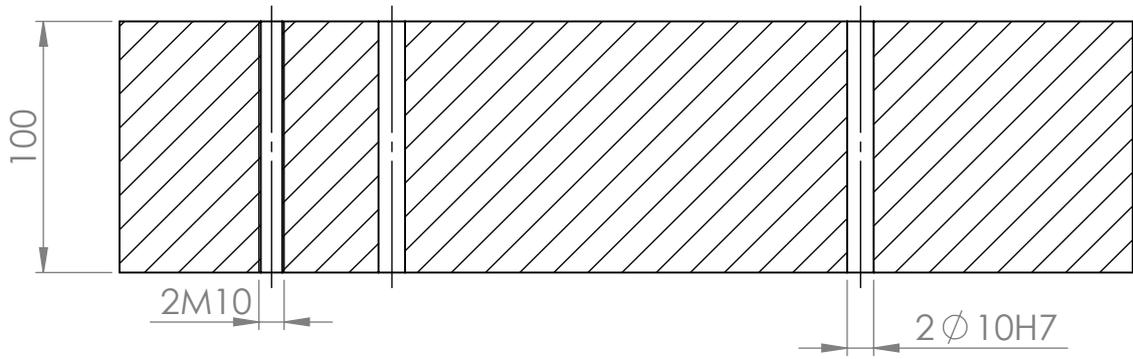
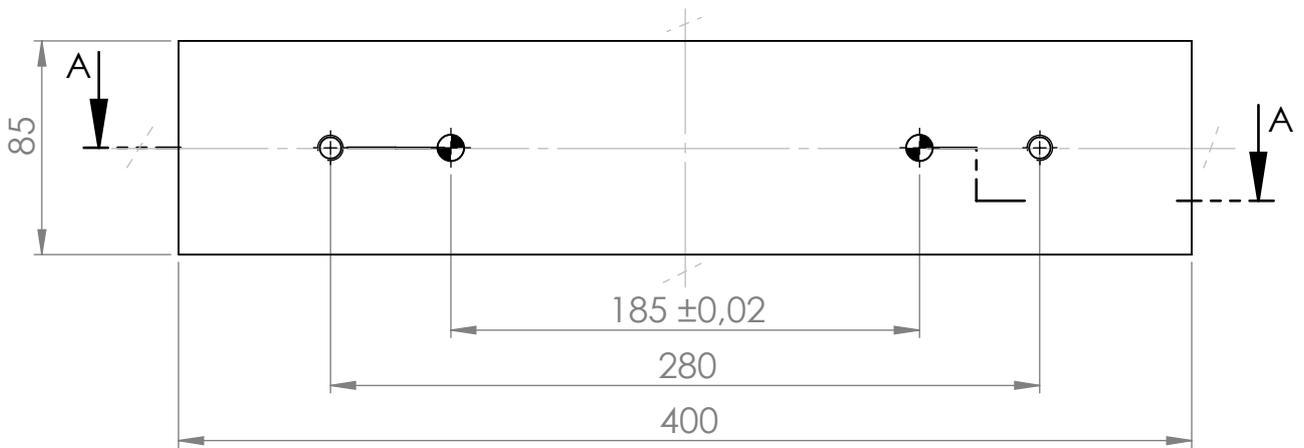
COUPE A-A



COUPE A-A

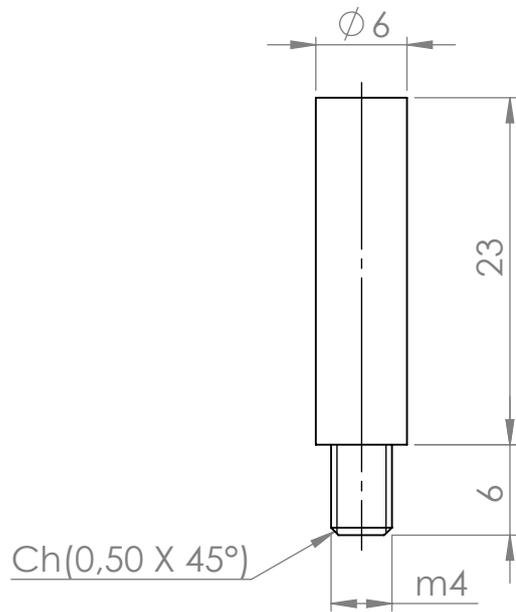
Qte.2

08	02	TASSEAU	ST37	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIOBS
ECHELLE 1/1		OUTIL DE POINCONNAGE,SOYAGE ET PLIAGE PIECE FRONTAL SUPERIEUR D'UN REFRIGIRATEUR	AKROUF AHMED KACER HAMZA	
A4			PLANCHE :N8	
		FGC UMMTO	M2 CM	



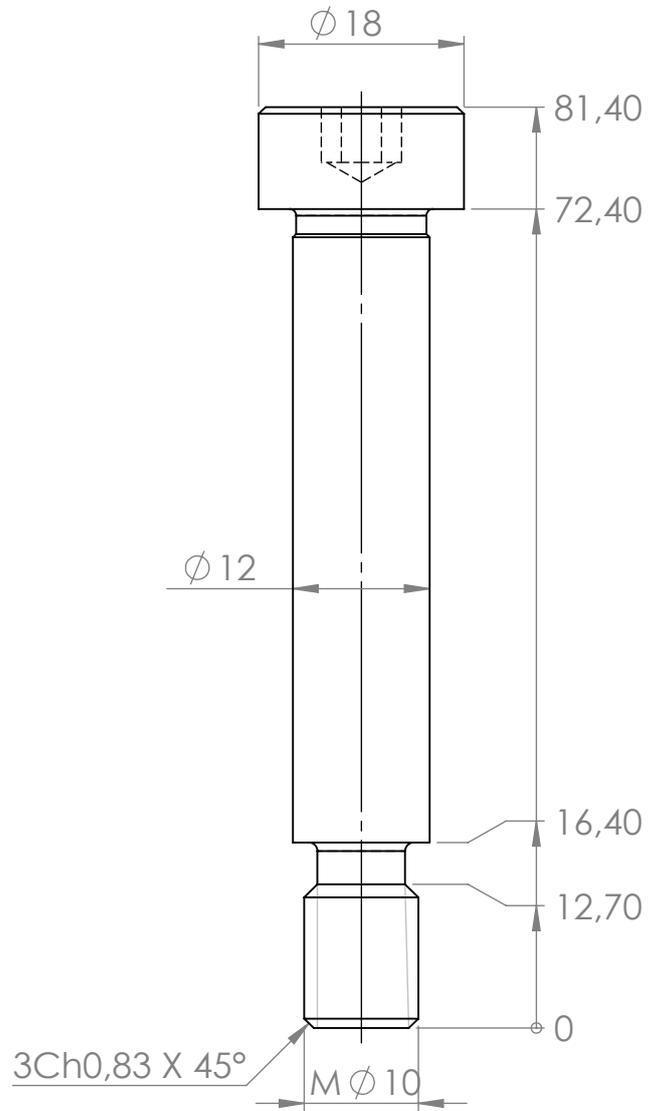
COUPE A-A

09	01	TASSEAU INTERMEDIAIRE	ST37	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIOBS
ECHELLE 1/1		OUTIL DE POINCONNAGE, SOYAGE ET PLIAGE PIECE FRONTAL SUPERIEUR D'UN REFRIGIRATEUR		AKROUF AHMED KACER HAMZA
A4				FGC UMMTO
				M2 CM

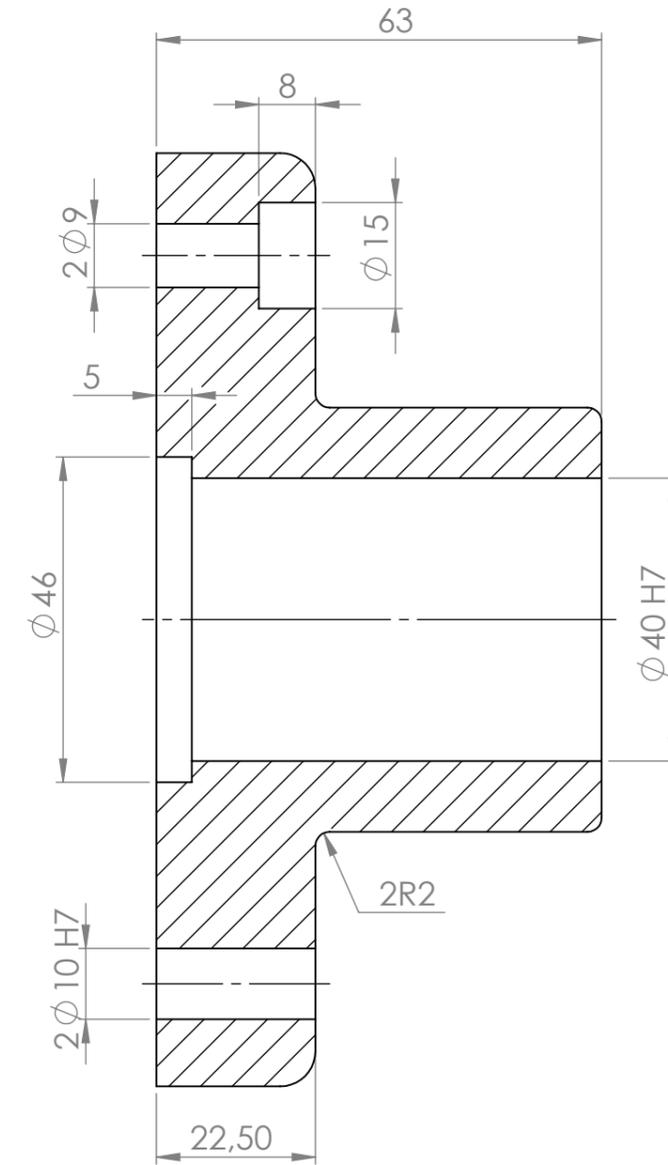
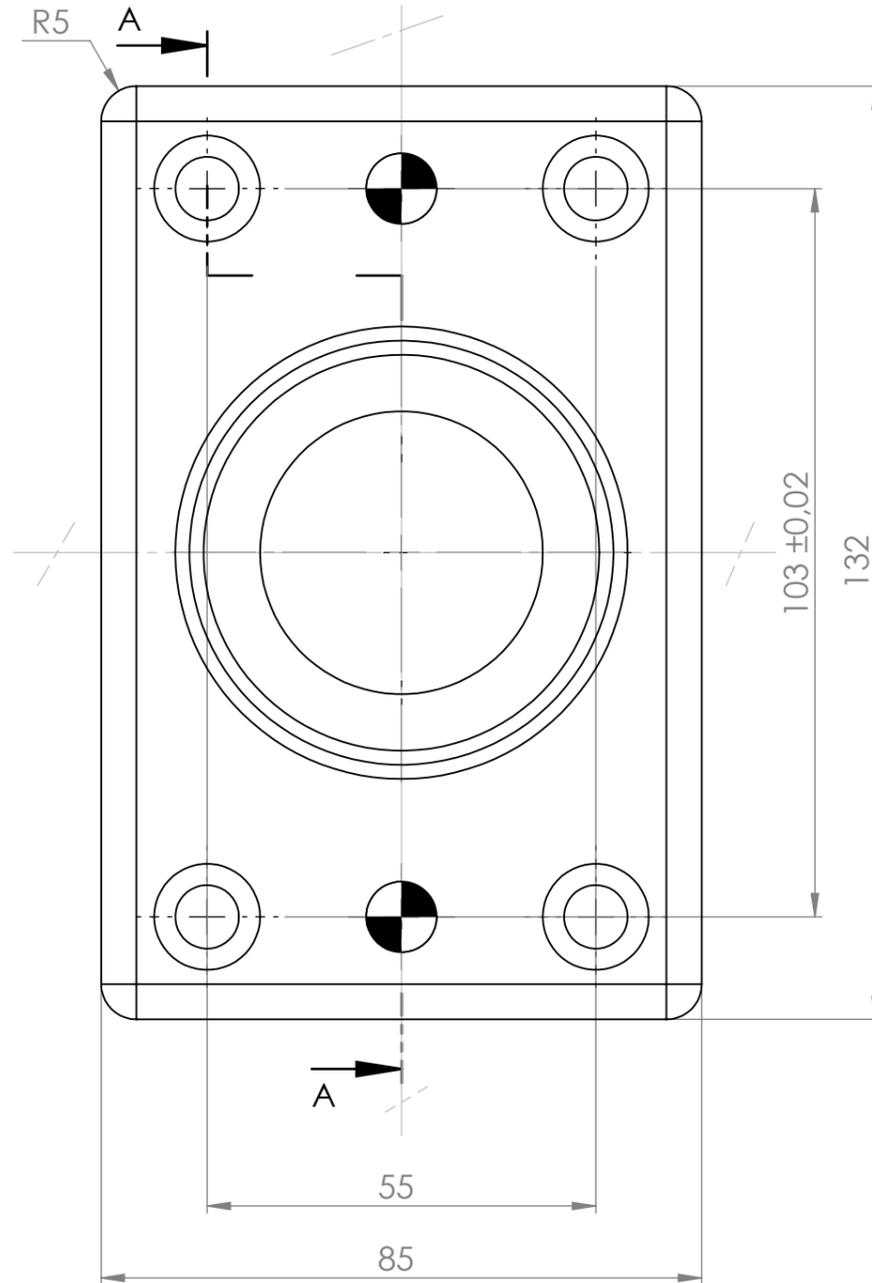


Qtem:04

22	02	tige guide ressort	XC 38	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIOBS
ECHELLE 1/1		OUTIL DE POINCONNAGE, SOYAGE ET DE PLIAGE PIECE FRONTAL SUPERIETU REFRIGIRATEUR	AKROUF AHMED KACER HAMZA	
			PLANCHE:N37	
A4		FGC UMMTO	M2 CM	

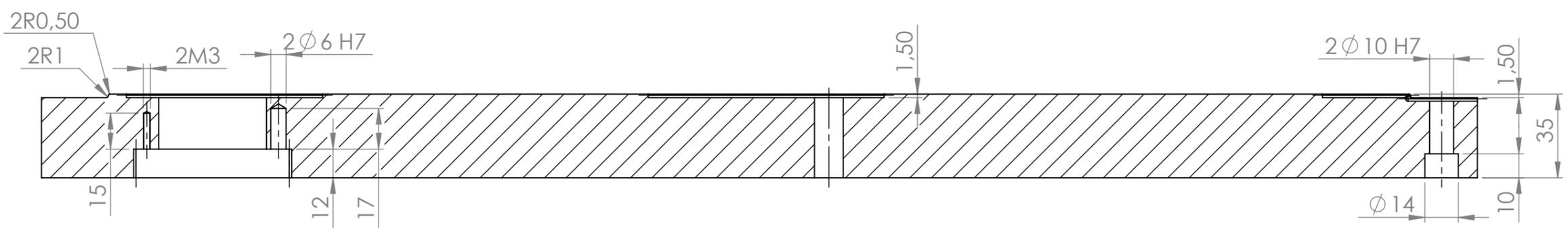
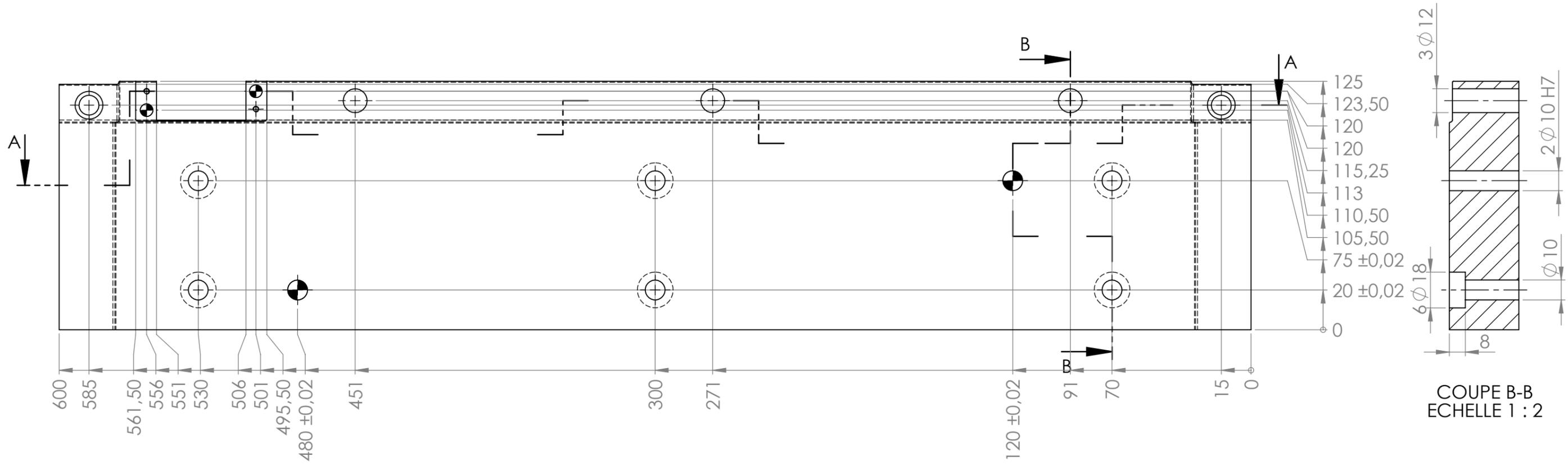


24	04	VIS D'ECARTEMENT	C15 NOIRCEE	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIOBS
ECHELLE 1/1		OUTIL DE POINCONNAGE,SOYAGE ET PLIAGE PIECE FRONTAL SUPERIEUR D'UN REFRIGIRATEUR		AKROUF AHMED KACER HAMZA
				PLANCHE:N24
A4		FGC UMMTO	M2 CM	



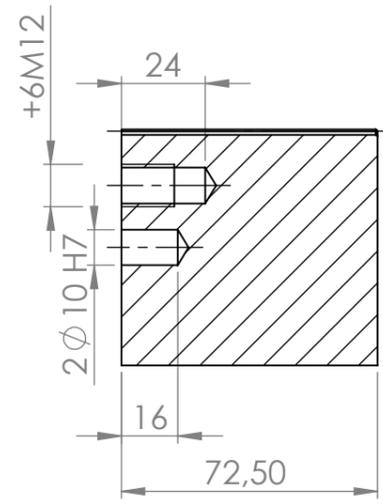
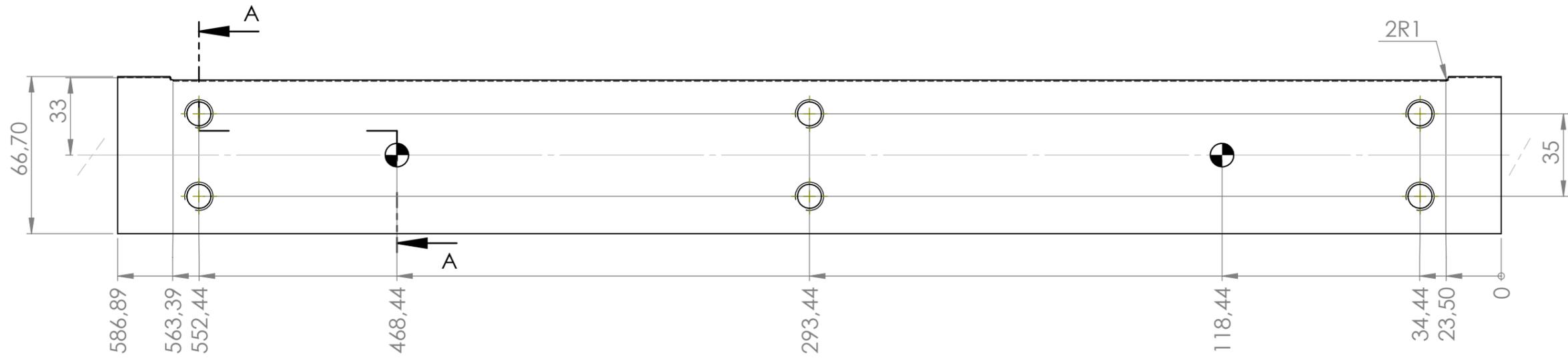
COUPE A-A

06	02	EMBASE INFERIEUR	FONTE	
Rep	Nbr	DESIGNATION	Matière	OBSERVATIONS
Echelle 1/1		OUTIL POINCONNAGE,SOYAGE ET PLIAGE PIECE SUPERIEUR D'UN REFRIGERATEUR	AKROUF AHMED KACER HAMZA	
A3			PLANCHE:N6	
		FGC UMMTO	M2CM	



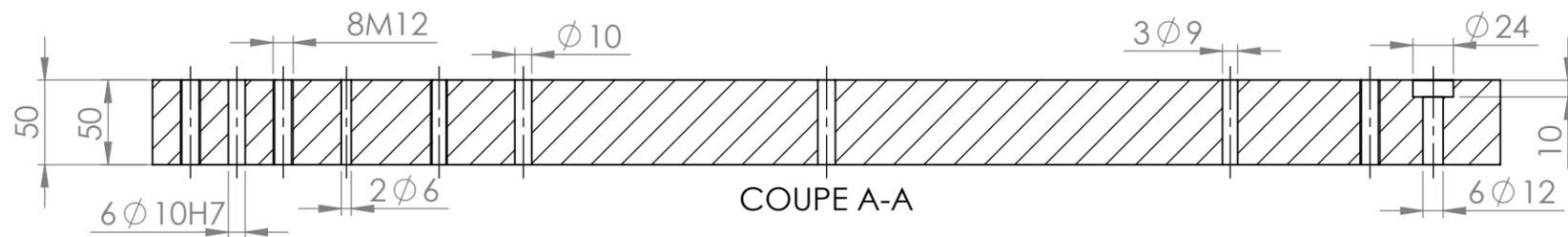
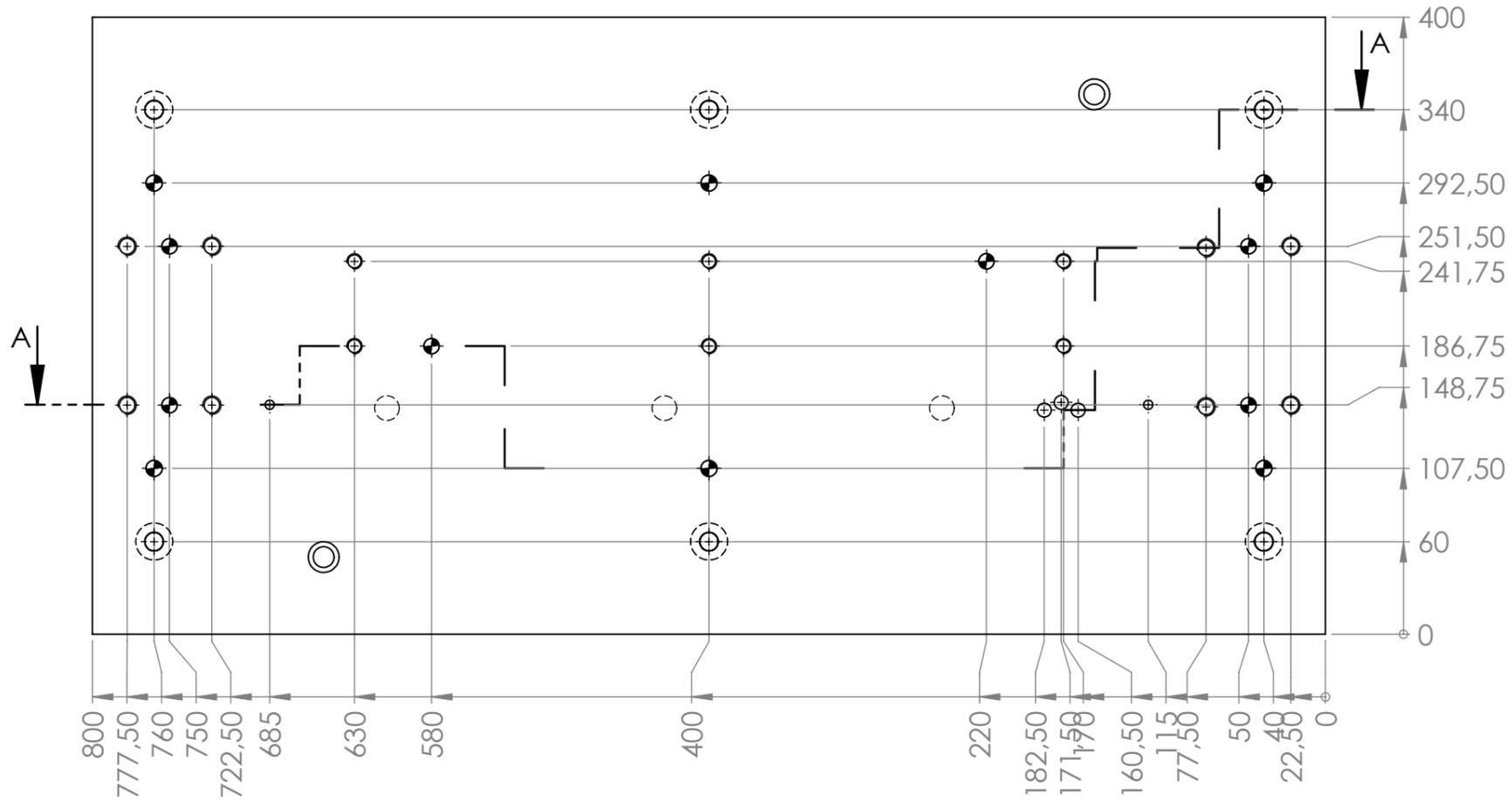
COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 2

03	01	MATRICE INF	Z200C12 58/62HRC	
Rep	Nbr	DESIGNATION	Matière	Observations
Echelle 1/1		OUTIL POINCONNAGE,SOYAGE ET PLIAGE PIECE FRONTAL SUPERIEUR D'UN REFRIGIRATEUR		AKROUF AHMED KACER HAMZA
				PLANCHE:N1
A3		FGC UMMTO		M2CM

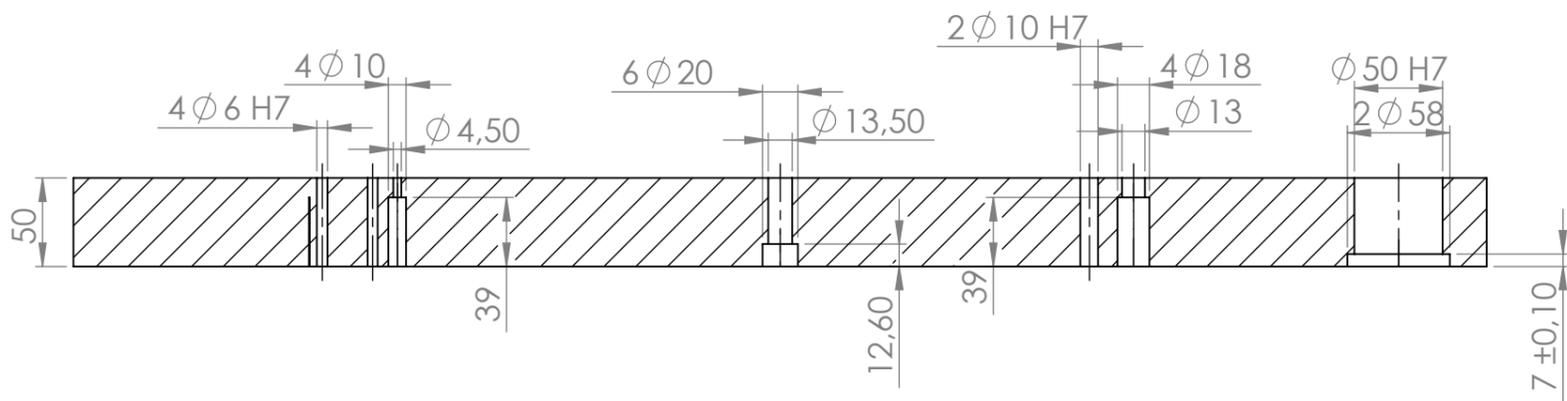
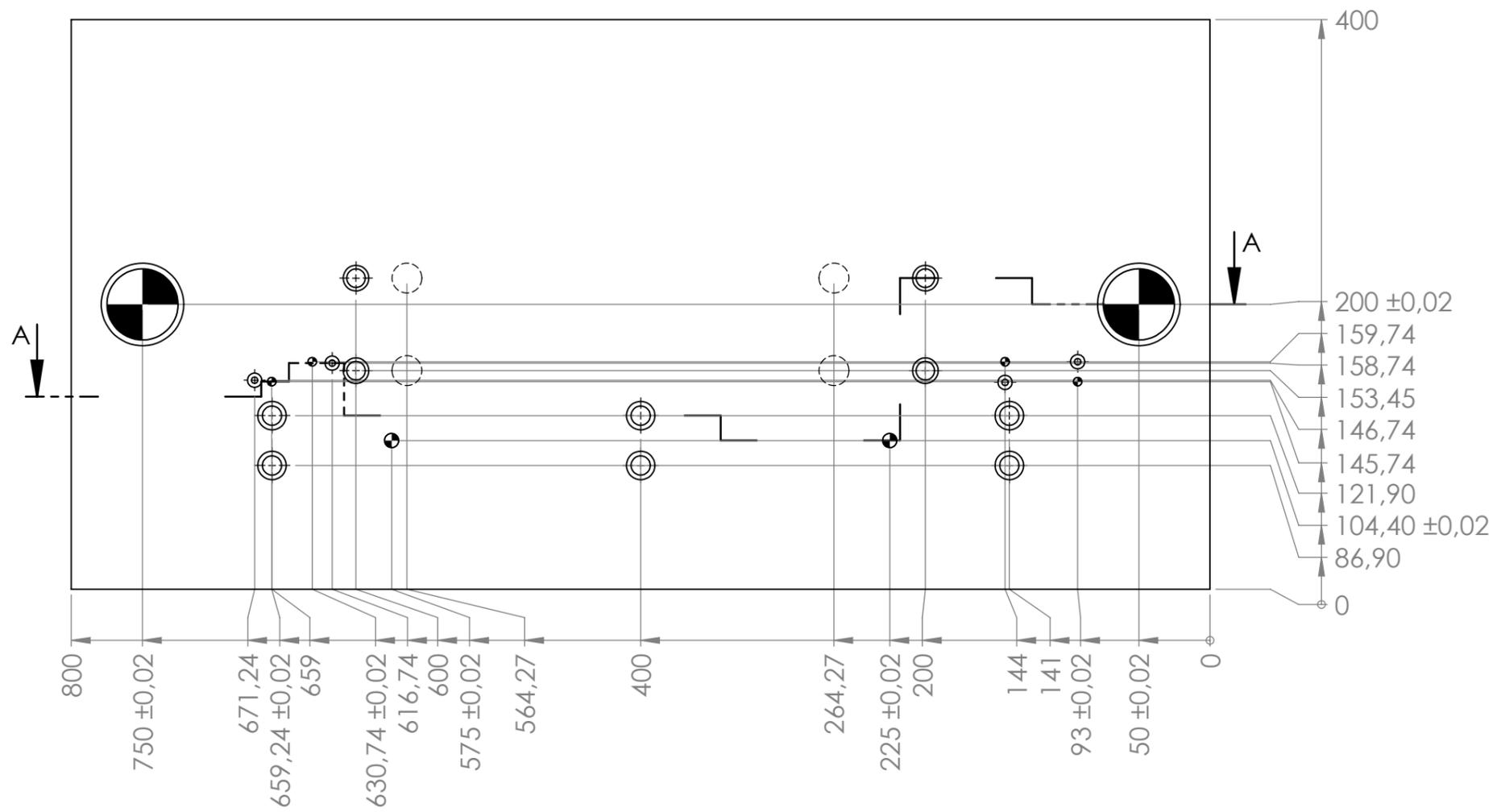


COUPE A-A

20	01	POINCON DE PLIAGE	Z200C12 58/62HRC	
Rep	Nbr	DESIGNATION	Matière	Observations
Echelle 1/1		OUIL POUINCONNAGE,SOYAGE ET PLIAGE PIECE FRONTAL SUPERIEUR D'UN REFRIGIRATEUR	AKROUF AHMED KACER HAMZA	
A3			PLANCHE:N20	
		FGC UMMTO	M2CM	

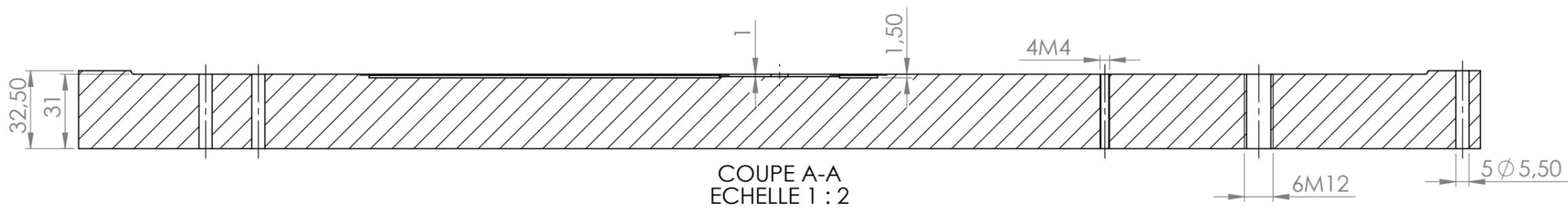
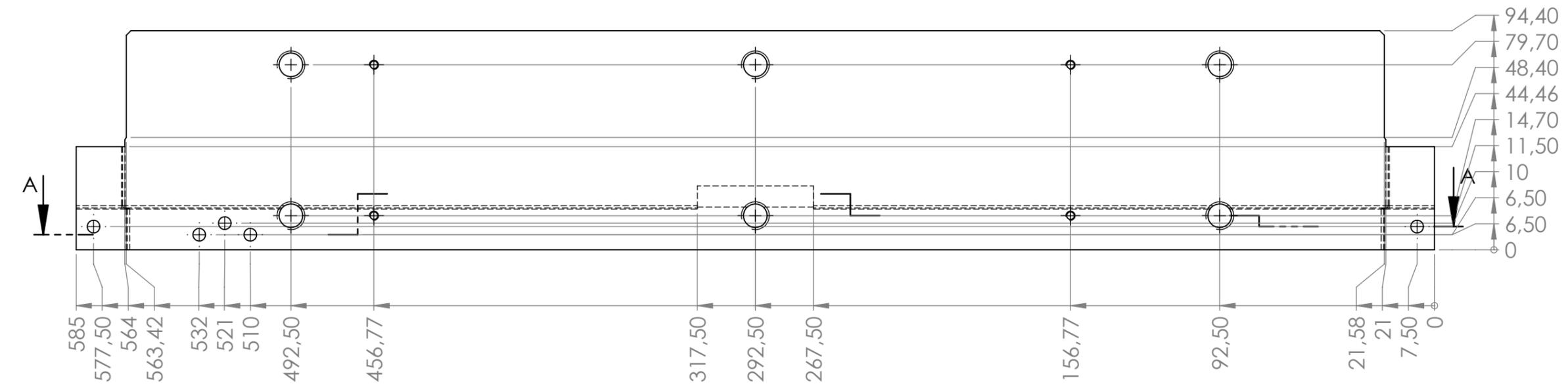


02	01	SEMELLE INFERIEUR	XC48	
Rep	Nbr	DESIGNATION	Matière	OBSERVATIONS
Echelle 1/1		<p>OUTIL POINCONNAGE,SOYAGE ET PLIAGE PIECE FRONTAL SUPERIEUR D'UN REFRIGIRATEUR</p>	AKROUF AHMED KACER HAMZA	
			PLANCHE:N2	
A3		FGC UMMTO	M2CM	



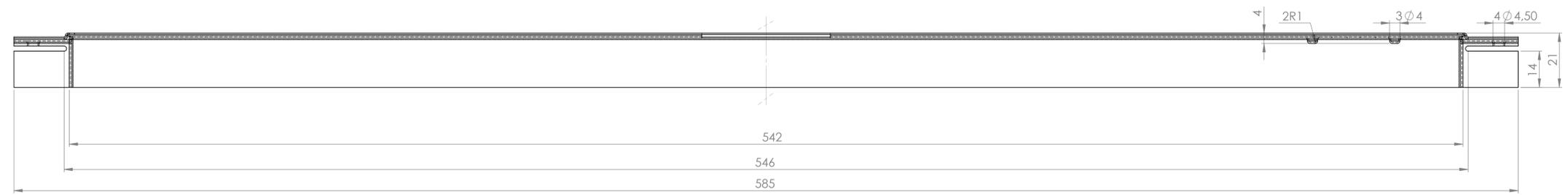
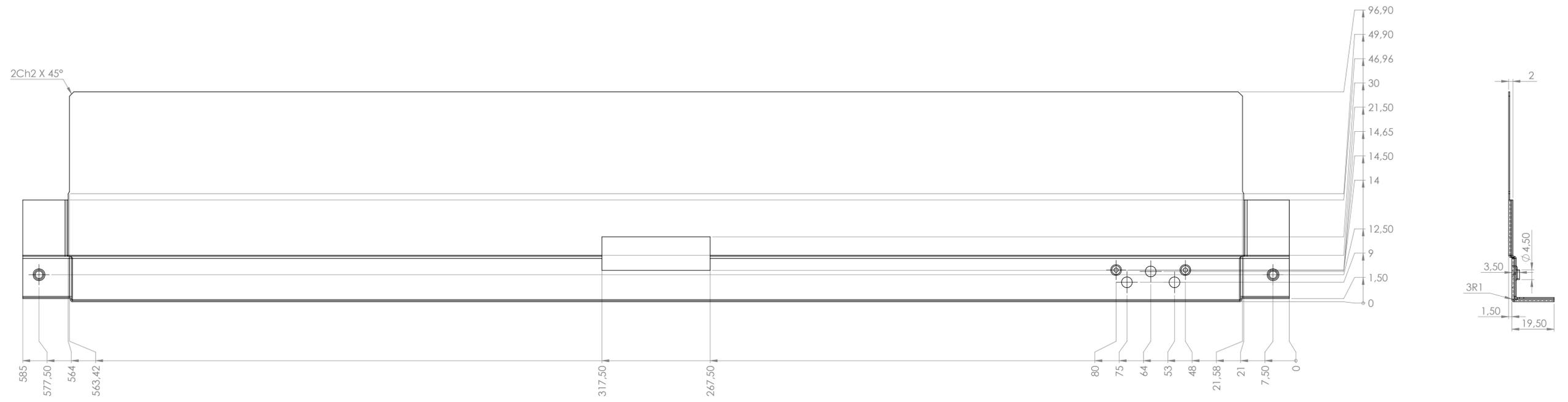
COUPE A-A

19	01	SEMELLE SUPERIEUR	XC48	
Rep	Nbr	DESIGNATION	Matière	OBSERVATIONS
Echelle 1/1		OUTIL Poinçonnage,SOYAGE ET Pliage PIECE FRONTAL SUPERIEUR D'UN REFRIGERATEUR		AKROUF AHMED KACER HAMZA
A3		FGC UMMTO		PLANCHE:N19 M2CM

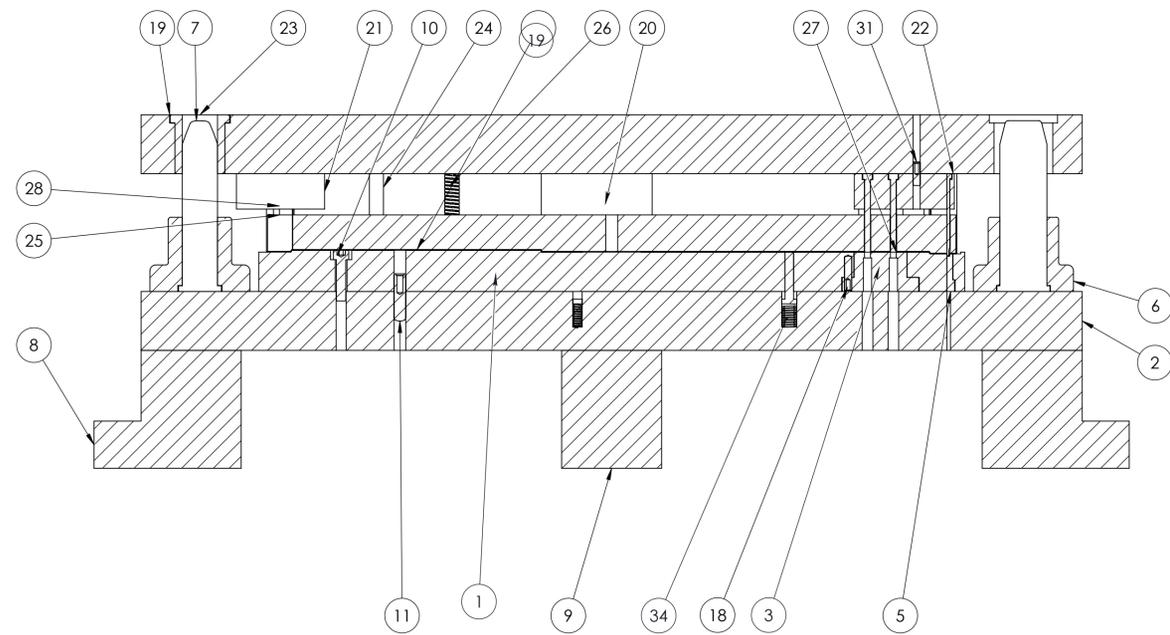


COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 2

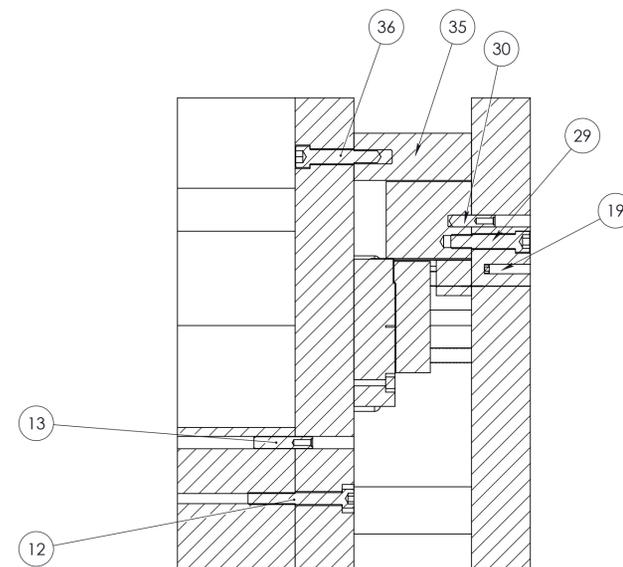
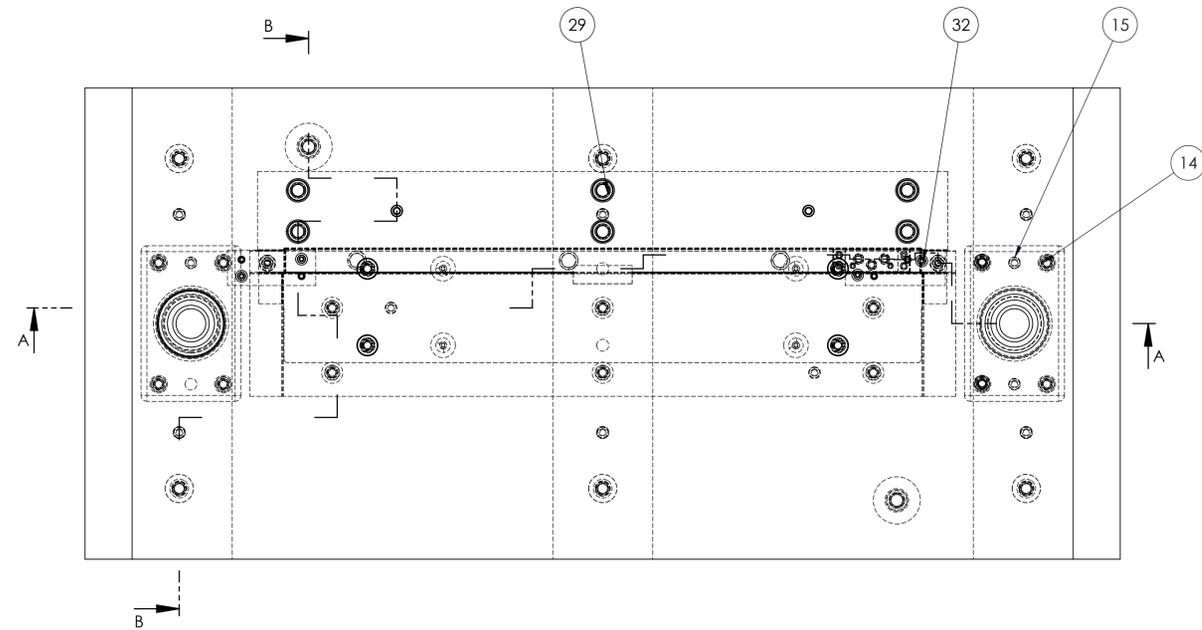
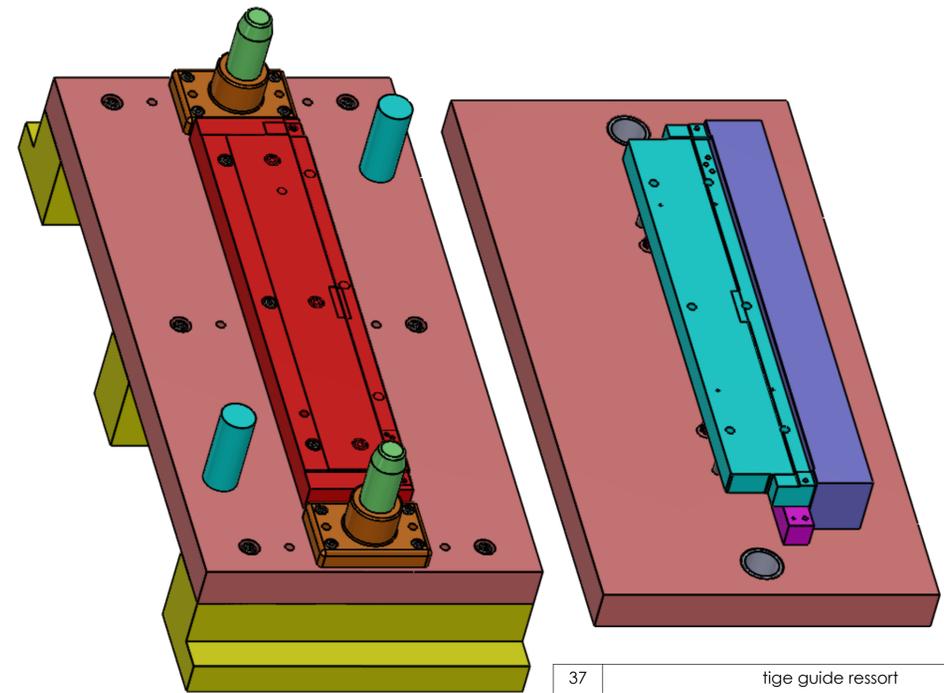
25	01	SERRE FLAN	XC48	
Rep	Nbr	DESIGNATION	Matière	Observations
Echelle 1/1		OUTIL POINCONNAGE,SOYAGE ET PLIAGE PIECE FRONTALE D'UN REFRIGIRATEUR		AKROUF AHMED KACER HAMZA
				PLANCHE:N25
A3		FGC UMMTO		M2CM



04	01	PIECE FRONTAL SUPERIEUR D'UN REFRIGERATEUR	DC04	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIONS
ECHELLE 1/1		OUTIL DE PIONCANNAGE, SOYAGE ET PLIAGE PIECE FRONTAL SUPERIEUR D'UN REFRIGERATEUR	AKROUF AHMED KACER HAMZA	
A2			PLANCHE: N4 M2CM	



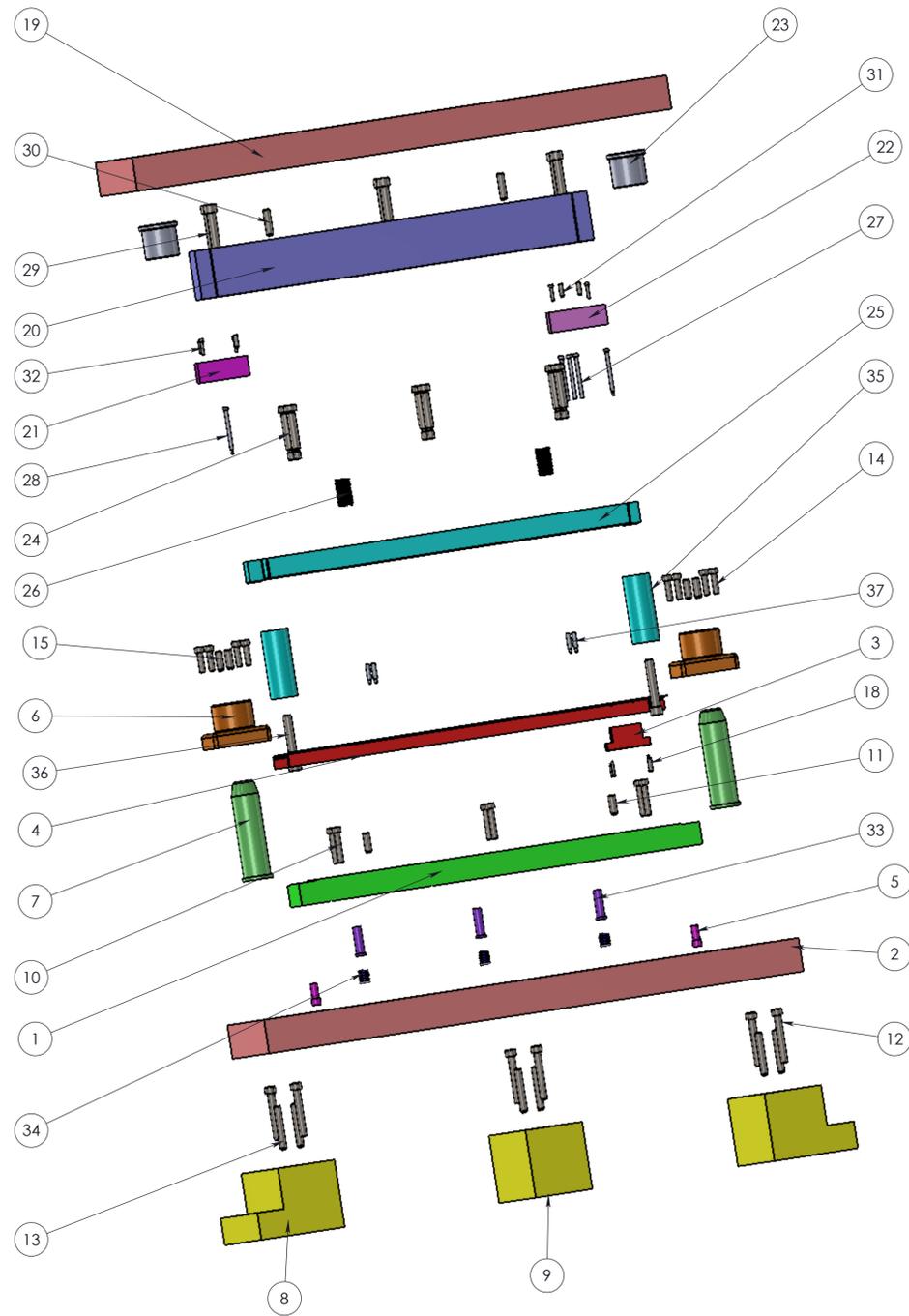
COUPE A-A



COUPE B-B

37	tige guide ressort	XC38	4
36	vis CHC M12 x 70		2
35	butee de fin de cours	XC38	2
34	ressort d'ejection		3
33	ejecteur pièce	XC38	3
32	vis CHC M4 x 40		4
31	goupille $\varnothing$ 6x20		4
30	goupille $\varnothing$ 10x40		2
29	vis CHC M12 x 55		6
28	poçon de soyage	Z200C12	2
27	poçon	Z200C12	3
26	ressort		4
25	serre flan	XC48	1
24	vis d'écartement		4
23	vis d'écartement	Z200C12	2
22	porte poinçon supérieur	XC38	1
21	porte poinçon supérieur 2	XC38	1
20	poinçon de pliage	Z200C12	1
19	semelle supérieur	XC48	1
18	goupille $\varnothing$ 6x30		2
17	vis CHC M3 x 20		2
16	goupille $\varnothing$ 10x30		1
15	goupille $\varnothing$ 10x32		2
14	vis CHC M8 x 30		12
13	goupille $\varnothing$ 10x50		6
12	vis CHC M10 x 50		6
11	goupille $\varnothing$ 10x40		2
10	vis CHC M8 x 35		6
9	tasseau intermédiaire	ST37	1
8	tasseau	ST37	2
7	colonne de guidage	Z200C12	2
6	embase inférieur	FONTE	2
5	canon inf	Z200C12	2
	pièce frontale supérieur d'un réfrigérateur	DC04 EK	1
3	matrice rapportée inf	Z200C12	1
2	semelle inférieur	XC48	1
1	matrice inf	Z200C12	1
NUMERO	NUMERO DE PIECE	DESCRIPTION	QTE

01	OUTIL COMPLET			
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIONS
				AKROUF AHMED KACER HAMZA
				PLANCHE N:38
				M2CM
ECHELLE 1/1	OUTIL DE POINÇONNAGE, SOYAGE ET PLIAGE PIÈCE FRONTALE SUPÉRIEUR D'UN REFRIGÉRATEUR			
A1	FGC UMMITO			



37	tige guide ressort	XC38	4
36	vis CHC M12X70		4
35	butée de fin de cours	XC38	4
34	ressort d'ejection		2
33	ejecteur pièce	XC38	2
32	vis CHC M4 x 40		2
31	goupille Ø 6x20	XC38	2
30	goupille Ø 10x40		3
29	vis CHC M12x55		3
28	poignon de soyage	Z200C12	2
27	poignon	Z200C12	6
26	ressort		4
25	serre flan	XC48	4
24	vis d'écartement	Z200C12	2
23	bague de guidage	Z200C12	6
22	porte poinçon supérieur	XC38	4
21	porte poinçon supérieur 2	XC38	3
20	poignon de soyage	Z200C12	2
19	semelle supérieur	XC38	1
18	goupille Ø 6x30		1
17	vis CHC M3x20		1
16	goupille Ø 10x30		1
15	goupille Ø 10x32		1
14	vis CHC M8x30		6
13	vis CHC M8x50		6
12	vis CHC M10x50		1
11	goupille Ø 10x40		8
10	vis CHC M8x35		6
9	tasseau intermédiaire	ST37	6
8	tasseau	ST37	1
7	colonne de guidage	Z200C12	2
6	embase inférieur	FONTE	2
5	canon inférieur	Z200C12	2
4	pièce supérieur frontale d'un réfrigérateur	DC04	2
3	matrice rapportée inf	Z200C12	1
2	semelle inférieur	XC48	1
1	matrice inf	Z200C12	1
No.	NUMERO DE PIECE	DESCRIPTION	QTE
01	VUE ECLATEE DE L'OUTIL		
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE OBSERVATIONS
ECHELLE 1/1	OUTIL DE POINÇONNAGE,SOYAGE ET PLIAGE PIECE FRONTALE SUPERIEUR D'UN REFRIGIRATEUR		AKROUF AHMED KACER HAMZA
A1	FGC UMMITO		PLANCHE N:38 M2CM