

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

*Faculté de Génie de la Construction  
Département génie mécanique*



# Mémoire de fin d'études

*En vue de l'obtention du diplôme de master en génie mécanique*

*Spécialité : construction mécanique*

## Thème

**Etude Et Conception D'un Outil  
D'emboutissage – Poinçonnage pour assiette  
Support à Griller pour plaque d'un four extra plat**

*Présenté par :*

**M<sup>elle</sup> : SEDRATI Nacera**

**Proposé par :**

**M<sup>r</sup> : CHALAL Mourad**

*Encadré par :*

**Mr : HACHOUR Kamel**

*Année universitaire : 2020 – 2021*

## REMERCIEMENTS

Je tiens en premier lieu à remercier le bon dieu pour le courage et la patience qui m'a donné  
afin de mener ce projet à terme.

Le travail du projet de fin d'études présenté dans ce manuscrit a été réalisé en collaboration  
avec l'entreprise nationale des industries électroménagères E.N.I.E.M.

Ce travail que j'ai fait sous le suivi de monsieur CHALAL Mourad ; et l'équipe de  
techniciens du secteur bureau d'études de l'unité cuisson (Mr SAADI, , que je tiens à  
remercier beaucoup pour leur aide et leur orientation ,tout au long de ce travail . ils ont su me  
faire profiter de leurs connaissances techniques, et de leur méthodes .ce fut un réel plaisir de  
travailler avec eux.

Je tien à remercier tout particulièrement, mon promoteur M<sup>r</sup> HACHOUR Kamel, qui a  
encadré au quotidien mon travail. Sa très grande disponibilité a rendu cette thèse  
particulièrement agréable.

Son expertise, ainsi que ses conseils avisés ont été très formateurs et d'un très grand secours,  
au cours de ce projet, ce qui m'a aidé et soutenu tout le long de mon travail.

Je tien à exprimer ma reconnaissance envers les membres du jury qui ont eu la lourde tache,  
d'examiner ce travail.

Je remercie sincèrement tout l'ensemble des enseignants qui ont contribué à cette formation,  
et je remercie ainsi, l'ensemble d'étudiants du département de Génie Mécanique de  
L'U.M.M.T.O, pour leurs soutiens, et leur bonne ambiance qui m'a beaucoup aidé.

Enfin, mes remerciements vont à tous qui prés et de loin, ont aidé à l'élaboration de projet, en  
particulier mes parents, mes amis

## Liste des figures

<b>Figure I.1:</b> Principe de cisaillement .....	<b>04</b>
<b>Figure I.2 :</b> Poinçonnage .....	<b>05</b>
<b>Figure I.3 :</b> Crevage .....	<b>05</b>
<b>Figure I.4 :</b> Encochage .....	<b>06</b>
<b>Figure 1.5 :</b> Grignotage .....	<b>06</b>
<b>Figure I.6 :</b> Arasage et repassage .....	<b>06</b>
<b>Figure I-7 :</b> Détourage.....	<b>06</b>
<b>Figure I-8:</b> Soyage.....	<b>07</b>
<b>Figure I.9 :</b> Les différentes ´étapes du découpage .....	<b>07</b>
<b>Figure I.10 :</b> Longueurs caractéristiques du profil découpé.....	<b>08</b>
<b>Figure II.1 :</b> principe de pliage.....	<b>14</b>
<b>Figure II.2 :</b> pliage en Vé.....	<b>14</b>
<b>Figure II. 3 :</b> pliage en air .....	<b>15</b>
<b>Figure II. 4 :</b> pliage en frappe .....	<b>15</b>
<b>Figure II. 5 :</b> pliage en U.....	<b>16</b>
<b>Figure II. 6 :</b> pliage en L .....	<b>16</b>
<b>Figure II. 7 :</b> le plie .....	<b>17</b>
<b>Figure II. 8 :</b> différence partie de pliage .....	<b>17</b>
<b>Figure II. 9 :</b> rayon de pliage.....	<b>18</b>
<b>Figure II. 10 :</b> déformation des fibres .....	<b>19</b>
<b>Figure II. 11 :</b> déformation des fibres .....	<b>19</b>
<b>Figure II. 12:</b> Retour élastique .....	<b>21</b>
<b>Figure III.1 :</b> Principaux procédés de mise en forme des matériaux métalliques.....	<b>22</b>
<b>Figure III.2 :</b> Principaux procédés de mise en forme des matériaux métalliques.....	<b>23</b>
<b>Figure III.3 :</b> Ligne de presses d'emboutissage .....	<b>23</b>

<b>Figure III.4 :</b> Le procédé d'emboutissage en chiffres.....	<b>24</b>
<b>Figure III.5 :</b> Emboutissage à froid.....	<b>25</b>
<b>Figure III.6 :</b> Emboutissage à chaud.....	<b>25</b>
<b>Figure III.7:</b> La préparation de l'emboutissage.....	<b>26</b>
<b>Figure III.8:</b> Étape n°2 : Le serrage du flan.....	<b>26</b>
<b>Figure III.9:</b> Étape n°3 : L'emboutissage proprement dit .....	<b>26</b>
<b>Figure III.10:</b> Étape n°4 : L'enlèvement du poinçon puis du serre- Flan .....	<b>27</b>
<b>Figure III.11:</b> Étape n°5 : Le détournage de la pièce emboutie.....	<b>27</b>
<b>Figure III.12 :</b> Modes d'emboutissage .....	<b>28</b>
<b>Figure III.13 :</b> Emboutissage simple effet (sans serre flan).....	<b>29</b>
<b>Figure III.14:</b> Emboutissage double effet (avec serre flan).....	<b>29</b>
<b>Figure III.15 :</b> Emboutissage renversé.....	<b>31</b>
<b>Figure III.16 :</b> Emboutissage de pièce demi sphérique .....	<b>31</b>
<b>Figure III.17:</b> Emboutis rectangulaires.....	<b>32</b>
<b>Figure III.18:</b> Variation de l'arrondi sur la matrice .....	<b>34</b>
<b>Figure III.19:</b> Le rayon sur le poinçon.....	<b>35</b>
<b>Figure III.20:</b> sans collerette.....	<b>41</b>
<b>Figure III.21 :</b> avec collerette .....	<b>41</b>
<b>Figure III.22 :</b> Nombre de passes .....	<b>42</b>
<b>Figure IV.1 :</b> Le support grille .....	<b>45</b>
<b>Figure IV-2 :</b> Mesure de diamètre (d).....	<b>46</b>
<b>Figure IV-3 :</b> Mesure de diamètre (D).....	<b>47</b>
<b>Figure IV-4 :</b> Mesure de la surface S1 .....	<b>49</b>
<b>Figure IV-5 :</b> Mesure de la surfaceS2.....	<b>50</b>
<b>Figure IV-6 :</b> Semelle inferieure .....	<b>53</b>
<b>Figure IV-7 :</b> Matrices .....	<b>53</b>

<b>Figure IV-8 : Serre-flan.....</b>	<b>53</b>
<b>Figure IV-9 : Colonnes de guidage .....</b>	<b>54</b>
<b>Figure IV-10 : Bagues Partie inferieure.....</b>	<b>54</b>
<b>Figure IV-11 : Butées fin de course .....</b>	<b>54</b>
<b>Figure IV-12 : Butées de positionnement .....</b>	<b>55</b>
<b>Figure IV-13 : Semelle supérieure .....</b>	<b>55</b>
<b>Figure IV-14 : Poinçons.....</b>	<b>55</b>
<b>Figure IV-15 : Bagues Partie Superieure .....</b>	<b>56</b>
<b>Figure IV-16 : Bride de fixation .....</b>	<b>56</b>

## Liste des Tableaux

<b>Tableau I.2 :</b> Valeur du jeu suivant les différents matériaux à découper .....	<b>09</b>
<b>Tableau I.2 :</b> Relations analytiques d'estimation de l'effort maximal de découpage.....	<b>11</b>
<b>Tableau I.3 :</b> résistance au cisaillement des matériaux courants .....	<b>12</b>
<b>Tableau II.1 :</b> Choix de rayon minimum en fonction pourcentage d'allongement.....	<b>18</b>
<b>Tableau II.2 :</b> abaque de pliage.....	<b>20</b>
<b>Tableau III. 1 :</b> Caractéristiques des différentes catégories de tôles .....	<b>30.</b>
<b>Tableau III.2 :</b> vitesses d'emboutissage pour différent matériaux .....	<b>35</b>
<b>Tableau III.3 :</b> pression spécifique .....	<b>36</b>
<b>Tableau III.4 :</b> Formule d'emboutissage. ....	<b>37</b>
<b>Tableau III.5 :</b> calcul des efforts et énergies néces.....	<b>40</b>
<b>Tableau III.6 :</b> quelques valeurs des coefficients de réduction pour différents types de métaux	<b>43</b>
<b>Tableau IV .1 :</b> Dimension de la tôle .....	<b>44</b>
<b>Tableau IV .2 :</b> Les Caractéristique mécaniques du matériau .....	<b>44</b>
<b>Tableau IV .3 :</b> Composition chimique du matériau.....	<b>44</b>
<b>Tableau IV-4 :</b> Caractéristiques techniques des presses .....	<b>52</b>

# Sommaire

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

## **Présentation de l'entreprise**

Introduction .....	I
Objet social et champ d'activité .....	II
Développement et organisation de l'entreprise .....	II
a) Développement .....	II
b) Organisation .....	II
Direction générale .....	III
a) Unité froid .....	III
b) Unité cuisson .....	III
c) Unité climatiseur .....	III
d) Unité commerciale (UC) .....	IV
e) Unité de prestation technique (UPT).....	IV
f) Unité sanitaire .....	IV
Politique de l'entreprise .....	V
a) Politique qualité .....	V
b) Engagement de la direction .....	VI
c) Ses objectifs.....	VI
Politique environnementale.....	VI

## **Chapitre I : Le découpage**

I.1) introduction.....	3
I.2) définition découpage .....	4
I.3) Les procédés de découpages.....	4
I.3.1) Le cisailage .....	4
I.3.2) Poinçonnage.....	5
I.3.3) Autre procédure de découpage.....	5

I.4) Différentes phases d'une opération de découpe .....	7
I.5) Influence des paramètres de l'opération de découpage .....	8
I.5.1) Le jeu entre le poinçon et la matrice .....	9
I.5.2) La géométrie de l'outil .....	9
I.5.3) L'épaisseur et la nature du matériau de la tôle .....	10
I.5.4) Le coefficient de frottement .....	10
I.5.5) La vitesse du poinçon.....	10
I.5.6) Caractérisations des efforts de découpe .....	11
I.6) CONCLUSION .....	12

## **Chapitre II : Le pliage**

II.1) Introduction .....	13
II.2) définition .....	13
II.3) principe.....	14
II.4) Les différents types de pliage .....	14
II.4.1) pliage en vé .....	14
II.4.2) pliage en U .....	16
II.4.3) pliage en L .....	16
II.5) les paramètres qui influence sur les opérations de pliage .....	17
II.5.1) Rayon minimum de pliage .....	18
II.5.2) Caractéristique d'un pli .....	19
II.5.3) Détermination des paramètres .....	20
II.6) Retour Elastique .....	21
II.7) conclusion.....	21

## **Chapitre III : l'emboutissage**

III.1) Introduction.....	22
III.2) définition	24
III.3) Principe d'emboutissage .....	26
III.4) Modes d'emboutissage .....	27
III.5) Procédé d'emboutissage.....	28

III.5.1) Emboutissage simple effet (sans serre flan) .....	29
III.5.2) Emboutissage double effet (avec serre flan).....	29
III.5.3) Les familles de matériaux largement utilisés en l’emboutissage .....	30
III.6) Formes des pièces emboutis usuelle .....	31
III.6.1) Forme cylindrique .....	31
III.6.2) Forme demi sphérique .....	32
III.6.3) Forme rectangulaire.....	32
III.6.4) Les avantages et les inconvénients de l’emboutissage .....	33
III.7) Les aspects opératoires.....	33
III.7.1) Le jeu entre le poinçon et la matrice .....	33
III.7.2) Le rayon sur la matrice (r) .....	34
III.7.3) Rayon du poinçon ( $R_{\text{poinçon}}$ ) .....	35
III.7.4) La vitesse d’emboutissage .....	36
III.7.5) La pression du serre-flan .....	36
III.7.6) L’effort d’emboutissage .....	37
III.7.7) Aspects métallurgiques d’emboutissage (directions de laminage).....	39
III.7.8) détermination des diamètres du flan et nombre de passes.....	40
III.7.9) Nombre de passes [6] .....	43
III.8) Conclusion .....	43

## **Chapitre IV :**

### **Etude Et Conception De L’outil D’emboutissage**

IV.1) Introduction.....	44
IV.2 Cahier de charges .....	44
IV.3. Le But.....	45
IV.4 Processus de fabrication.....	45
IV.5 Calculs des Effort d’emboutissage $F_e$ .....	46
IV.5.1 Calcul de K .....	47
IV.6 Le jeu entre le poinçon et la matrice.....	48
IV.8. La résistance des empreintes a la compression .....	48

IV.9 calcul de serrage du flan.....	51
IV.10 Le choix de la presse .....	51
IV.11 Description de l’outil.....	52
IV.12: La mise en plan .....	57
IV.13 Conclusion .....	57
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>58</b>

## Présentation de l'entreprise :

### Introduction :

L'entreprise nationale des industries électroménagères (ENIEM) est née après la restructuration de l'entreprise mère la SONELEC le 2 janvier 1983, cette dernière a été créée en août 1971.

Elle est entrée en production réelle le 16 juin 1971 avec un effectif de 572 travailleurs.

En 1989, l'entreprise a connu une baisse brusque de production due à la concurrence du marché. Cette situation a provoqué sa transformation en société par action (personne distincte de l'état) dans le but de l'amélioration, la recherche et le développement de ses produits à l'échelle nationale. Connue aujourd'hui le leader de l'électroménager en Algérie et cela dans divers domaines tels que :

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

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



**Figure I.1** Siège de l'Entreprise Nationale des industries électroménagères

## **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.

## **Développement et organisation de l'entreprise**

### **a) Développement**

Pour atteindre ses espérances en matière de développement :

L'ENIEM fait appel à sa structuration qui est schématisée de manière à donner la solution la plus fiable. Cette entreprise se compose de plusieurs unités d'organisation qui sont :

- Quatre unités de production ;
- Une unité commerciale ;
- Une unité de prestation ;
- Une filiale dont le capital est 100% ENIEM.

### **b) Organisation**

La structure organisationnelle est fondée de telle façon à avoir une meilleure activité au sein de l'entreprise tout en suivant la chaîne de réalisation d'un produit.

Afin d'obtenir un produit fini il est nécessaire de passer par toutes les unités :

- unité commerciale ;
- unité de prestation technique.
- unité froid ;
- unité cuisson ;
- unité climatisation ;
- unité produit similaire ;

## **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.

### **a) Unité froid**

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

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

### **b) Unité cuisson**

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

Ses activités sont :

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

### **c) Unité climatiseur**

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

Sont :

- Transformation.
- Traitement et revêtement des surfaces (peinture).
- Assemblage.

#### **d) Unité commerciale (UC)**

Le rôle de cette unité est de faire écouler le produit sur le marché, et étudier la fluctuation du marché qui est basée sur des sondages sur l'offre et la demande. Ainsi l'idée est lancée par cette étude qui par la suite sera remise à l'unité prestation technique.

#### **e) Unité de prestation technique (UPT) :**

Elle consiste à faire une étude technique du produit et l'examiner de façon à voir la possibilité de sa production par rapport aux moyens existants au sein de l'entreprise (machine ; personnels, technologie, etc.)

#### **f) Unité sanitaire**

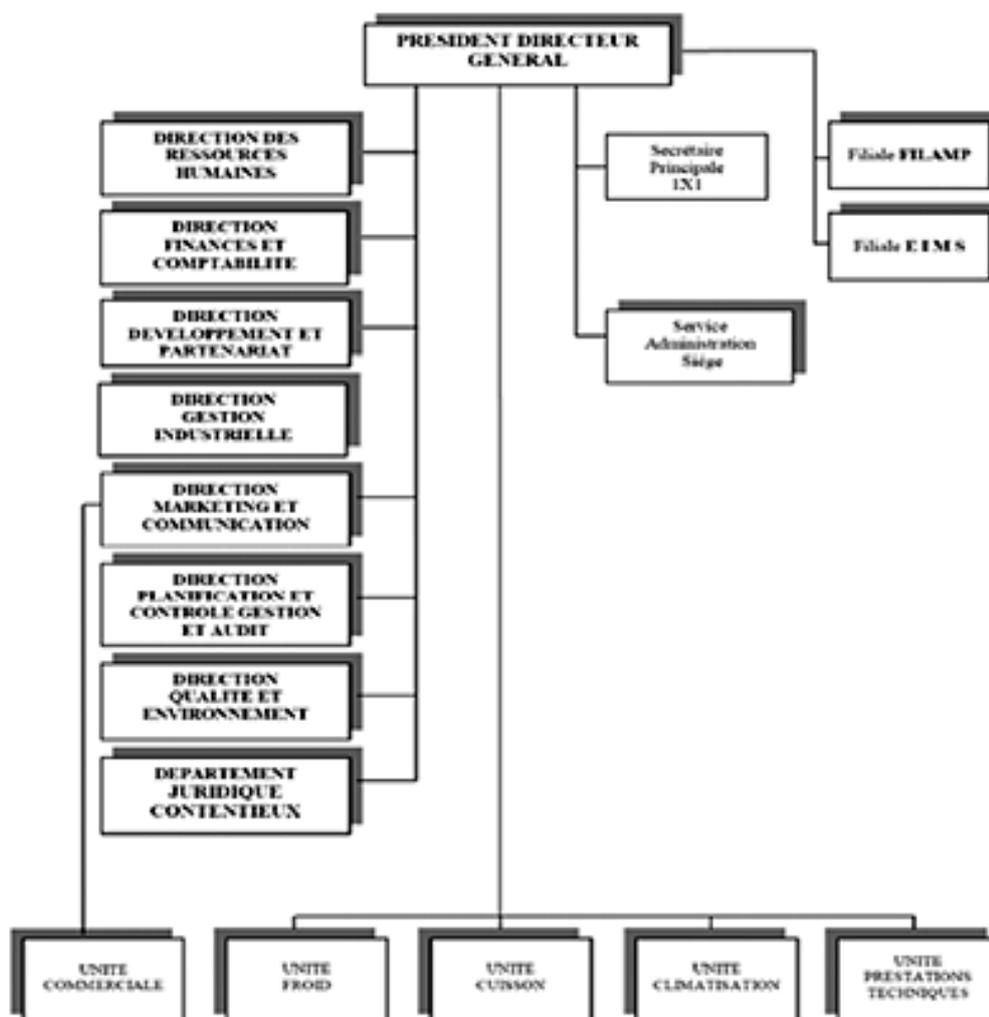
L'unité sanitaire de Miliana est acquise par l'entreprise **ENIEM** en l'an 2000. Elle n'entre pas dans le champ de certification de l'entreprise.

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

#### **Filiale Filamp**

L'Unité Lampes de Mohammedia (ULM) 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».

## ORGANIGRAMME GENERAL DE L'ENIEM



### **Politique de l'entreprise**

ENIEM est certifiée ISO 14001/2004 Environnement et ISO 9001/2008 Qualité.

#### **a) Politique qualité**

L'entière satisfaction durable du client constitue pour l'entreprise l'objectif essentiel. Face aux enjeux économiques, l'**ENIEM** a mis en œuvre 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 continu l'efficacité du système de management de la qualité.

## **b) 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.

## **c) 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.

## **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.

## Introduction générale

---

La transformation des tôles mécaniques en produits finis a une importance considérable dans de nombreuses industries telles que la construction mécanique.

L'emboutissage est l'un des procédés de formage par déformation plastique à chaud ou à froid des métaux.

Il est largement employé dans plusieurs domaines industriels : l'automobile, l'aéronautique, l'électroménager, ou les appareillages électriques...etc. Il permet de fabriquer à partir d'une feuille de métal initialement plane, appelée "flan", des pièces de forme complexe non développables. L'obtention de la pièce emboutie se fait par l'entraînement de la tôle sous l'action d'un poinçon qui forme celle-ci à son empreinte en fond de matrice. La tôle est initialement maintenue contre la matrice avec un serre-flan qui contrôle l'écoulement du métal pour prévenir la formation de plis sur la pièce finie. Ce type de procédé permet d'atteindre des cadences de production élevées, jusqu'à 60 pièces/minute. L'opération d'emboutissage est effectuée sur une presse hydraulique, au moyen d'un outillage dont la configuration la plus simple, appelée outil simple effet, comprend trois pièces principales : la matrice, le poinçon et le serre-flan. L'une est bridée sur la table fixe, l'autre sur le coulisseau animé d'un mouvement rectiligne alternatif. L'outillage double effet comprend en plus un serre-flan.

D'après une étude du Service des Etudes et des Statistiques Industrielles (SESSI) du Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie française, parmi le secteur d'activités industrielles de transformation des métaux sous forme solide, les entreprises de découpage-emboutissage sont les premiers fournisseurs de l'automobile.

Les fabricants de matériel électroménager sont également des clients importants des entreprises de découpage-emboutissage. Le reste des débouchés concerne des activités plus réduites en termes de chiffres d'affaires. Ces activités sont liées aux industries du bâtiment et du génie civil, de la construction aéronautique, de l'industrie de l'armement et du conditionnement de l'emballage.

Les changements de formes des produits sont de plus en plus fréquents, conséquence de notre société de consommation. Ces changements concernent la forme des pièces qui s'intensifient encore par le développement de marchés toujours différents car, dans le contexte actuel, l'industrie cherche à renouveler de manière plus fréquente son produit. Plusieurs études montrent que les coûts et les délais de fabrication des outils d'emboutissage

## Introduction générale

---

conventionnels ont une incidence directe sur le prix de la pièce emboutie et sur ses délais de mise sur le marché. Ainsi, le coût des outils d'emboutissage, actuellement fabriqués par usinage conventionnel de bloc d'acier ou de fonte est de plus en plus pénalisant pour les services études des entreprises créatrices et productives, qui cherchent à réduire les coûts et les délais de développement de nouveaux produits.

Dans ce travail l'objectif est la conception et réalisation d'un outil d'emboutissage et poinçonnage et étudier l'influence des paramètres du procédé d'emboutissage tels que : l'effort de serrage, le coefficient de frottement, la géométrie du flan, la géométrie des outils et la déformation sur les pièces embouties.

Ce mémoire comprend les parties suivantes :

- ✚ Chapitre I : ce premier chapitre présente le principe de découpage et des généralités sur : les opérations de découpage, les efforts de découpage et les méthodes analytique et d'utilisations de l'abaque, suivi d'une étude des paramètres de découpage.
- ✚ Chapitre II : dans le deuxième chapitre sera présenté le pliage, le mode et les paramètres qui influent sur cette opération.
- ✚ Chapitre III: c'est le cœur de ce travail qui est l'étude et la conception de l'outil d'emboutissage pour la réalisation d'un support à griller d'un fou extra plat , les différents calculs des efforts, aux dimensionnements, aux choix des matériaux, pour le différent élément de l'outil, ainsi que le choix de la presse à utiliser seront présentés dans ce chapitre.
- ✚ Enfin, ce mémoire sera terminé par une conclusion générale.

# **Chapitre I :**

## **Le découpage**

**I.1) introduction :**

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

- **Petites séries** : l'électroérosion au fil est utilisée en général pour réaliser les ajourages dans la bande au cours de la mise au point de l'outil de presse. Elle permet de se passer, à cette étape de développement de l'outil où seuls les postes de formage sont testés, de la réalisation des postes de découpage de la bande. C'est un procédé thermique.
- **Petites et moyennes séries** : l'oxycoupage, les découpages plasma traditionnel ou à jet fin, laser ou au jet d'eau abrasif sont des techniques dites « de tôlerie ». Elles sont utilisées pour débiter les tôles et, pour les trois dernières techniques, afin de réaliser des découpages de précision. L'oxycoupage, les découpages plasma et laser sont des procédés thermiques. Le découpage au jet d'eau abrasif est un procédé abrasif.
- **Moyennes et grandes séries** : le découpage à la presse est le procédé de découpage des tôles le plus ancien et reste encore, et de loin, le plus productif. La plupart des pièces métalliques qui composent une automobile sont découpées selon ce procédé : les pièces visibles, dites d'aspect (capots, ailes, côtés de caisse, haillons...), et plus ou moins cachées de la structure (longerons, pieds milieu, charnières, colonnes de direction...). Ce procédé est également utilisé dans les secteurs de la quincaillerie (rondelles, mécanismes de portes et fenêtres...), de l'électroménager (tambours de machines à laver, capotages...), du bâtiment (caillebotis, pièces d'échafaudage...), des composants électriques et électroniques (boîtiers d'autoradios, connexions, supports de circuits imprimés...). La plupart du temps, le découpage accompagne une opération de formage comme l'emboutissage ou le pliage. Dans certains cas, c'est la seule ou la principale opération réalisée (cas des rondelles ou des pièces plates de connectique). C'est ce dernier procédé que nous présentons.

## I.2) définition découpage

Au sens général du terme, le découpage désigne l'ensemble des opérations de découpage pratiquées sur presse. Ce terme a également un sens plus précis lorsque l'on veut différencier la partie de l'outil (poinçon ou matrice) qui détermine la géométrie de la partie de la pièce découpée. Pour cette raison, nous présentons ci-dessous les définitions plus précises de termes utilisés par la profession pour désigner les différentes opérations de découpage :

Le découpage permet la réalisation du contour du flan ou de la pièce et pour lequel la partie importante de l'outil qui assure la précision dimensionnelle de la pièce, compte tenu du jeu, est la matrice.

## I.3) Les procédés de découpages :

Il existe de nombreuses techniques de découpage. Elles sont choisies en fonction de la nature et de la dimension des matériaux à travailler.

Ces procédés sont :

### I.3.1) Le cisailage :

Il permet de séparer totalement ou partiellement un élément métallique à l'aide de deux lames dont l'une, au moins, est mobile.

Sous l'action de la contrainte imposée par la partie active des lames, il se produit une déformation élastique, puis un glissement avec décohésion du métal suivant deux directions formant l'angle  $b$ .

L'angle  $b$ , ainsi que la profondeur de la décohésion varient suivant la nuance du métal et son état. Globalement un tiers de la section est cisailé, deux tiers sont arrachés.

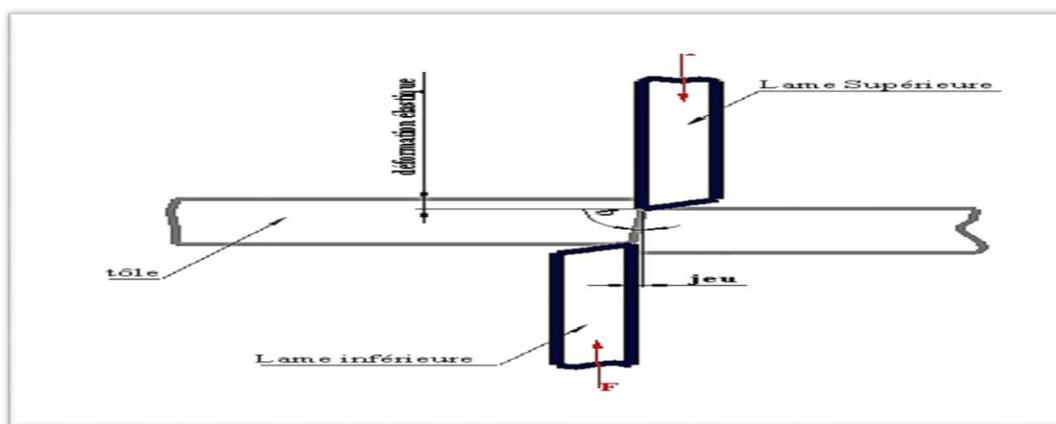
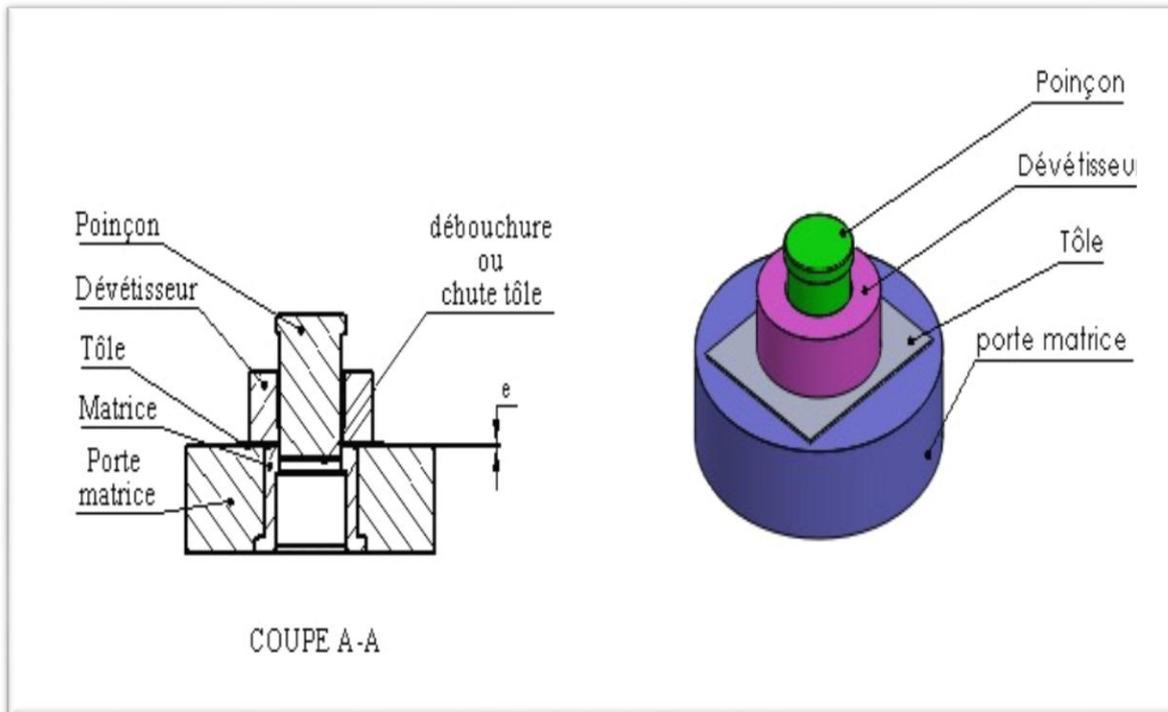


Figure I.1: Principe de cisaillement

**I.3.2) Poinçonnage :**

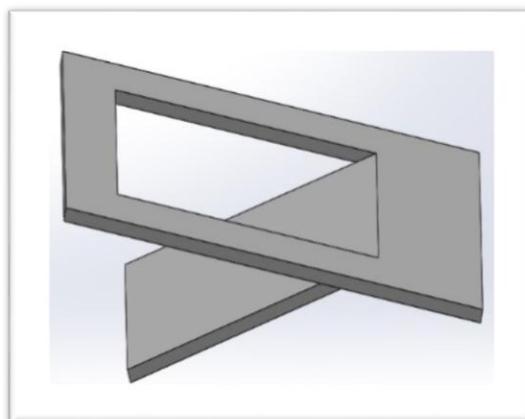
Un poinçon et une matrice remplacent les lames de cisaille.



**Figure I.2 : Poinçonnage**

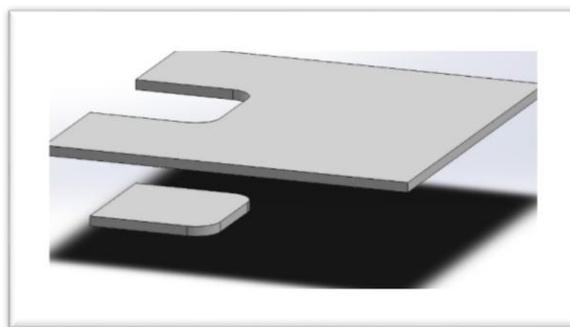
**I.3.3) Autre procédure de découpage :**

a) **Caravage** : c'est un découpage partiel



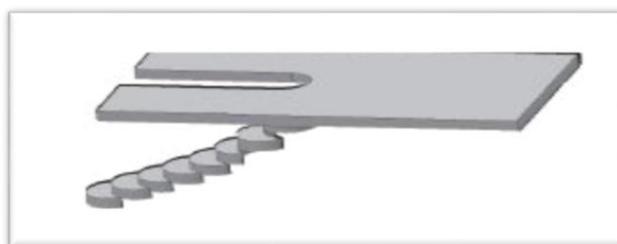
**Figure I.3 : Crevage.**

b) **Encochage** : Découpage débouchant sur un contour.



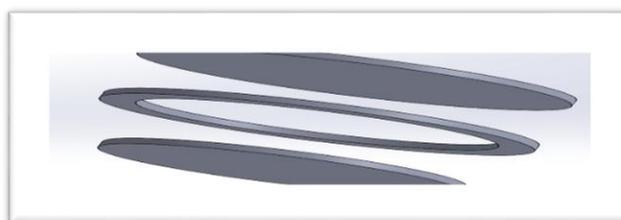
**Figure I.4 : Encochage**

c) **Grignotage** : Poinçonnage partiel par déplacement progressif de la pièce ou du poinçon.



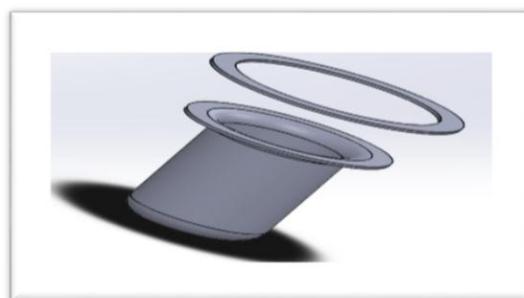
**Figure 1.5 : Grignotage**

d) **Arasage** : Découpage en reprise (précision de côtes et de surface).



**Figure I.6 : Arasage et repassage**

e) **Détourage** : Finition d'un contour déjà ébauché, modifié au cours d'une déformation.



**Figure I-7 : Détourage**

f) **Soyage** : Le soyage consiste à former un collet, soit par perçage de tôle, ou par un poinçon de forme pointue ou encor sur un profil déjà formé.



Figure I-8: Soyage

#### I.4) Différentes phases d'une opération de découpe :

La figure I.3 d'écrit les étapes successives de la réponse du matériau de tôle a la pénétration du poinçon. Après une première phase de l'égère compression, les fibres superficielles sont d'écoupées alors que les fibres intérieures sont en tension. Ensuite, on observe une zone de forte compression où la limite d'élasticité du matériau de tôle est atteinte. Ils '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

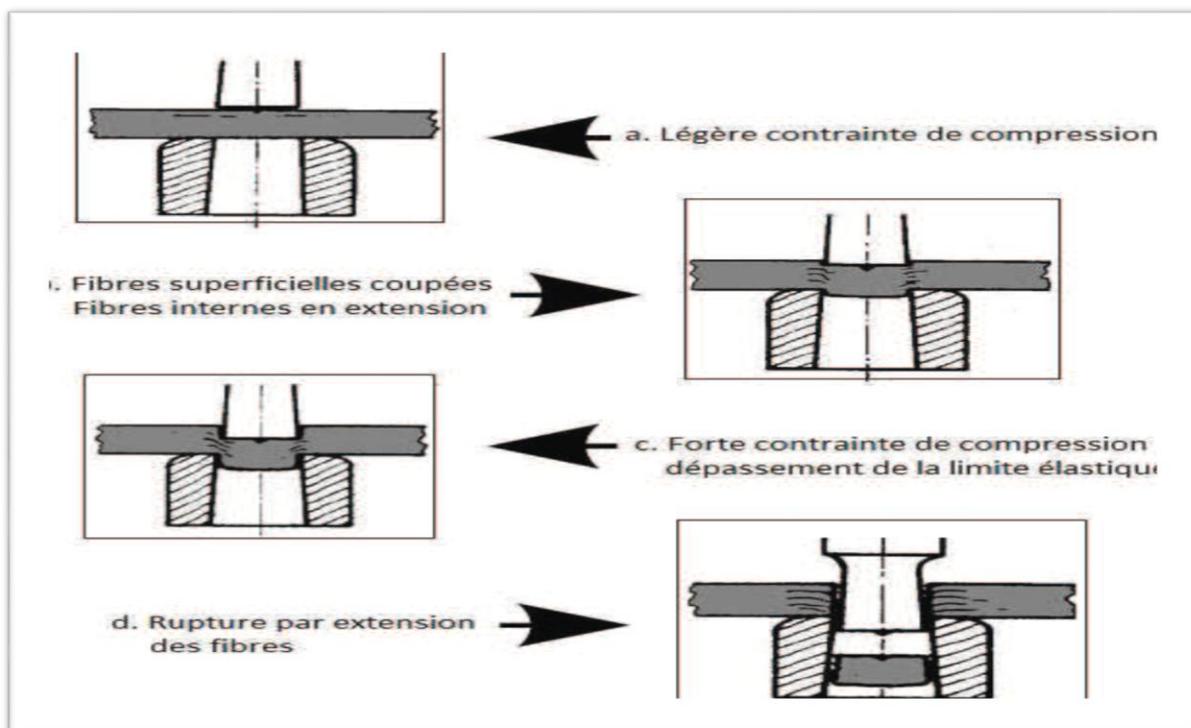
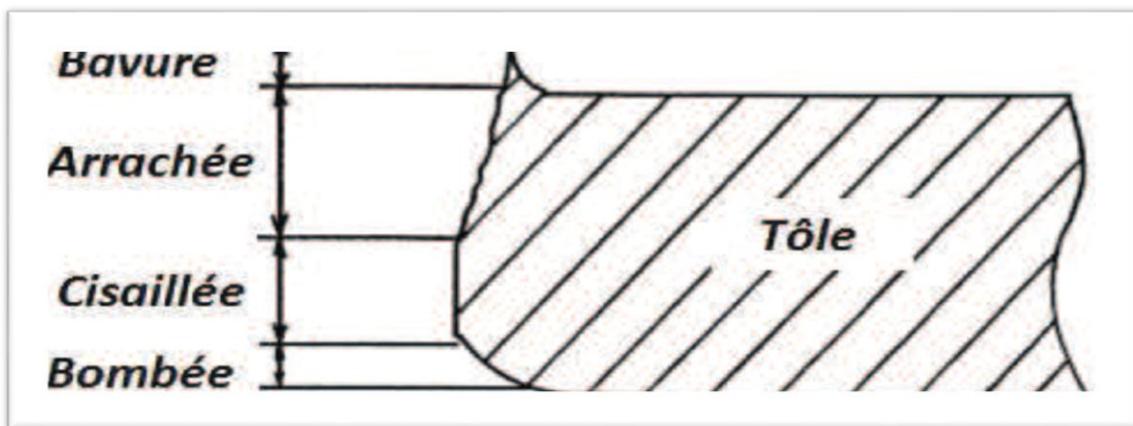


Figure I.9 : Les différentes étapes du découpage

Le découpage permet d'obtenir des pièces directement prêtes à l'emploi. Des opérations de reprises ne sont donc pas nécessaires après les opérations de découpage. La qualité du produit découpé est caractérisée par l'aspect du profil présenté sur la figure(I.4). En plus des longueurs caractéristiques, d'autres défauts de fabrication peuvent apparaître sur le produit fini :

- Les variations de côtes,
- L'apparition de défaut de forme,
- La modification des caractéristiques mécaniques du matériau dans la zone d'découpée.



**Figure I.10 :** Longueurs caractéristiques du profil découpé

### **I.5) Influence des paramètres de l'opération de découpage :**

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

- Le jeu entre le poinçon et la matrice,
- La géométrie de l'outillage,
- L'épaisseur et la nature du matériau de la tôle,
- Le coefficient de frottement,
- La vitesse de d'découpe.

**I.5.1) Le jeu entre le poinçon et la matrice :**

D'une manière générale, le jeu est défini comme étant l'espace qui sépare le poinçon et la matrice. Dans le cas du cisailage, le jeu est représenté par l'écart entre les faces de découpe du poinçon et de la matrice. Pour le poinçonnage, on parlera de jeu radial qui peut aussi être rapporté en pourcentage de l'épaisseur initiale de tôle par l'expression :

$$J = \frac{R_m - R_p}{e_0} \quad (\text{I.1})$$

- $R_m$  et  $R_p$  représentent respectivement les rayons de matrice, du poinçon
- $e_0$  l'épaisseur initiale de la tôle.

Matériaux	Jeu diamétral
Laiton et Cuivre : 1/20ème de l'épaisseur de la bande	$J = \frac{1}{20} e$
Acier mi-dur : 1/16ème de l'épaisseur de la bande	$J = \frac{1}{16} e$
Acier : 1/14ème de l'épaisseur de la bande	$J = \frac{1}{14} e$
Alliage d'aluminium : 1/10ème de l'épaisseur de la bande	$J = \frac{1}{10} e$
Acier inoxydable/1/15ème de l'épaisseur de la bande	$J = \frac{1}{15} e$

**Tableau I.2 :** Valeur du jeu suivant les différents matériaux à découper

**I.5.2) La géométrie de l'outil :**

Les rayons d'extrémité du poinçon et de la matrice sont identiques dans la majorité des configurations industrielles. Dans leurs travaux, ont montré l'influence du rayon d'extrémité du poinçon sur la qualité du profil du bord découpé ainsi que sur les efforts de découpe. Il est indiqué que le rayon d'extrémité de poinçon et de matrice peut faire varier l'effort de découpe de plus de 20 % par rapport à sa valeur nominale. Grâce à une étude expérimentale sur le découpage d'un alliage d'aluminium de 1 mm d'épaisseur, il est établi une relation entre la hauteur de bavure et le rayon de courbure du poinçon. En se basant sur une étude micrographique des pièces découpées, ils ont montré que les phénomènes liés à la naissance et à la propagation des fissures, et par conséquent l'aspect du bord découpé dépendent entre autres de la géométrie du bord tranchant du poinçon. En plus du rayon de courbure du

poinçon et de la matrice, l'angle de découpe influence également la qualité du produit final et les efforts de découpe. L'influence de l'angle de découpe sur la hauteur de bavure a été traitée par des observations expérimentales. Pour l'alliage d'aluminium, il montre que pour un angle d'inclinaison de 20°, la hauteur de bavure n'est plus sensible à la variation du rayon de courbure du poinçon. Ce qui n'est pas le cas pour une découpe suivant le plan normal au plan moyen de la tôle.

Parmi les conclusions les plus significatives sur l'influence de la géométrie de l'outillage sur le procédé de découpage, on peut retenir deux résultats :

- L'augmentation du rayon de courbure s'accompagne d'une augmentation de la hauteur de bavure, de l'effort de découpe et de la pénétration à rupture.
- L'introduction d'un angle de découpe permet de s'affranchir de la sensibilité de la hauteur de bavure pour une plage de valeurs de jeu donnée.

### **I.5.3) L'épaisseur et la nature du matériau de la tôle :**

Les relations analytiques qui permettent d'estimer l'effort de découpe prennent toutes en compte sans exception l'épaisseur et les propriétés mécaniques du matériau (résistance limite à la traction, résistance limite au cisaillement) de la tôle. C'est dire l'importance de ces paramètres dans le procédé.

### **I.5.4) Le coefficient de frottement :**

Il existe peu d'études qui traitent l'influence du coefficient de frottement entre le poinçon et la tôle sur le procédé de découpage (poinçonnage ou cisailage). Ce manque de communications sur le domaine est lié aux difficultés auxquelles les auteurs sont confrontés lorsqu'il s'agit de caractériser expérimentalement le coefficient de frottement. Néanmoins, certains auteurs ont montré que l'accroissement du coefficient de frottement se traduit par une augmentation de l'effort exercé par le poinçon sur la tôle au cours de la descente.

### **I.5.5) La vitesse du poinçon :**

Au même titre que les paramètres géométriques de l'outillage, la vitesse de descente du poinçon influence les efforts de découpe et la qualité du produit final. Il a été indiqué que l'augmentation de la vitesse de poinçon se traduisait par une amélioration de la qualité du bord découpé. Analysent l'influence de la vitesse du poinçon sur l'effort de découpe. Ont trouvé que pour un acier X30Cr13, l'augmentation de la vitesse de poinçonnage de 0,1 mm/min à 100 mm/min a pour conséquence d'augmenter l'effort maximum de 1000 N.

**I.5.6) Caractérisations des efforts de découpe :**

Il existe des relations permettant de déterminer l'effort de découpe à partir des propriétés mécaniques du matériau. Ces relations sont basées sur la résistance des matériaux et ne prennent en compte que la sollicitation principale. En découpage, la tôle est principalement sollicitée en cisaillement et la rupture survient lorsque la contrainte de cisaillement dans la tôle devient supérieure à la résistance à la rupture par glissement de celle-ci. Le tableau I.1 résume les différentes relations rencontrées couramment pour estimer l'effort maximal de découpage. Le coefficient  $k$  varie suivant la nuance du matériau et le modèle. Ainsi pour le cas de la nuance DC04,  $k$  vaut 1 chez **PSA** (groupe PSA Peugeot Citroën), et 0,8 chez **RSA** (Renault Société Anonyme), au **CETIM** (Centre Techniques des Industries mécaniques) et chez **TI** (Techniques de l'Ingénieur).

PSA	RSA	CETIM	TI
$F = L \cdot e \cdot R_m$	$F = L \cdot e \cdot R_m \cdot k$	$F = L \cdot e \cdot R_m \cdot k$	$F = L \cdot e \cdot R_c \cdot k$

**Table I.2 :** Relations analytiques d'estimation de l'effort maximal de découpage

**Avec :**

- **L** : la longueur découpée,
- **E** : l'épaisseur de la tôle,
- **R<sub>m</sub>** : la résistance maximale à la traction,
- **R<sub>c</sub>** : la résistance pratique au glissement.

La résistance au cisaillement  $R_c$  dépend du matériau travaillé, on l'estime environ 0.8 fois la résistance à la traction  $R_m$  :

$$R_c = 0.8 R_m \text{ (I.2)}$$

$R_c$  est donné par le tableau I.2 pour les matériaux courants :

Matériaux			R <sub>c</sub> (daN/mm <sup>2</sup> )	
Aciers	0.1 % C	Recuit	24	
		Laminer à froid	31	
	0.2 % C	Recuit	31	
		Laminer à froid	39	
	0.3 % C	Recuit	37	
		Laminer à froid	47	
	Tôle laminé à froid	Qualité TC	31	
		Qualité E	29	
		Qualité ES	27	
	Inoxydable			50 à 60
	Silicium			45

**Tableau I.3 :** résistance au cisaillement des matériaux courants

**I.6) Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons défini le principe et les procédures de découpage des feuilles en tôle ainsi les différents paramètres liés à la bonne coupe et qui va nous servir dans la conception des outils de découpages.

# **Chapitre II :**

## **Le pliage**

**II.1) Introduction :**

Le pliage dans l'industrie a pour objectif de donner une forme déterminée au matériau tout en lui imposant une certaine microstructure, qui consiste à déformer une tôle plane en changeant la direction de ses fibres de façon brusque suivant un angle, afin d'obtenir un objet ayant les propriétés souhaitées. C'est un travail qui nécessite de maîtriser parfaitement certains paramètres expérimentaux tels que : la composition du matériau et ses différentes caractéristiques mécaniques, Cette opération se distingue de l'emboutissage par le fait que les contraintes latérales sont nulles. La dualité « expansion-rétreint », les deux modes de sollicitations qui entrent en jeu en emboutissage, n'est généralement pas rencontrée. Les paramètres les plus influents dans une opération de pliage peuvent être classés en trois catégories :

- Paramètres liés à la machine : cadence, puissance, etc. ;
- Paramètres liés à l'outillage : rayon, course, angle, jeu, etc. ;
- Paramètres liés au matériau : formabilité, propriétés élastiques, anisotropie, etc.

Le produit fini est sensible à ces trois types de paramètres ; néanmoins, selon la destination finale de la pièce et les critères de qualité demandés, il peut y avoir prépondérance d'un paramètre par rapport à un autre ou d'une famille par rapport aux deux autres. Dans la conception moderne, des exigences autres que mécaniques et de service interviennent. L'aspect esthétique d'un produit obtenu par mise en forme est de plus en plus recherché. L'ensemble de ces contraintes de fabrication se répercute dans la pièce. L'état géométrique et mécanique du produit plié aura ultérieurement une grande influence sur la tenue en service des pièces.

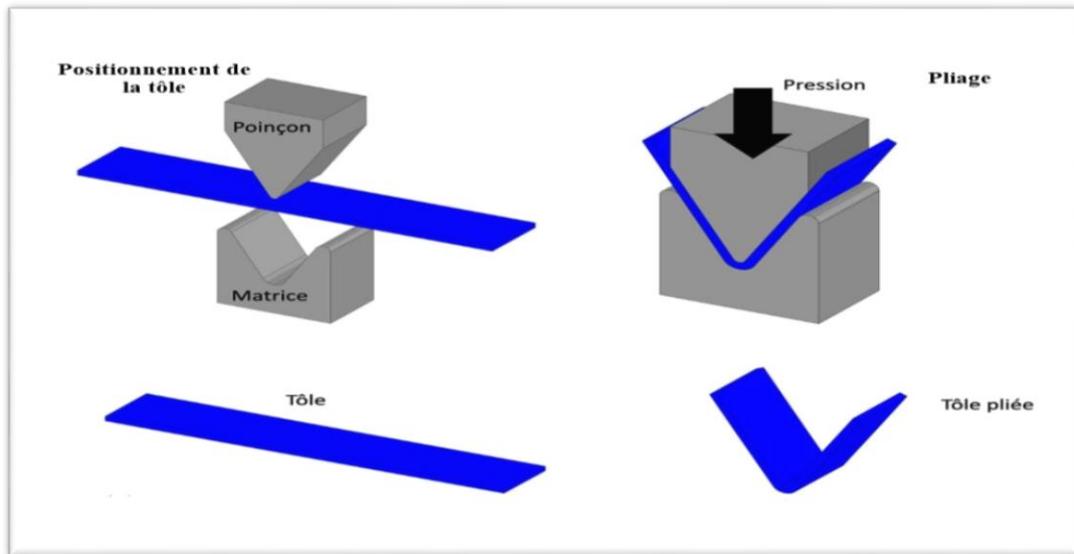
**II.2) définition :**

Le pliage est une opération de formage à froid de tôles planes par déformation permanente. Pour cela, il faut tout d'abord placer la tôle sur une matrice (ou vé), appuyée contre des butées réglées auparavant, puis on applique une force sur une partie de la tôle grâce à un poinçon (ou contre vé).

L'effort nécessaire à obtenir le pli dépend de la limite élastique du métal, de l'épaisseur de la tôle, et de la longueur et de la direction du pli.

**II.3) 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.



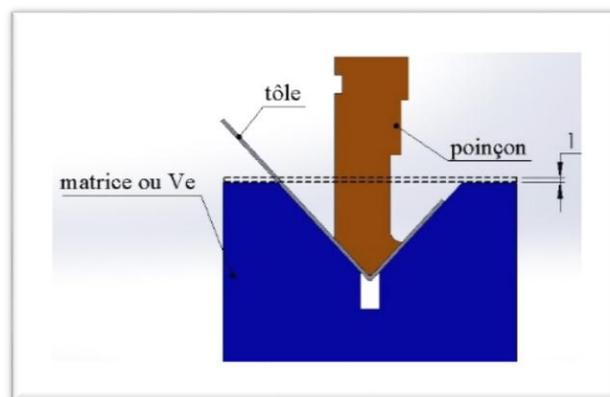
**Figure II.1 :** principe de pliage

**II.4) Les différents types de pliage :**

Suivant la géométrie des poinçons et les matrices, trois types de pliage sont distingués

**II.4.1) pliage en vé :**

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



**Figure II.2 :** pliage en Vé

**a) Pliage en l'air :**

Dans le cas d'un pliage en l'air, la tôle est placée sur les arêtes du vé, ou poinçon, descend dans le vé, exerçant la force nécessaire pour déformer la tôle selon l'angle désiré.

Un certain nombre d'éléments influencent la formation de cet angle, pour un réglage défini : la tolérance de l'épaisseur de la tôle, les flexions du tablier et du coulisseau et la dimension des vé.

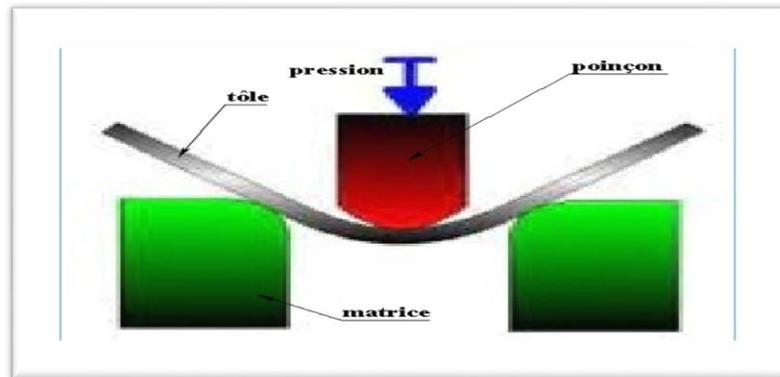


Figure II. 3 : pliage en air

**b) pliage en frappe :**

Également appelé pliage en fond de matrice, le pliage en frappe permet de marquer la tôle avec le poinçon, avec une telle force qu'il dépasse sa caractéristique élastique, supprimant, de fait, l'effet retour associé.

Ce forgeage à froid, réalisé en fond du vé, donne ainsi l'angle de pliage et nécessite une force très importante.

Autrement dit, cette méthode débute un pliage en l'air, avant d'exercer un effort de pénétration supplémentaire, pour que la tôle se positionne sur les faces de la matrice.

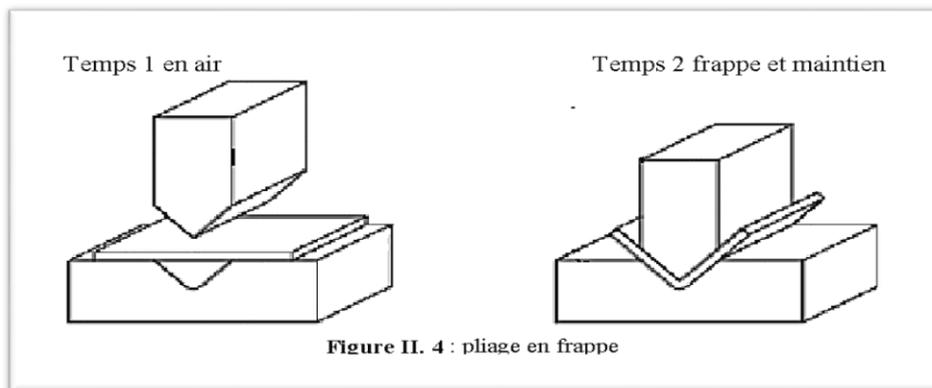
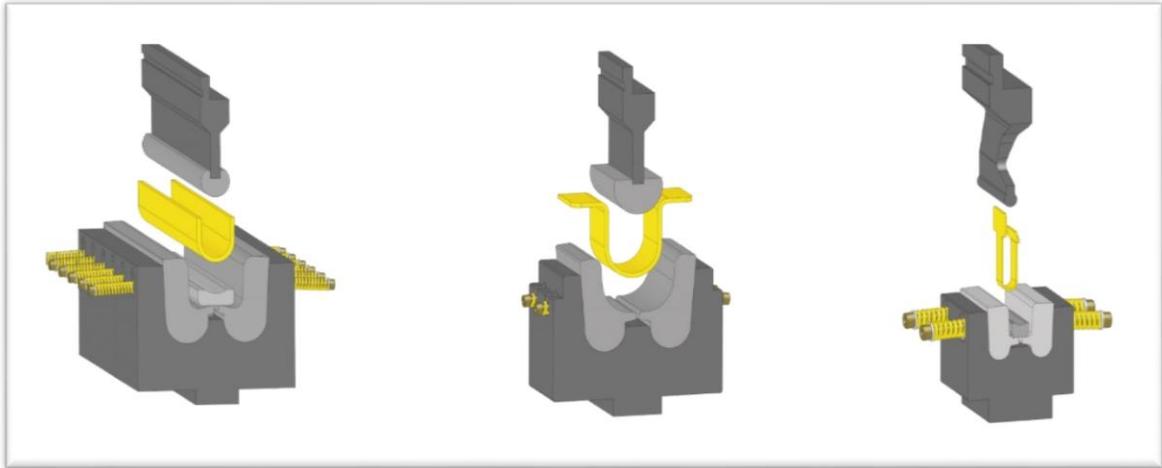


Figure II. 4 : pliage en frappe

**II.4.2) pliage en U :**

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

Cela ressemble cependant à de l'emboutissage. On peut obtenir avec cette méthode une infinité de formes pliées, si les outils sont disponibles.



**Figure II. 5 :** pliage en U

**II.4.3) pliage en L :**

Le pliage en L ou en tombé de bord consiste à plier un flan en porte-à-faux à 90° maintenu entre la matrice et le serre-flan. Au niveau du pli, on définit la surface intérieure comme étant celle qui adopte de pliage, la surface extérieure étant celle avec le plus grand rayon.

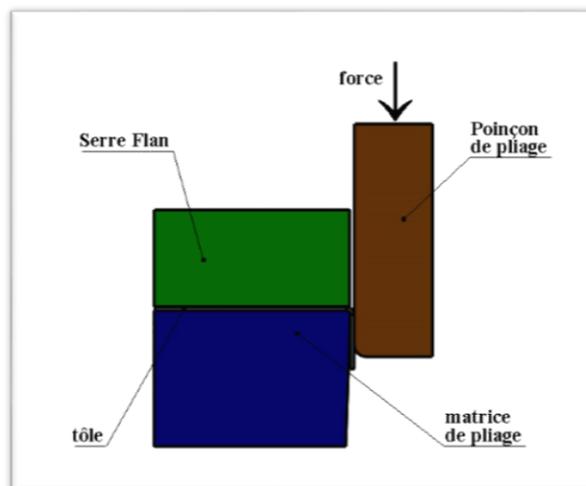


Figure II. 6 : pliage en L

**II.5) les paramètres qui influencent sur les opérations de pliage :**

Plier une tôle, c'est relever une partie de cette tôle de façon à former un angle dont l'arête est rectiligne et plus ou moins arrondie.

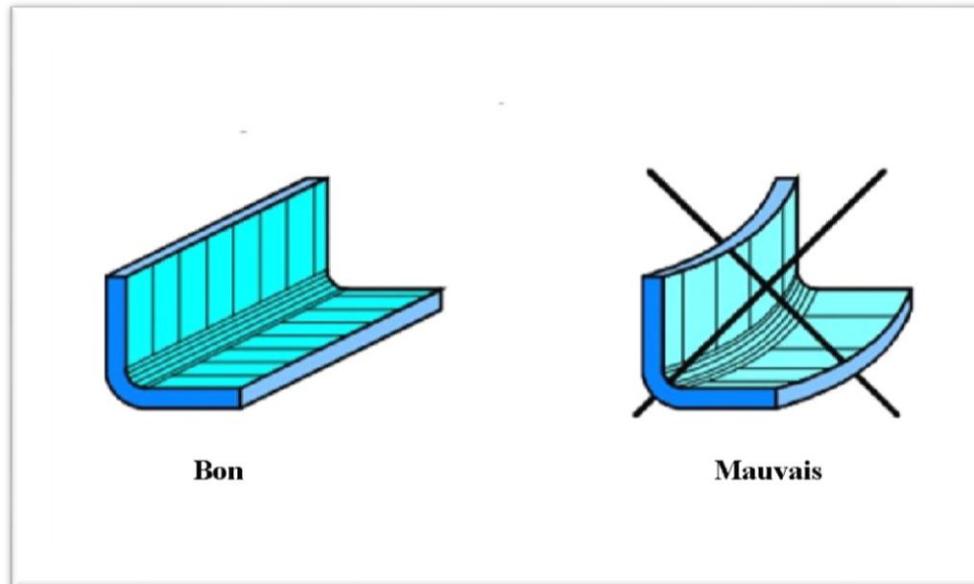


Figure II. 7 : la pli

Les différences de pli sont

- Les deux plans de la tôle qui forment un angle  $\alpha$  que l'on appelle angle dièdre.
- Les longueurs  $L_1$  et  $L_2$  qui portent le nom de parties droites.
- La zone arrondie qui porte le nom de carre.

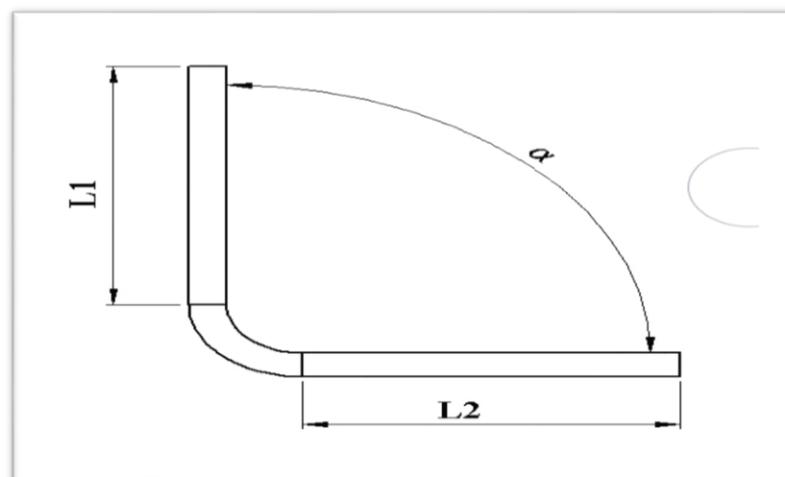


Figure II. 8 : différence partie de pliage

**II.5.1) Rayon minimum de pliage :**

Le rayon intérieur de pliage ne doit jamais être vif, car il constituerait une fatigue exagérée du métal et aurait un amincissement trop important qui pourrait amener une cassure.

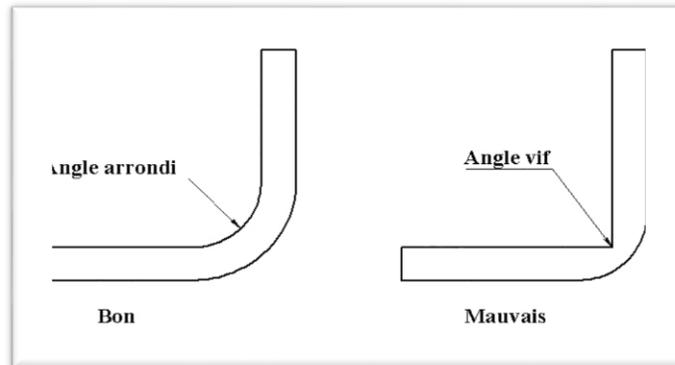


Figure II. 9 : rayon de pliage

Ce rayon dépend :

- 1) De la nature de métal (acier, aluminium, cuivre...).
- 2) De l'épaisseur à plier.
- 3) De l'état de malléabilité (recuit, trempe, écroui...).
- 4) De l'orientation des fibres linéaires (direction de laminage).

On adopte généralement, sur l'acier doux et aluminium, un rayon intérieur minimale égale à l'épaisseur de la tôle à plier.

Rayon minimum $R_i$	Pourcentage d'allongement $A\%$
E	$\geq 33 \%$
2 <sup>e</sup>	$\geq 20 \%$
3 <sup>e</sup>	$\geq 14 \%$
4 <sup>e</sup>	$\geq 12 \%$
5 <sup>e</sup>	$\geq 08 \%$

6 <sup>e</sup>	$\geq 07 \%$
----------------	--------------

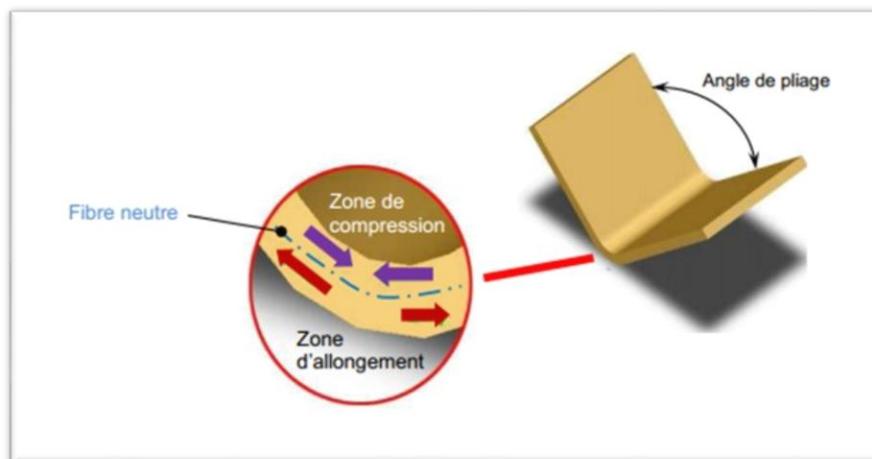
**Tableau II.1** : Choix de rayon minimum en fonction pourcentage d'allongement.

**Remarque :**

Lorsque, sur un dessin, le rayon intérieur n'est pas indiqué, on le prendra le plus petit possible en fonction de la matière.

### II.5.2) Caractéristique d'un pli :

Lors de pliage d'une tôle, il se produit une déformation plastique dans le pli. Cette déformation est de type allongement de la partie extérieur et compression de la partie.



**Figure II. 10** : déformation des fibres

Cette déformation doit assurer la non rupture des matériaux dans cette zone. Autant le rayon de pliage grand, autant la déformation plastique est minimale.



**Figure II. 11** : rupture lors de pliage

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

### **II.5.3) Détermination des paramètres :**

La détermination des paramètres s'effectue par lecteur d'abaques (tableau) et en fonction de l'épaisseur de tôle.

Cette lecture permet de définir les paramètres suivants :

- 5) Le  $Vé$  : largeur en millimétré du  $Vé$
- 6) Le bord mini ( $b$ ) : la valeur minimale de la côte intérieure du pli
- 7) Le rayon intérieur ( $R_i$ ) en mm
- 8) La force de pliage en Tonne : mètre de pli

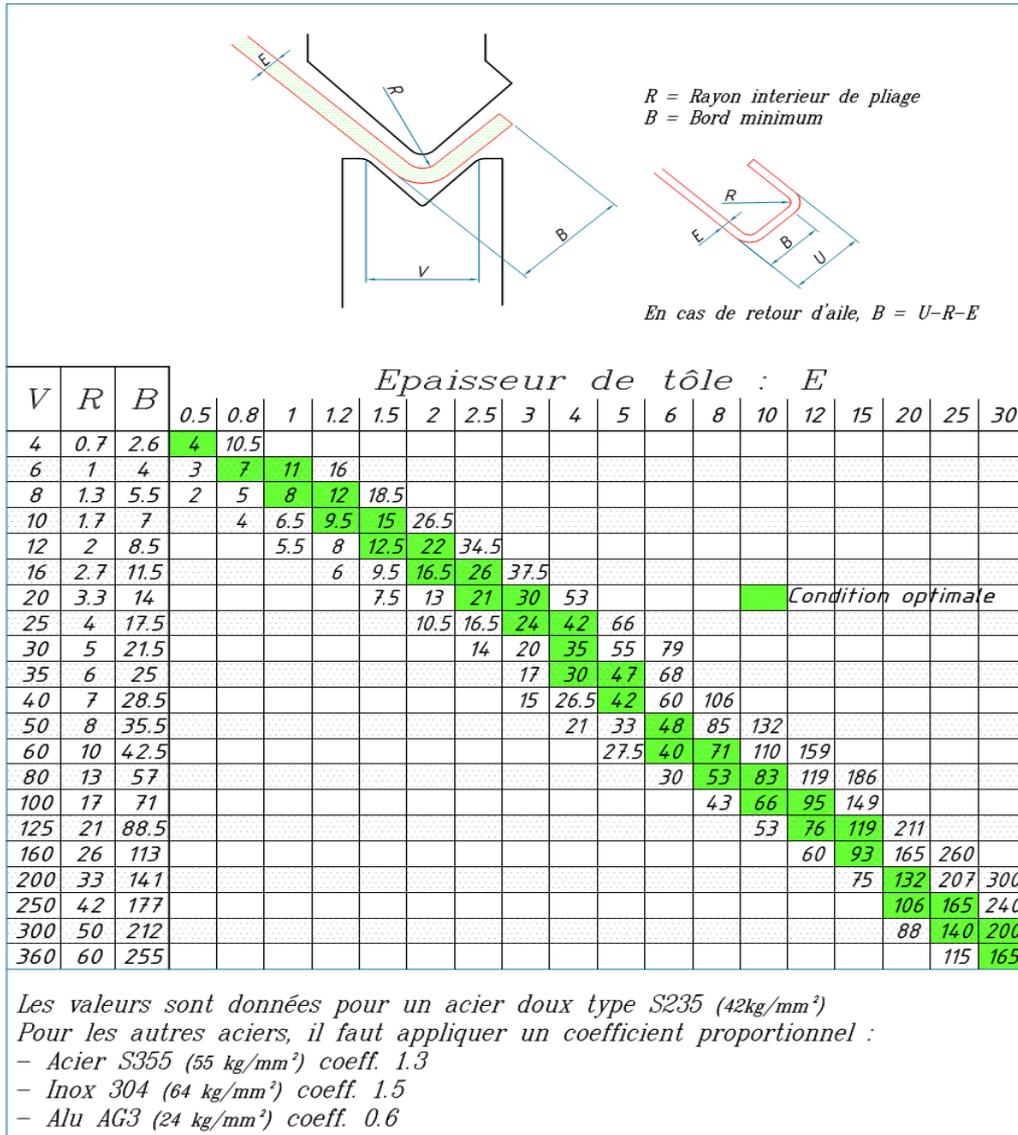
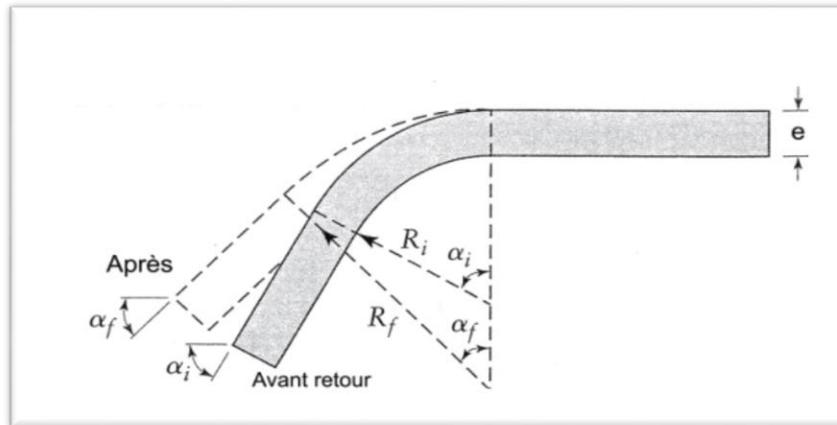


Tableau II.2 : abaque de pliage

II.6) Retour Elastique :

Le retour élastique est un changement géométrique qui survient à la fin du process de formage lorsque les efforts appliqués par l'outil, sur la pièce, sont relâchés. Une fois le formage de tôle terminé, les pièces pliées ou étirées subissent un retour élastique et cela affecte la précision dimensionnelle de la pièce finie. La forme finale d'une pièce est modifiée par le retour élastique, ce qui rend la production de la pièce difficile.



**Figure II. 12 :** Retour élastique.

Ce phénomène génère des problèmes pratiques pour la fabrication. Tout d'abord l'évaluation de la pièce après le retour élastique, puis, la conception des outils appropriés pour compenser ces effets. Avec le nouveau matériau, les problèmes augmentent. Les pièces pliées fabriquées avec ces matériaux subissent plus d'effets de retour élastique que les pièces pliées fabriquées avec un acier conventionnel. En ce qui concerne les défauts classiques du formage de tôle tels que les ruptures et les plis, la modélisation de la déformation du matériau est décisive. Si un retour élastique survient, ces modèles ne sont pas suffisants pour prédire la déviation géométrique de la pièce. Dans ce cas, les contraintes sont décisives et il devient crucial d'avoir une beaucoup plus grande précision de calcul.

### **II.7) conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté une étude théorique sur le pliage et les modes de pliage effectués sur presses, et aussi la présentation de l'outillage en particulier la matrice et les différents paramètres qui l'influent comme son rayon et le jeu entre le poinçon et la matrice, et enfin les différents calculs qui rentrent comme l'effort de pliage et le calcul de développement de la pièce pliée ainsi que la prévention du retour élastique.



# **Chapitre III :**

## **l'emboutissage**

III.1) Introduction :

Il existe trois voies principales de mise en forme selon l'état de départ du matériau métallique (l'émouillage, le façonnage et le frittage). La Figure 1 récapitule les principaux procédés de mise en forme des métaux utilisés actuellement. Parmi les techniques de formage sans enlèvement de matière des métaux en feuilles on trouve le procédé d'emboutissage. Il est l'un des procédés de mise en forme des tôles minces le plus ancien et le plus répandu dans le milieu industriel.

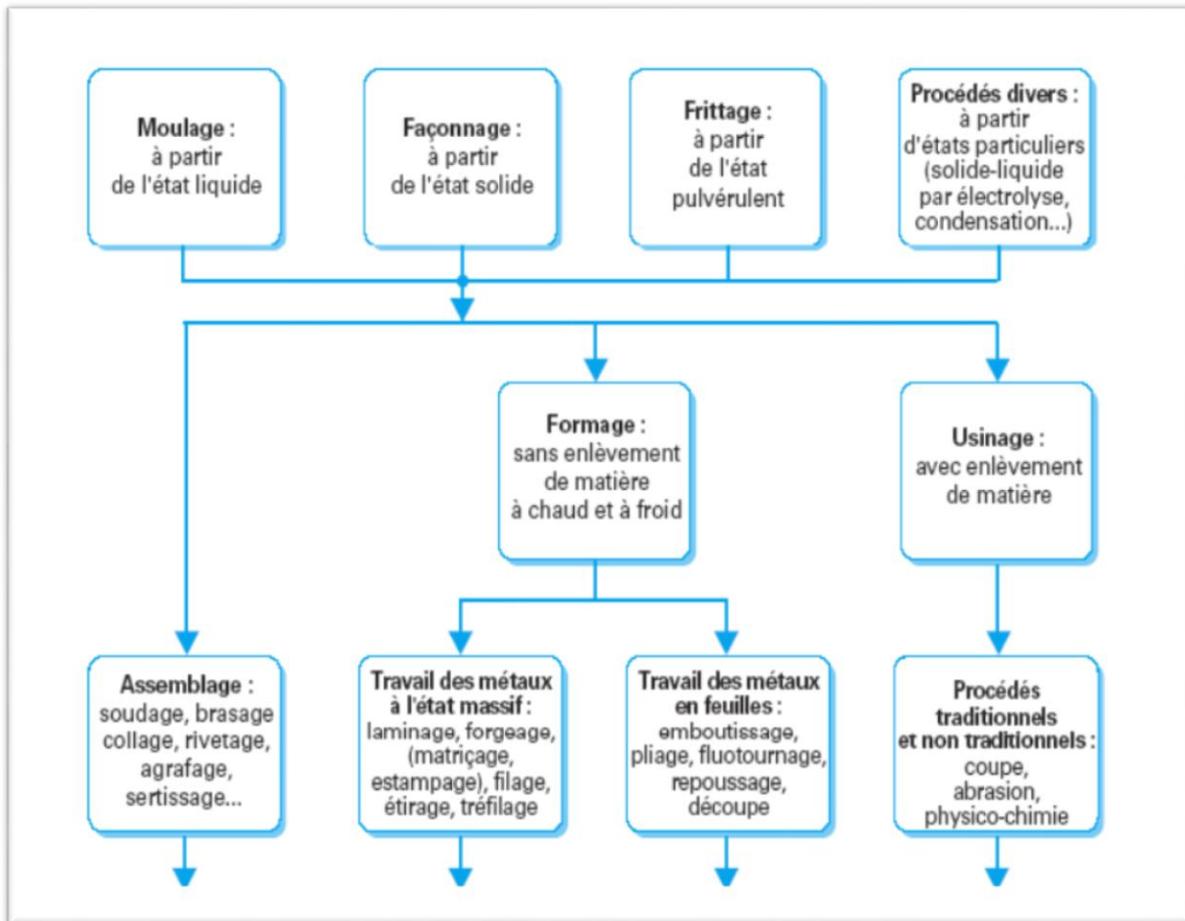
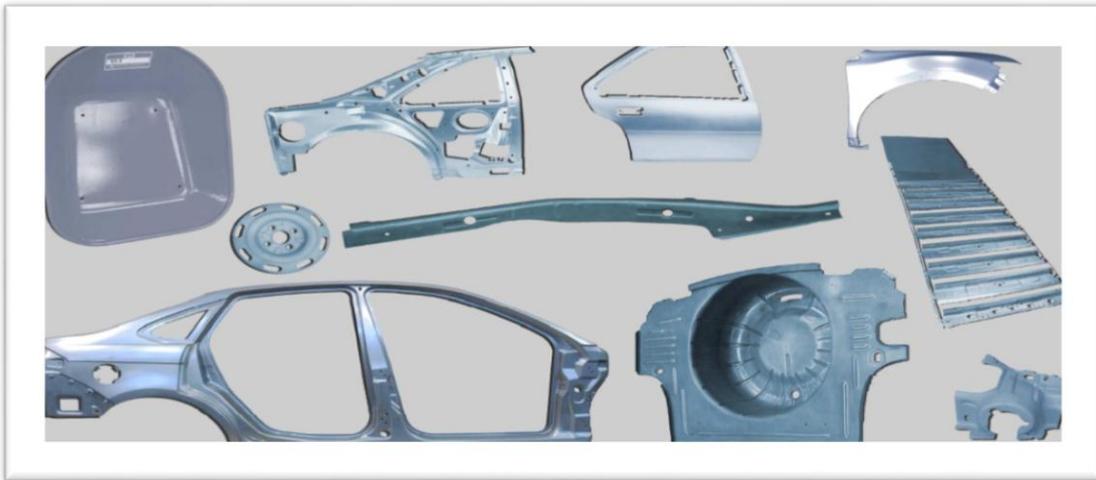


Figure III.1 : Principaux procédés de mise en forme des matériaux métalliques.

L'emboutissage consiste alors à fabriquer, à partir d'un flan plan de faible épaisseur, une pièce de forme complexe généralement non développable. Le flan étant plaqué, avec une certaine force contre la matrice, par le serre flan et mis en forme par avancée du poinçon à l'aide d'une presse.

Le procédé d'emboutissage est important dans les divers secteurs industriels : transport, carrosserie automobile (Figure 5), appareils électroménagers, emballages métalliques, etc. Un des intérêts principaux expliquant le succès de ce procédé réside dans la variété des composants réalisables et la cadence de production élevée. L'opération d'emboutissage peut se faire à froid

ou à chaud, par l'intermédiaire d'une presse ou d'une ligne des presses lorsque plusieurs opérations sont nécessaires (Figure III.2).



**Figure III.2 :** Emboutissage d'aile d'une voiture



**Figure III.3 :** Ligne de presses d'emboutissage.

D'après une étude du Service des Études et des Statistiques Industrielles en 2004 du Ministère de l'Économie des Finances et de l'Industrie de France, les entreprises travaillant dans le secteur découpage emboutissage, occupent la première place des fournisseurs de pièces et d'équipements automobile, avec 47% des investissements (Figure III.4) :

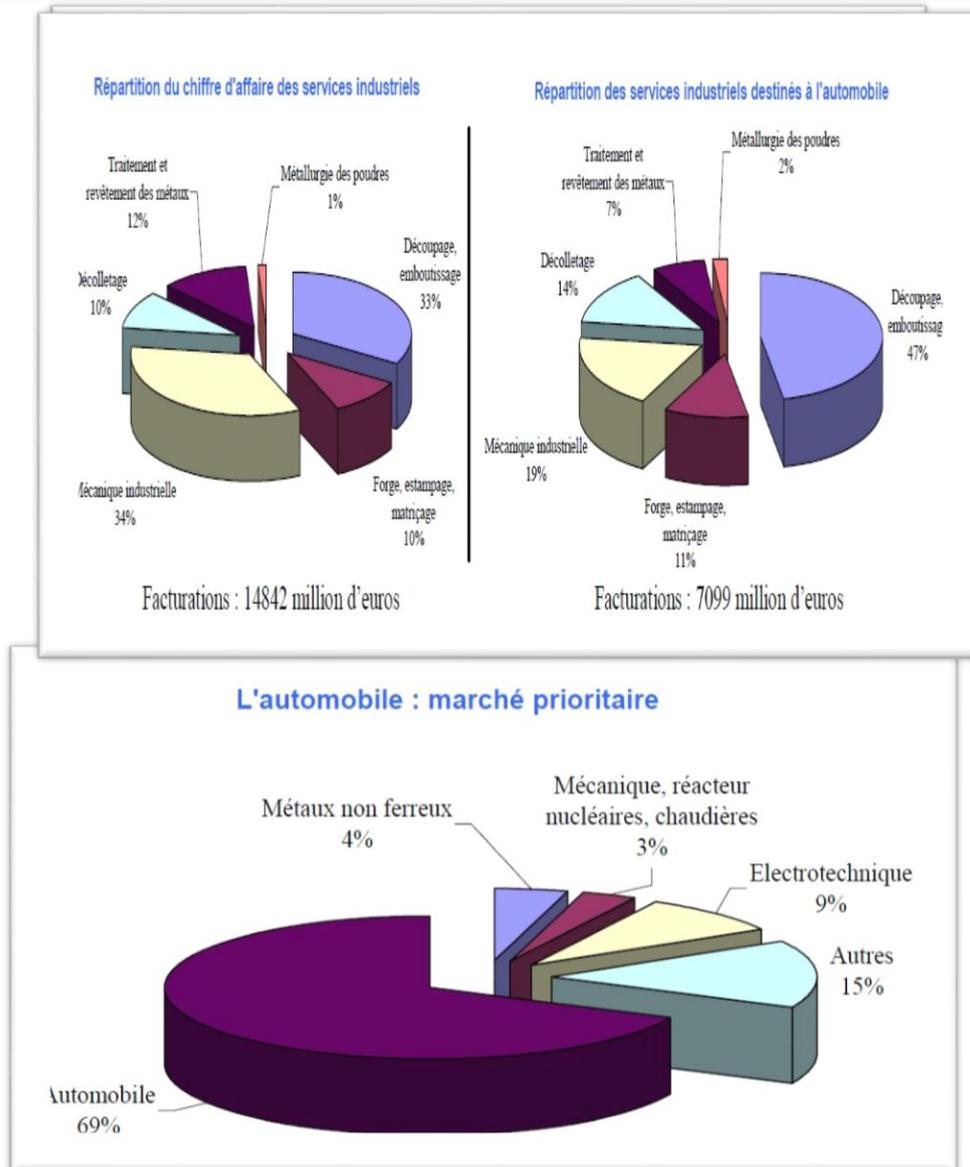


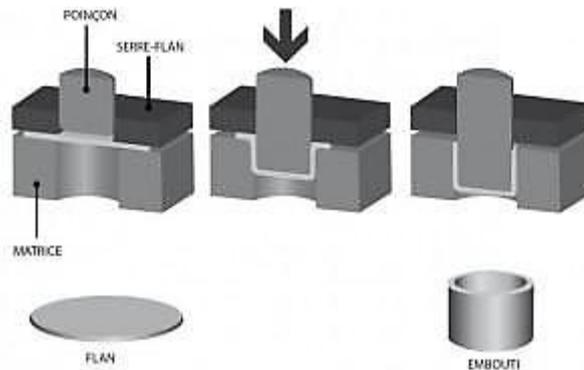
Figure III.4 : Le procédé d'emboutissage en chiffres

**III.2) Définition :**

L'emboutissage est un procédé de formage par déformation plastique à chaud ou à froid des métaux. Il transforme une feuille de métal appelée flan en une surface généralement non développable. Le cas particulier, plus simple, du pliage délivre des pièces développables. L'opération d'emboutissage est effectuée sur une presse au moyen d'un outillage dont la configuration la plus simple, appelée outil à simple effet comprend deux pièces principales : la matrice et le poinçon. L'une est bridée sur la table fixe, l'autre sur le coulisseau animé d'un mouvement rectiligne alternatif. L'outillage double effet comprend en plus un serre-flan qui assure le contrôle de l'écoulement du métal pour prévenir la formation de plis sur la pièce finie. L'emboutissage impose à la tôle diverse modes de déformation.

On distingue deux types d'emboutissage : l'emboutissage à froid et l'emboutissage à chaud :

**a) Emboutissage à froid :**



**Figure III.5 : Emboutissage à froid**

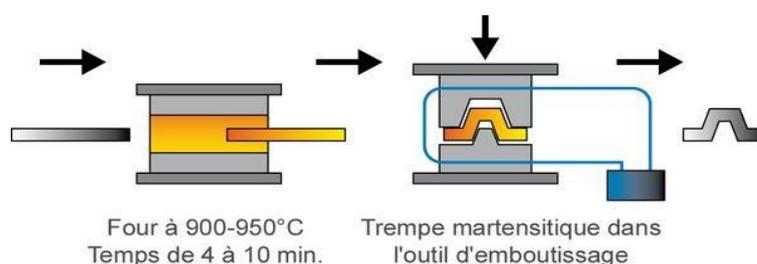
Cette technique consiste à former une pièce à température ambiante .elle est principalement utilisée sur un outillage avec serre flan mais peut aussi l’être sur un outillage sans serre flan dans le cas ou les emboutis sont peu profonds ou s’ils nécessitent peu d’effort de serrage.

Le serre-flan applique la tôle sur la matrice pendant toute la durée du travail du poinçon, l’opération terminée, la pièce est dégagée soit à l’aide de l’éjecteur, soit au travers de la matrice.

Emboutissage à froid est réalisé sur des presses mécaniques. L'emboutissage à froid est réservé aux matériaux d'épaisseur inférieure à 6mm (aluminium, aciers inoxydables, laiton, aciers doux (0.2% C Max)),

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

**b) Emboutissage à chaud :**



### Figure III.6 : Emboutissage à chaud

Principalement utilisé sur presse hydraulique simple ou double effet, le formage du flan (et de la matrice). le formage de fond de réservoir en acier est le plus important domaine d'application.

Cette technique facilite la déformation du matériau, permet l'emboutissage des pièces profondes par chauffage du flan (et de la matrice). Les cadences de production de l'emboutissage à chaud sont moins élevées que celles de l'emboutissage à froid du fait de l'inertie de chauffage.

De plus les pièces finies sont de moins qualité que ce soit au niveau de l'état de surface ou du dimensionnement.

### III.3) Principe d'emboutissage :

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

- **Étape 1** : Dans la première étape, le poinçon et le serre-flan sont relevés. La tôle (ou le flan), préalablement graissé(e), est posé(e) sur la matrice.

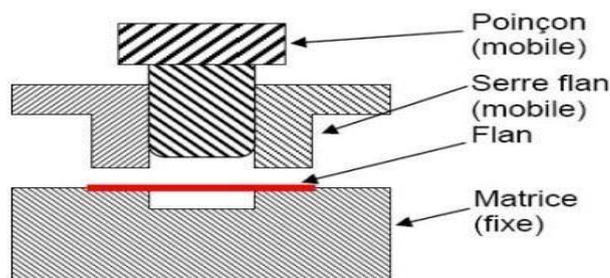
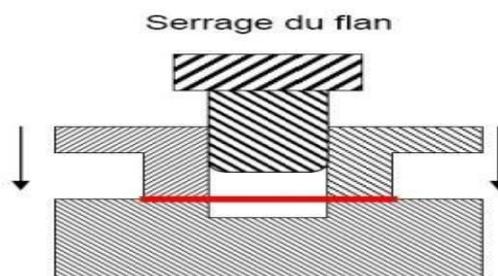


Figure III-7 : Étape n°1 : La préparation de l'emboutissage

- **Étape 2** : Le serre-flan descend et vient appliquer une pression de serrage afin de

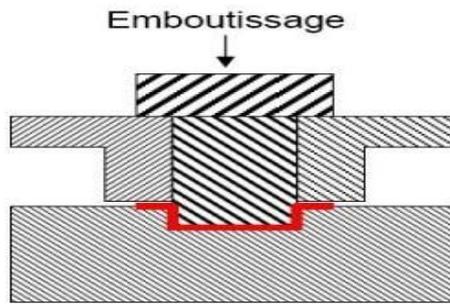


maintenir le flan tout en lui permettant de se déformer plastiquement.

Figure III-8 : Étape n°2 : Le serrage du flan

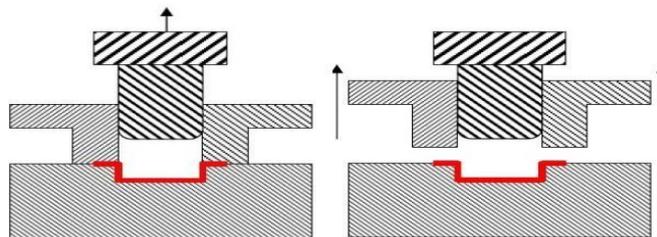
➤ **Étape 3 :** Dans la troisième étape, le poinçon descend et déforme plastiquement la

tôle.



**Figure III-9 :** Étape n°3 : L'emboutissage proprement

➤ **Étape 4 :** Le poinçon puis le serre-flan se relèvent : la pièce conserve la forme acquise (limite d'élasticité dépassée).



**Figure III-10 :** Étape n°4 : L'enlèvement du poinçon puis du serre-flan

➤ **Étape 5 :** La dernière étape est l'élimination par détourage des parties devenues inutiles (Essentiellement les parties saisies par le serre-flan).



**Figure III-11 :** Étape n°5 : Le détourage de la pièce emboutie

### III.4) Modes d'emboutissage :

L'emboutissage impose à la tôle différents modes de déformation dont le but est l'obtention d'une surface creuse. Le type d'outillage conditionne les deux cas limites de déformation :

a) **L'expansion** : c'est l'accroissement du diamètre d'un corps creux, par action sur sa paroi interne à l'aide d'un outil, d'un fluide ou d'un matériau élastique. Le schéma (Figure III.6.a) met en évidence un emboutissage par expansion sur le poinçon, le flan étant bloqué sous le serre-flan, l'épaisseur sous le poinçon diminue.

b) **Le rétreint** : c'est la réduction diamétrale de l'extrémité ouverte d'un corps creux. Le schéma (Figure III.6.b) montre un emboutissage profond avec rétreint du métal glissant sous le serre-flan, l'épaisseur entre serre flan et matrice peut augmenter.

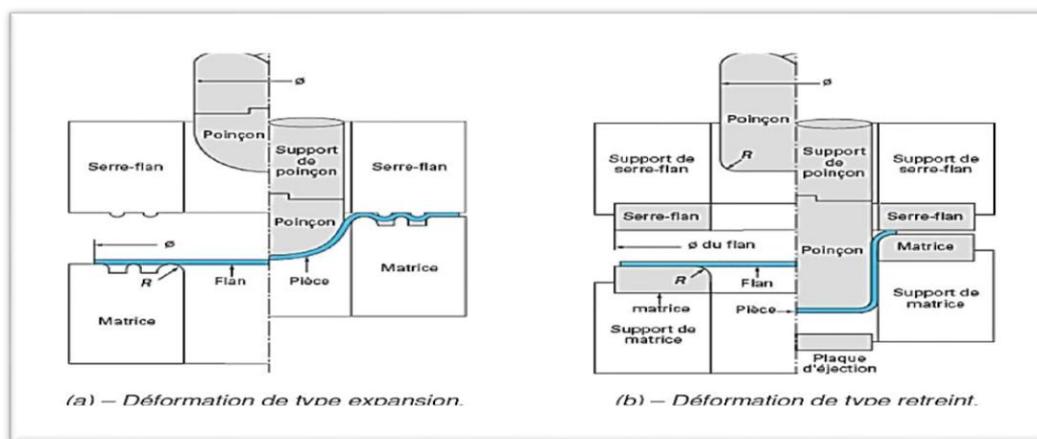


Figure III.12 : Modes d'emboutissage.

L'art de l'emboutissage consiste à réaliser le meilleur compromis entre ces deux modes de déformation et à optimiser ainsi l'écoulement du métal entre le poinçon, la matrice et le serre flan.

#### Remarque :

L'épaisseur de la pièce finie diffère de l'épaisseur du flan, l'épaisseur du fond de la pièce étant proche de celle du flan. Aux endroits de passage du fond à la paroi latérale on peut constater un amincissement de 10 à 25%, et près de la face d'about un épaissement de 15 à 25%.

### III.5) Procédé d'emboutissage :

Les cadence de production, souvent très intenses (voisines de 2200 pièces /jour, pour pièces de la cuisinière ENIEM) font du procédé d'emboutissage, une opération de mise en forme très attractive du point de vue des coûts de production. Pourtant la mise en point des outils d'emboutissage nécessite un savoir-faire que seuls, souvent pour l'instant, les emboutisseurs

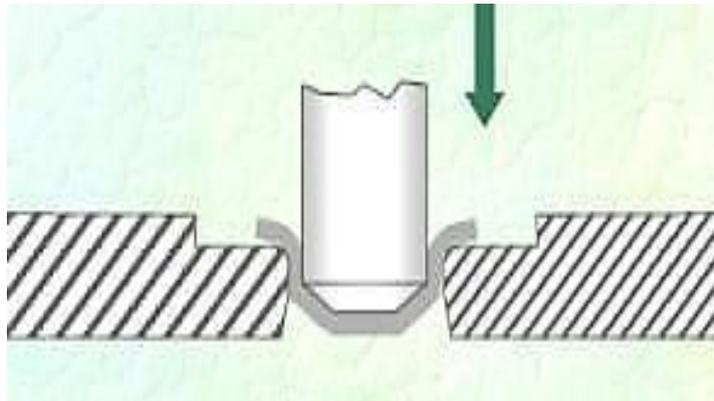
détiennent. En effet les principales difficultés rencontrées pour obtenir une forme finale correcte sont nombreuses :

- L'état de la surface des tôles doit être parfaitement lisse,
- Les zones de faibles épaisseurs doivent être contrôlées,
- Les plis et les ruptures (par striction) doivent être évités,
- Le retour élastique de la tôle après emboutissage doit être pris en compte.

Les interactions superficielles de la tôle avec les outils ont évidemment une influence sur la qualité de la pièce formée et la maîtrise de l'opération requiert une connaissance au moins qualitative de l'effet des paramètres sur leur intensité.

### **III.5.1) Emboutissage simple effet (sans serre flan) :**

Cette configuration est la plus simple. Elle est composée d'une matrice et d'un poinçon (équipé d'un coussin élastique situé sous la table de la presse). Pour cette technique, les emboutis réalisées sont peut profond et ne nécessitent pas d'important effort de serrage.

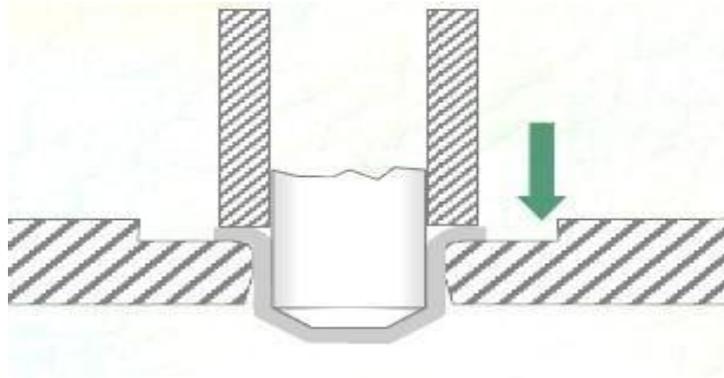


**Figure III.13 :** Emboutissage simple effet (sans serre flan)

### **III.5.2) Emboutissage double effet (avec serre flan):**

Par rapport à l'emboutissage simple effet, l'emboutissage double effet comprend en plus un serre-flan. Cette technique de formage est la plus répandue dans l'industrie.

Ici les emboutis sont très profonds et les efforts d'emboutissage sont importants. Un serrage très efficace d'emboutissage.



**Figure III.14 :** Emboutissage double effet (avec serre flan)

### III.5.3) Les familles de matériaux largement utilisés en l'emboutissage :

#### a) Les aciers :

Les techniques modernes de laminage permettent d'obtenir des tôles d'acier très minces, avec une surface propre et lisse, une structure homogène et une gamme de caractéristiques mécaniques adaptées aux exigences de l'emboutissage. Ainsi les vitesses d'emboutissage doivent être plus lentes que pour l'acier, le métal s'écroutissant plus rapidement. Ces tôles sont classées en trois catégories :

- Tôle de fabrication courante (TC).
- Tôle d'emboutissage (E).
- Tôle d'emboutissage spéciale (ES).

	Resistance a la rupture daN/mm <sup>2</sup>	Allongement (%)	Dureté Rockwell (HRC)
TC	42	24	65
E	38	30	57
EC	35	36	50

**Tableau III. 1 :** Caractéristiques des différentes catégories de tôles.

#### b) Les alliages non ferreux :

**1. Les laitons :** Les plus couramment utilisés sont ceux désignés sous le nom de 60/40 avec addition de plomb pour les utilisations en horlogerie et sans addition pour les pièces optique, de sidérurgie) et de 72/28 (pour l'emboutissage extra profond. Cette qualité (72% cuivre, 28% de zinc) est employée pour la fabrication de cartouches et de douilles évitant des opérations de recuit.

2. **L'aluminium et ses alliages:** ces alliages s'écrouissant à l'emboutissage, l'étirage le plus profond ne s'obtient qu'avec les qualités les plus douces. On peut toutefois obtenir des emboutis peu profonds avec des qualités plus dures.
3. **Le cuivre:** non allié à un autre élément, le cuivre rouge possède d'excellentes qualités d'emboutissage extra profond, souvent supérieures à celles du laiton ou de l'acier spécial.
4. **Le zinc :** il s'emboutit facilement mais, dans le cas d'emboutissage de forme complexe, il est nécessaire de le chauffer entre 100° et 150°C.
5. **Le nickel et ses alliages :** ils possèdent d'excellentes qualités d'emboutissage. Les plus couramment utilisées sont ceux contenant 60 à 65% de cuivre, 20 % de zinc, et 15 à 20 % de nickel .g
6. **Magnésium :** ne peut être embouti que dans certaines limites. Pour réaliser des pièces semblables à celles obtenues avec l'acier, il est indispensable de chauffer de 200° à 500°C en fonction de la qualité d'emboutis souhaités.
7. **Le titane :** ce métal se comporte comme le magnésium, les flans doivent être chauffés entre 200° et 350°C, selon s'il s'agit de titane pur ou d'un alliage. La matrice et le poinçon sont également chauffés pour éviter le choc thermique auquel le métal est sensible.

### **III.6) Formes des pièces embouties usuelles :**

D'une façon générale, les pièces embouties sont de forme simple telle que cylindrique, conique, sphérique ou prismatique. Cependant, ces formes simples sont déjà relativement difficiles à réaliser et ne sont généralement réalisables qu'avec un emboutissage par étapes, c'est à dire un emboutissage où la forme désirée n'est obtenue qu'après un certain nombre de phases successives.

#### **III.6.1) Forme cylindrique:**

La forme cylindrique est facilement réalisable avec de bonnes conditions opératoires. A partir de cette forme simple il est possible de réaliser des formes plus évoluées avec la méthode d'emboutissage dit renversé.

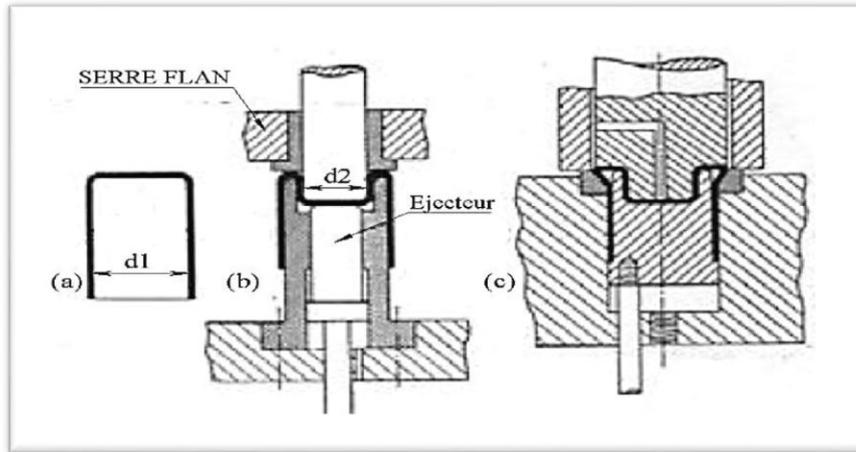


Figure III.15 : Emboutissage renversé.

**III.6.2) Forme demi sphérique :**

L'emboutissage d'une demie sphère est difficile en raison de la formation dépliés, mais il est possible en une seule passe si la matrice est munie d'un bourrelet.

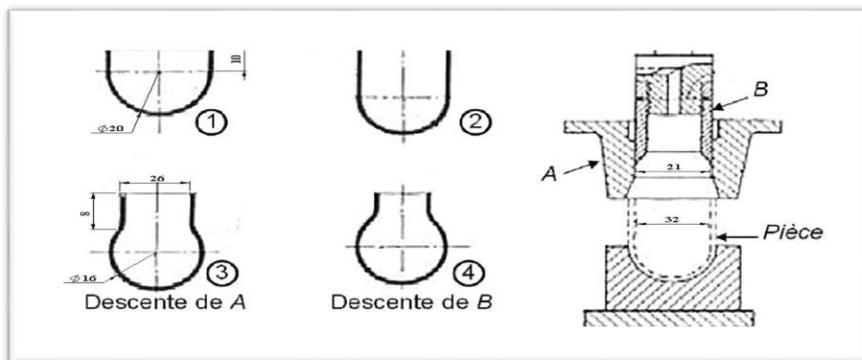


Figure III. 16 : Emboutissage de pièce demi sphérique.

**III.6.3) Forme rectangulaire :**

Dans les emboutis rectangulaires on peut considérer que seuls les rayons latéraux sont emboutis (quart d'embouti cylindrique), les flancs étant simplement cambrés.



Figure III.17 : Emboutis rectangulaires.

**III.6.4) Les avantages et les inconvénients de l'emboutissage :****Les avantages de l'emboutissage :**

- Pièces minces de formes géométriques complexes.
- Bon état de surface.
- Très bonne qualité esthétique et travaux de finition de polissage moins lourds et moins coûteux.
- Bas prix de revient et cadences de production très élevées.

**Les inconvénients de l'emboutissage :**

- Les zones d'étirement subissent un amincissement important et les zones de retrait subissent une combinaison d'effets d'épaississement et de plissement.
- Les phénomènes du retour élastique (après que le poinçon se retire) conduisent à un retrait de la matière. Il est alors nécessaire de recourir à certaines techniques pour corriger ces phénomènes de retour élastique : frappe du rayon, étirage et maintien prolongé du poinçon ou modification de la forme du poinçon.
- Le rayon d'entrée de la matrice doit être très arrondi et poli pour éviter toute déchirure du métal.
- Temps de préparation important.
- Mise au point des outils (poinçon, matrice) très coûteuse et nécessite un savoir-faire de l'entreprise.

**III.7) Les aspects opératoires :**

Lors de l'emboutissage d'une pièce, que ce soit en laboratoire ou en industrie, plusieurs paramètres permettent d'aboutir à un embouti de bonne qualité :

- Le jeu entre le poinçon et la matrice :
- Le rayon sur la matrice.
- Le rayon sur le poinçon.
- La vitesse d'emboutissage.
- La pression du serre-flan.
- L'effort d'emboutissage.

**III.7.1) Le jeu entre le poinçon et la matrice :**

Lorsque le jeu entre le poinçon et la matrice est théoriquement égal à l'épaisseur de la tôle, il se produit une augmentation de l'épaisseur de la paroi. L'augmentation de ce jeu a une influence favorable sous l'effet du poinçon, mais entraîne certains inconvénients tels que [6] :

- La détérioration du profil de la paroi.
- Déviation du poinçon entraînant la formation de languettes sur le bord de l'embouti.
- Apparition de plis sur la paroi de l'embouti.

Inversement, si l'épaisseur du flan est plus grande que le jeu qui existant entre le poinçon et la matrice, il se produit un écrasement et un amincissement indésirables de la paroi. Le calcul de jeu est basé sur la formule suivante :

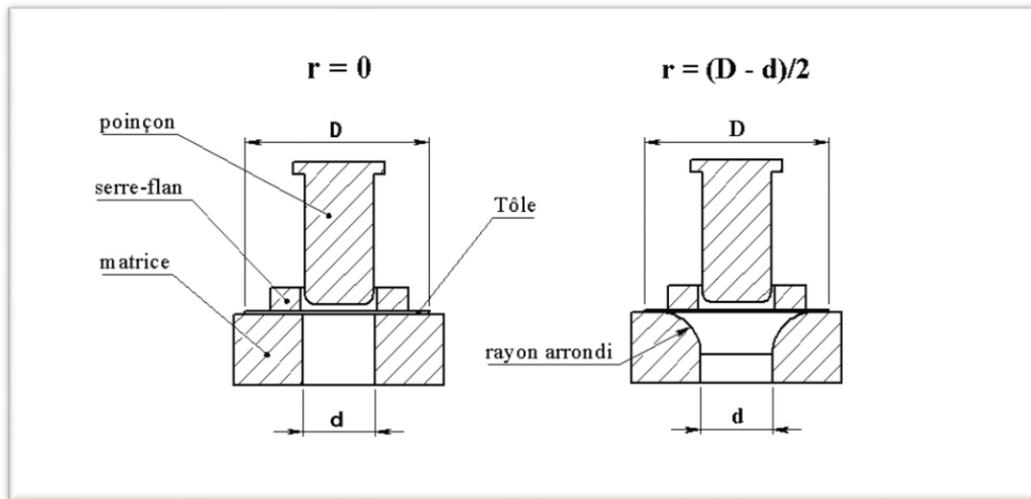
$$j = e_M + \Delta e_0$$

- $e_M$  : épaisseur maximale de la tôle.
- $e_0$  : épaississement engendré par le retreint.
- Pour l'acier :  $J = e_M + 0,07 \cdot (10 \cdot e_M)^{1/2}$
- Pour l'aluminium :  $J = e_M + 0,02 \cdot (10 \cdot e_M)^{1/2}$
- Pour métaux non ferreux :  $J = e_M + 0,04 \cdot (10 \cdot e_M)^{1/2}$

**III.7.2) Le rayon sur la matrice (r) :**

Ce paramètre a une très grande importance autant pour la qualité de l'embouti que pour la répartition des forces. En effet, on comprend parfaitement que dans les deux cas extrêmes ci-dessous, l'emboutissage n'est pas fiable :

- Pour  $r = 0$  on a un déchirement du flan
- Pour  $r = \frac{D-d}{2}$  on a la formation de plis



**Figure III.18 :** Variation de l'arrondi sur la matrice

Afin de déterminer le rayon efficace, on utilise la relation concernant la première passe :

- Pour l'acier :  $r = 0.8 [(D - d_1) e]^{1/2}$
- Pour l'aluminium :  $r = 0.8 [(D - d_1) e]^{1/2}$
- Pour les passes suivantes on a :  $r_n = \frac{D_{n-1} - d_n}{2}$
- $r$  : rayon de la matrice
- $D$  : diamètre du flan (mm)
- $d_1$  : diamètre de l'embouti (mm)
- $e$  : épaisseur du flan (mm).

### III.7.3) Rayon du poinçon ( $R_{\text{poinçon}}$ ) :

Le rayon du poinçon ne doit pas être trop faible pour éviter le décalage du fond de la pièce (amincissement local de la tôle traduisant une déformation locale en expansion) ni trop important pour éviter les risques de plis ; en principe il ne doit pas être inférieur au rayon de la matrice.

Dans le cas où la pièce exigerait un faible rayon, il faut prévoir une opération supplémentaire de conformation.

La partie de la tôle qui se trouve en contact avec le rayon trop faible de poinçon subit une diminution d'épaisseur, après emboutissage, le rayon de poinçon est limité entre  $5e$  et  $10e$  [6].

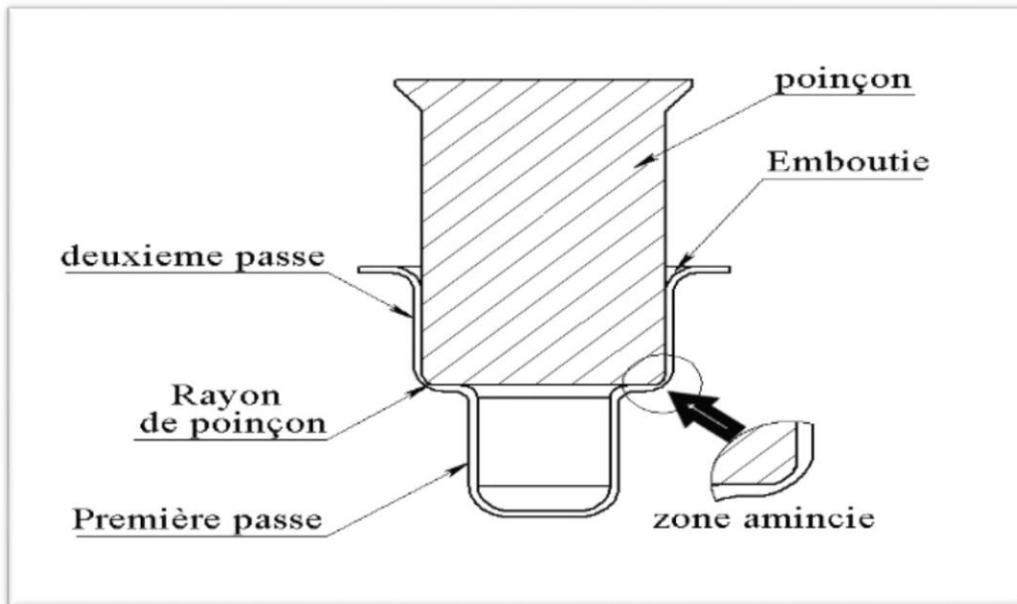


Figure III.19 : Le rayon sur le poinçon

#### III.7.4) La vitesse d'emboutissage :

Elle se définit comme la vitesse du poinçon au moment de l'attaque de la tôle. Une vitesse trop faible, tend à générer un écrouissage trop important sur le métal, le rendant moins malléable. Une grande vitesse tend à empêcher la propagation de la force du poinçon jusqu'au niveau du flan [5].

Cette altération pouvant alors se traduire par une rupture du flan, il existe une vitesse optimale pour chaque métal :

Matériau	Vitesses (mm/s)
Acier	200
Zinc	200
Les aciers doux	280
Aluminium	500
Laiton	750

Tableau III.2 : vitesses d'emboutissage pour différent matériaux

#### III.7.5) La pression du serre-flan :

D'une manière générale, la surface du serre flan doit être développable. Le serre flan de première passe d'un outil d'emboutissage profond est plan et les pressions à appliquer pour éviter la formation de plis ne peuvent être déterminées avec précision qu'expérimentalement [5].

L'emboutissage des pièces peu profondes (expansion) et des pièces à grandes parois peu déformées entraîne la formation des plis ou une mauvaise conformation (ventre des parois droites). Le serre flan comporte alors des joncs qui empêche ou diminuent le glissement de la tôle sous serre flan. Pour contrôler l'écoulement du métal dans la matrice plusieurs joncs peuvent être disposés les uns à la suite des autres.

Le rôle du serre-flan consiste à empêcher la formation de plis sur le rebord du flan en exerçant une pression appropriée. La présence du serre-flan ne s'impose que si :

$$d < 0,95D \text{ ou } e < 0,2(D - d).$$

Dans la pratique, il faut que le serre-flan soit bien trempé et rectifié. La pression est réglée à l'aide de clés dynamométriques, de ressorts ou de sillent bloc, en fonction de l'aspect de l'embouti :

- Si la paroi est sans plis et d'aspect brillant, la pression est adaptée.
- Si la paroi est bonne, mais que les bords supportent des marques de dentures, c'est que la pression est trop faible.
- S'il se produit un déchirement lors de la descente du poinçon, c'est que la pression est trop importante

Ainsi, pour un embouti cylindrique de diamètre **d** et de flan de diamètre **D**, l'effort du serre flan pour différents matériaux est déterminée par la formule simplifiée suivante :

$$F_s = p (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} (\text{daN})(\text{III.2})$$

Avec : p est la pression spécifique déterminée d'après le tableau :

Matière (flan)	P (daN/cm <sup>2</sup> )
Acier doux	25
Acier inoxydable	20
Aluminium	12
Laiton	20
Duralumin	16

**Tableau III.3** : pression spécifique

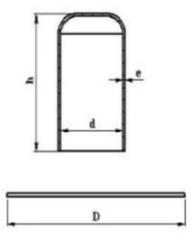
III.7.6) L'effort d'emboutissage :

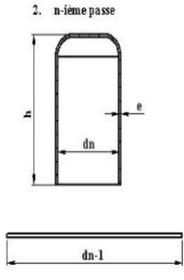
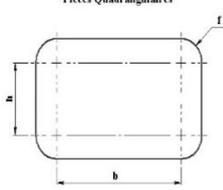
L'effort nécessaire pour emboutir des pièces cylindriques dépend tout d'abord des diamètres de l'embouti et du flan primitif, de l'épaisseur et du type de matériau. Il dépend également de la pression de serre-flan, de la vitesse d'emboutissage, de rayon de la matrice, du jeu entre poinçon et matrice et de la lubrification [6] :

Emboutissage cylindrique			Emboutissage rectangulaire			
$F_e = \pi . d . e . R_m . K$			$F_e = e . R_p . (2 . K_A . \pi r + K_B . L)$			
<b>F<sub>e</sub></b> : effort d'emboutissage (daN) <b>d</b> : diamètre de poinçon (mm) <b>D</b> : : diamètre de flan (mm) <b>e</b> : épaisseur (mm) <b>R<sub>p</sub></b> : résistance pratique à la traction (daN/mm <sup>2</sup> )			<b>F<sub>e</sub></b> : effort d'emboutissage (daN) <b>e</b> : épaisseur (mm) <b>R<sub>p</sub></b> : résistance pratique à la traction (daN/mm <sup>2</sup> ) <b>r</b> : rayon de la matrice <b>L</b> = 2(a + b)			
d / D	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8
K	1	0.86	0.72	0.6	0.5	0.4
K <sub>A</sub>	0.5 pour emboutie peu profond et 2 pour emboutis h = (5 à 6r)					
K <sub>B</sub>	0.2 jeu important et pas de serre flan ; 0.3 écoulement facile et faible ; 1 fortes pressions de serre flan.					

Tableau III.4 : Formule d'emboutissage.

On pratique pour les pièces cylindriques, l'effort est déterminé d'après :

Opération	Effort (N)	Energie (J)	Observation						
Pièces cylindrique 1. Première passe 	$F_e = K . \pi . d . e . R_p$ Cet effort s'applique au 1/3 de la hauteur de l'emboutie à partir du fond <b>R<sub>p</sub></b> : Résistance pratique à la traction de la tôle.	$W_E = \frac{K_1 h F_e}{1000}$	d/	0.5	0.6	0.65	0.7	0.7	0.8
			D	5	6	6	7	7	8
			k	1	0.8	0.72	0.6	0.5	0.4
			K <sub>1</sub>	0.8	0.7	0.74	0.7	0.6	0.64
			NB : si k et K <sub>1</sub> ne se trouvent pas dans se tableau, on les détermine par la méthode d'interpolation linéaire.						

	$F_{E,n} = 0.5 F_{E,n-1} + Q d_n \pi e R_p$ <p><math>R_p</math> : Résistance pratique à la traction de la tôle.</p>		<table border="1" data-bbox="885 212 1409 369"> <tr> <td><math>\frac{d_n}{d_{n-1}}</math></td> <td>0.7</td> <td>0.75</td> <td>0.8</td> <td>0.85</td> </tr> <tr> <td>Q</td> <td>0.8</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> <td>0.35</td> </tr> </table>	$\frac{d_n}{d_{n-1}}$	0.7	0.75	0.8	0.85	Q	0.8	0.6	0.5	0.35
$\frac{d_n}{d_{n-1}}$	0.7	0.75	0.8	0.85									
Q	0.8	0.6	0.5	0.35									
<p>Pièces ovales ou quadrangulaires à grands rayon de coins</p>	$F_E = K \cdot P \cdot e \cdot R_p$ <p>P : périmètre  <math>R_p</math> : Résistance pratique à la traction de la tôle.</p>		$K = 1.13 \sqrt{\frac{\delta}{S}}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\delta</math> : section du poinçon.</li> <li>• S : section de flan.</li> </ul>										
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• h : hauteur</li> <li>• <math>L = 2(a + b)</math></li> </ul>	$F_e = e \cdot R_p (2 \cdot K_A \cdot \pi \cdot r + K_B L)$ <p>L'effort max s'applique au 1/3 de la hauteur de l'emboutis</p>	$W_E = \frac{0.7 h F_E}{1000}$	<p><math>K_A</math> : 0.5 pour emboutie peu profond et 2 pour emboutis h = (5 à 6r)  <math>K_B</math> : 0.2 jeu important et pas de serre flan ; 0.3 écoulement facile et faible ; 1 fortes pressions de serre flan.</p>										
<p>Pieces quelconque</p>	$F_E = P \cdot e \cdot R_p$ <p>P : périmètre  <math>R_p</math> : Résistance pratique à la traction de la tôle.</p>	$W_E = \frac{h F_E}{1000}$											

III.7.7) Aspects métallurgiques d'emboutissage (directions de laminage) :

L'anisotropie de déformation plastique des tôles tient un rôle prépondérant dans la caractérisation d'une tôle. L'étendue de ce critère a été mis en évidence grâce à l'analyse de la déformation du flan sur le serre flan (rétreint) dans les parois d'une coupelle ou aux pôles d'embouti (expansion). Du fait de l'orientation préférentielle des cristaux, la tôle ne possède pas les mêmes propriétés mécaniques suivant la direction considérée. Il en résulte aussi une perte de l'équilibre des déformations entre la largeur et l'épaisseur lors d'un essai de traction uni axiale ; sur ce point qui a basé le second critère d'emboutissabilité, qui est une proportionnalité entre la déformation rationnelle dans le sens de la largeur  $\epsilon_2$  et celle dans le sens de l'épaisseur  $\epsilon_3$ , définie par le coefficient d'anisotropie [6] :

$$r_a = \frac{\ln(b/b_0)}{\ln(h/h_0)} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_3} \quad \text{(III. 3)}$$

Il représente, en fait, la façon dont l'alliage se comporte entre le rétrécissement et l'amincissement.

- $r_a < 1$  : le métal aura tendance à s'amincir plutôt qu'à se rétrécir.
- $r_a > 1$  : le métal aura plutôt tendance à se rétrécir qu'à s'amincir.

Le coefficient d'anisotropie  $r$  dépend de la direction de la déformation. Ainsi, pour caractériser l'anisotropie d'un matériau, il est nécessaire de la mesurer à  $45^\circ$ , à  $90^\circ$  et dans le sens de laminage (direction  $0^\circ$ ).

### **III.7.8) détermination des diamètres du flan et nombre de passes :**

La détermination du diamètre du flan d'un emboutie peut être réalisée par plusieurs méthodes, des hypothèses doivent être pris en considération [6]. :

- Les calculs s'effectuent en considérant la fibre moyenne.
- L'épaisseur supposée constante
- Le flan et l'embouti auront même surface, plus de 2 à 3 mm seront ajoutés pour le détournage

#### **a) Méthode analytique :**

On répartit la pièce en éléments avec la concordance d'éléments du tableau III.5, en leur attribuant aussi de formules pour calculer leurs surfaces, ainsi la surface totale du flan correspond à la somme des surfaces partielles [6].

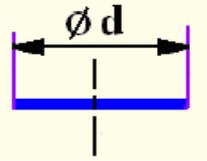
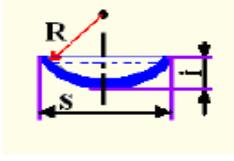
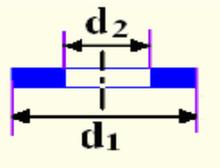
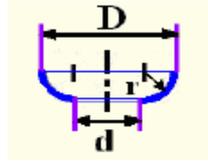
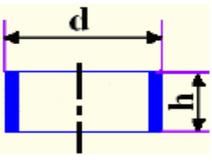
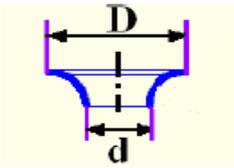
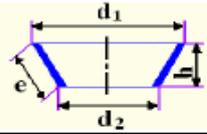
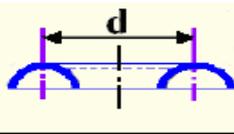
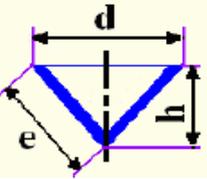
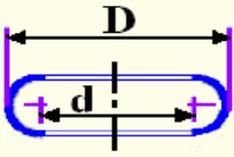
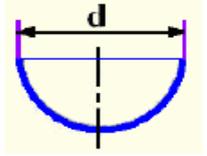
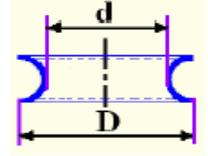
Elément		$\frac{4}{\pi} S$	Elément		$\frac{4}{\pi} S$
1		$d^2$	8		$4d.i$ ou $8R.i$ ou $(S^2 + 4i^2)$
2		$d_1^2 - d_2^2$	9		$2\pi.r.(d + 1,3r)$ ou $2\pi.r.(D - 0,7r)$
3		$4d.h$	10		$2\pi.r.(d + 0,7r)$ ou $2\pi.r.(D - 1,3r)$
4		$2.e.(d_1 + d_2)$ ou $2.(d_1 + d_2).\sqrt{h^2 + \frac{(d_1 - d_2)^2}{4}}$	11		$4\pi.r.d$
5		$2d.e$ ou $2.d.\sqrt{\frac{d^2}{4} + h^2}$	12		$4\pi.r.(d + 0,58r)$ ou $4\pi.r.(D - 1,42r)$
6		$2d^2$	13		$4\pi.r.(d + 0,58r)$ ou $4\pi.r.(D - 1,42r)$
7		$4d.h$			

Tableau III.5 : calcul des surfaces élémentaires

Le diamètre du flan est alors donné par :

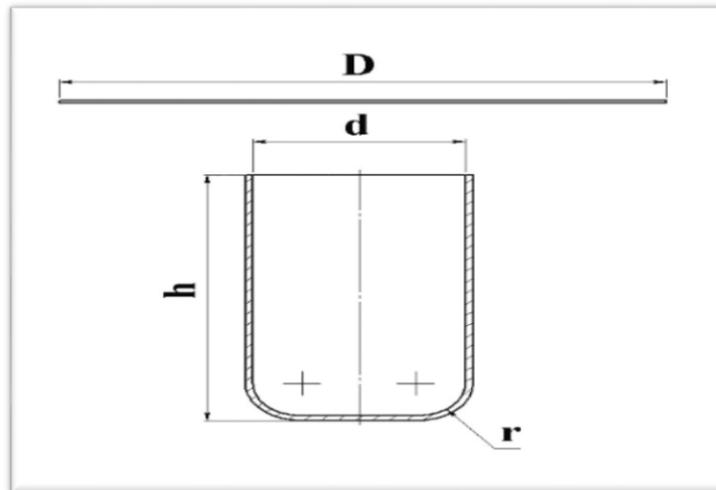
$$D = \sqrt{\frac{\pi}{4} S} \text{ (III. 4)}$$

- S est la surface du flan.

**b) Méthode graphique :**

D'après le théorème de **GULDIN** c'est la surface engendrée par une ligne plane tournant autour d'un axe situé dans son plan et ne le traversant pas, est égale au produit de la longueur développée de cette ligne par la circonférence décrite par son centre de gravité. Sur le cas d'un d'emboutissage cylindrique à fond plat on distingue deux cas[6] :

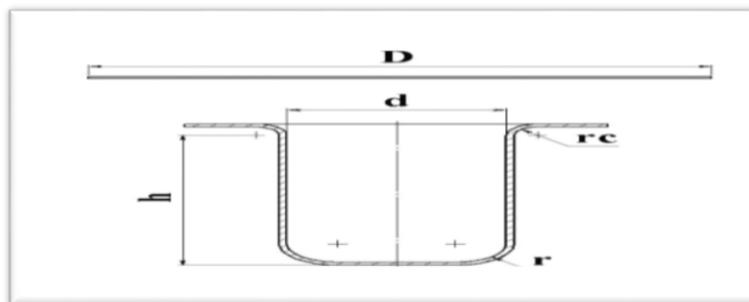
- **Sans collerette** : le diamètre **D** du flan se calcule comme suit :



**Figure III.20** : sans collerette

$$D = \sqrt{d^2 + 4dh} \text{ (III. 5)}$$

- **Avec collerette** : Le diamètre **D** du flan se calcule comme suit :



**Figure III.21** : avec collerette

$$D = \sqrt{d^2 + 4d(h + 0.57r + 0.57rc - 0.52(r^2 - rc^2))} \quad (\text{III. 6})$$

Le rayon de raccordement de la paroi et du fond  $r$  est négligeable si :

$$r < \frac{d}{10} \quad (\text{III. 7})$$

### III.7.9) Nombre de passes[6] :

- **1<sup>er</sup> passe** : Le diamètre  $d_1$  de la première passe est égal au produit du coefficient  $m_1$  par le diamètre du flan.
- **Passe suivantes** : Le diamètre de la deuxième passe  $d_2$  est égal au produit coefficient  $m_2$  par le diamètre de la première passe  $d_1$ :

$$d_2 = m_2 \cdot d_1$$

- Et ainsi de suite jusqu'au diamètre à obtenir

$$d_3 = m_2 \cdot d_2 ; d_4 = m_2 \cdot d_3 ; \dots ; d_n = m_2 \cdot d_{n-1}$$

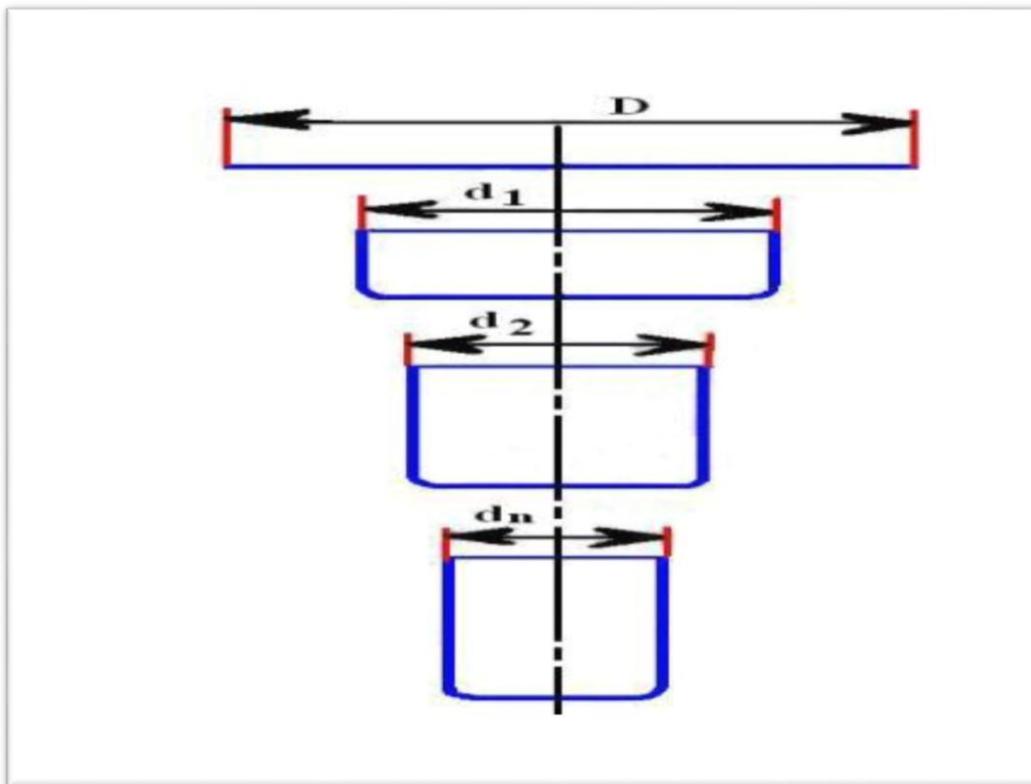


Figure III.22 : Nombre de passes

- Avec  $m_1$  et  $m_2$  sont des coefficients de réduction qui varient en fonction de métaux et du taux d'écroutissage admissible pour chaque métal :

MATIERE	$m_1$	$m_2$
<b>Tôle d'emboutissage</b>		
Ordinaire	0,6	0,8
Spéciale	0,55	0,75
<b>Tôle acier inoxydable</b>		
Austénitique	0,51	0,8
Ferritique	0,57	0,8
<b>Tôle autre matériaux</b>		
Cuivre	0,58	0,85
Laiton	0,53	0,75
Aluminium recuit	0,50	0,80
Duralumin recuit	0,55	0,9

**Tableau III.6 :** quelques valeurs des coefficients de réduction pour différents types de métaux

### III.8) Conclusion :

Dans ce chapitre, après avoir défini le procédé d'emboutissage et montré l'importance de ce procédé parmi les autres procédés de mise en forme, nous avons mis en clair tout ce qui concerne le procédé d'emboutissage industriel. En premier lieu, une description des modes du procédé, des matériaux emboutis, du comportement du matériau lors de l'opération d'emboutissage et des différentes formes des pièces embouties, a été faite

**Chapitre IV :**  
**Etude Et Conception**  
**De L'outil**  
**D'emboutissage**

### IV.1) Introduction

Dans le secteur l'industrie de l'électroménager, il existe une grande diversité de presses utilisées pour l'obtention des pièces de diverses formes, qui répondent au besoin des fabricant. Par conséquent, le concepteur d'outil utilisé dans les presse, est contraint à bien dimensionner son outil en fonction de la presse à utiliser .Son objectif est de réaliser des pièces ayant un minimum de chutes .Pour cela, il doit prendre en compte dans son étude tous le paramètre nécessaires, pour produire dans les meilleurs délais, et à moindre cout de la pièce.

### IV.2 Cahier de charges

Dans ce travail , la pièce à réaliser est l'assiette support à griller du four extra plat. Dont ces caractéristiques sont présentées au dessin de définition de la pièce (voir Planche N° 1). Le cahier descharges fourni par l'entreprise E.N.I.E.M est présenté ci-après.

- **Désignation de la tôle :**
- La tôle laminée à froid en acier doux émaillage conventionnel

**La tôle doit être conforme à la norme NF EN 10209 DCEK.m**

- **Dimension**

N° de code	Epaisseur (mm)	Largeur (mm)
100311A	0.6	610

**Tableau IV .1 Dimension de la tôle**

- **Caractéristique :**
- a- **Les Caractéristique mécaniques du matériau**

Re(N/mm <sup>2</sup> )	Rm (mm)	A <sub>80</sub> %min
140-240	270-350	34

**Tableau IV .2 Les Caractéristique mécaniques du matériau**

- b- **Composition chimique du matériau**

C	Mn	P	S
0.08	0.5	0.03	0.05

**Tableau IV .3 Composition chimique du matériau**

- **Aptitude et surface**

Aspect de surface bon et de finition moyenne

- **Revêtement de surface revêtement de surface**

Les pièces des tôles (01à 15mm) après transformation recevront une couche de masse et une couche de couverture, et quelque pièces seront zinguées, les pièces des tôles (16à22mm)seront en blanc.

- **Livraison**

Les produits devront être fournis huiles sur les deux surfaces avec une couche d'huile neutre non siccative normales d'emballage, de transport, de manipulation et de stockage, les produits ne présentent pas de corrosion dans un délai de 06 mois.

- **Mode de livraison**

La tôle doit être livrée en bobine

- Poids de bobine mère : <10T
- Diamètre intérieure : 490à530mm
- Diamètre extérieure : 1400mm

### IV.3. Le But :

L'assiette à griller étant actuellement achetée, l'entreprise prévoit de l'intégrer selon ses moyens .Le travail consiste en l'étude et conception d'un outil d'emboutissage qui réalisera cette assiette support griller d'une plaque du four extra plat .



Figure IV.1- Le support grille

### IV.4 Processus de fabrication

Le processus de fabrication est comme suit :

- **1<sup>er</sup> Etape** : Elle consiste à découper des bandes à partir de tôle fournie au format.
- **2<sup>ème</sup> Etape** : Poser le flan sur la presse pour faire la phase d'emboutissage.
- **3<sup>ème</sup> Etape** : Exécuter l'opération d'emboutissage.

## IV.5 Calculs des Effort d'emboutissage $F_e$

Donc l'effort total  $F_e$  se calcul comme suit :

$$F_e = d \times e \times \pi \times R_m \times K$$

$d$  : diamètre du la partie cylindrique sur l'empreinte supérieure  $d$

$e$  : épaisseur de la tôle=0.6 mm

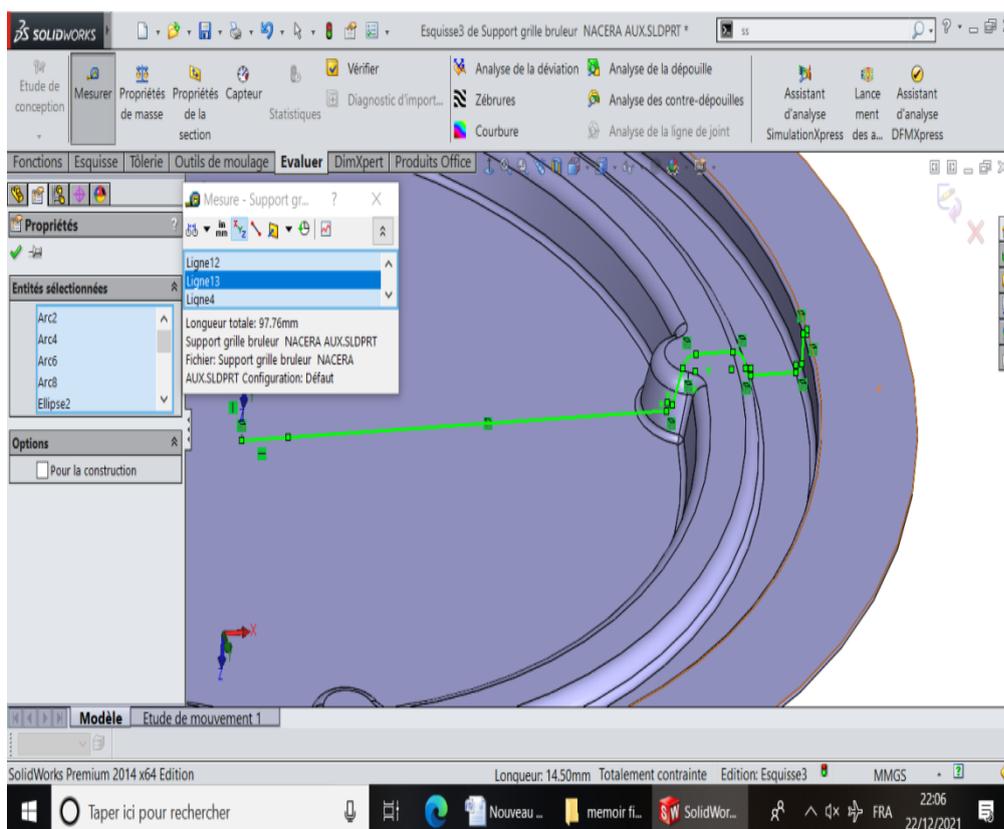
$R_p$  : résistance de la tôle à la traction=610 (N/mm<sup>2</sup>)

$K$  : Coefficient en fonction du rapport  $d/D$

**Application numérique :**

### Calculs des diamètres $d$

Les diamètres sont mesurés avec le logiciel 'Solidworks' par la fonction « mesurer ».



**Figure IV-2 : Mesure de diamètre (d).**

$$d = L \times 2$$

Donc :

$$d = 195,52$$

IV.5.1 Calcul de K :

$$K= d / D$$

Avec :

$$D= L \times 2$$

Application numérique :

$$D=225\text{mm}$$

D, se sont des diamètres des parties cylindriques embouties, qui sont mesurés avec le logiciel 'Solidworks' par la fonction « mesurer ».

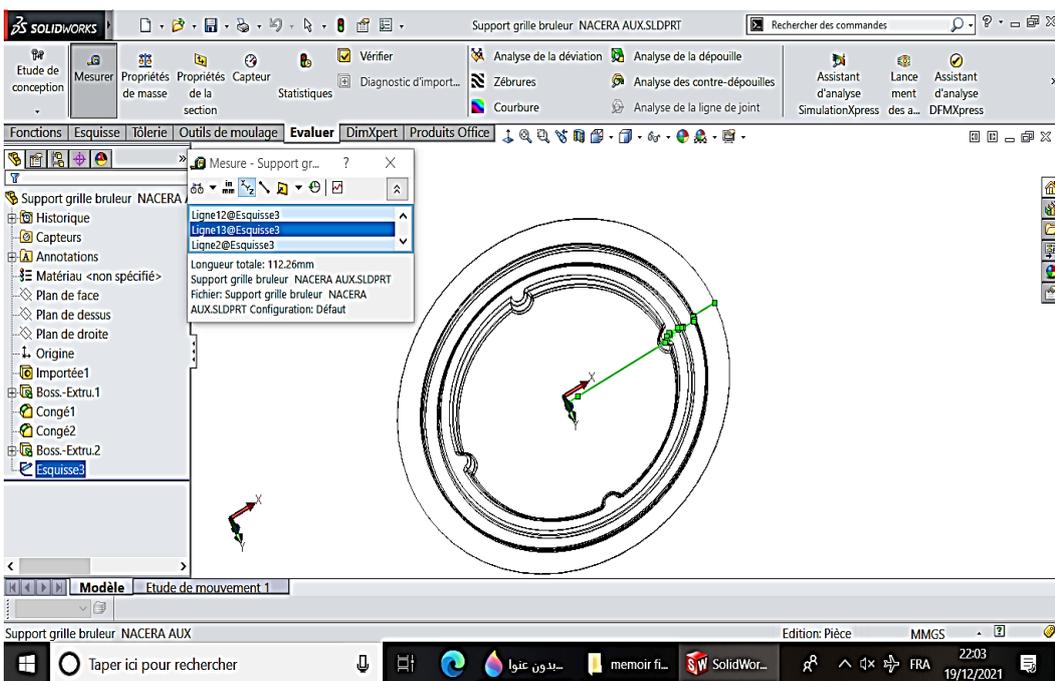


Figure IV-3 : Mesure de diamètre (D).

Alors :

$$K= d / D$$

$$K= \frac{195.52}{225} = 0,86$$

**K=0.4**

Calcul des efforts partiels Fe

$$Fe = d \times e \times \pi \times Rm \times K$$

$$Fe = 195.52 \times 0.6 \times 3.14 \times 610 \times 0.4 = N$$

**Fe =51570.350N**

**IV.6 Le jeu entre le poinçon et la matrice :**

$$J = e + 0,07 \times (10 \times e)^{1/2}$$

**Application numérique :**

$$J = 0.6 + 0.07 \times (10 \times 0.6)^{1/2} J = 0.7715 \text{ mm}$$

$$J = 0.7715 \text{ mm}$$

**IV.7 Le rayon sur la matrice :**

$$r = 0.8 [e \times (D - d)]^{1/2}$$

**Application numérique :**

$$D = 225 \text{ mm}$$

$$d = 195.52 \text{ mm}$$

$$e = 0.6 \text{ mm}$$

$$r = 0.8 [0.6 \times (225 - 195.52)]^{1/2}$$

$$r = 3.3645 \text{ mm}$$

**IV.8. La résistance des empreintes a la compression :**

Le matériau utilisé pour les poinçons et la matrice est le **XC48** et sa Limite d'élasticité

$$R_e = 820 \text{ N/mm}^2$$

La condition de la résistance  $\sigma_{\text{com}} < R_p$

$F_e$  : effort d'emboutissage ( $\text{N/mm}^2$ )

$S$  : la surface de l'empreinte avec la pièce

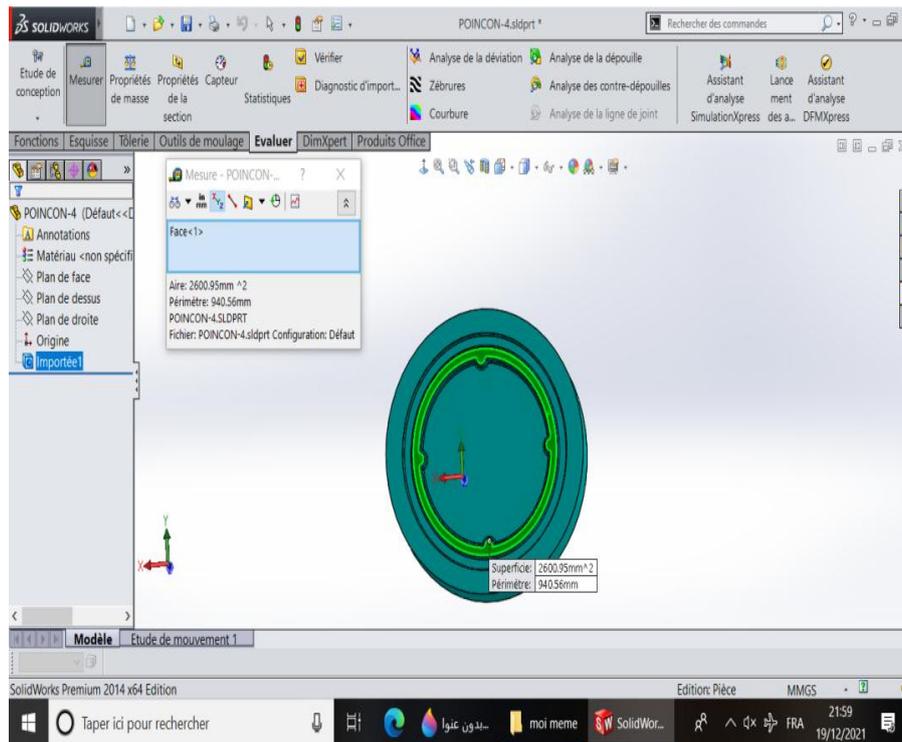
$S_c$  = La surface de contact de l'empreinte avec la pièce.

❖ **a) Poinçons :**

$S_1$  = la surface sur le poinçon qui est en contact avec la pièce.

$\sigma_p$  : la compression sur le poinçon.

Mesure de la surface S1 pour le poinçon droit avec le logiciel 'Solidworks' par la fonction



«mesurer ».

Figure IV-4 : Mesure de la surface S1

$$S_1 = 2600.95 \text{ mm}^2$$

$$F_e = 51570.350 \text{ N}$$

$$\sigma_p = \frac{F_e}{S_1}$$

$$\sigma_{com} = \frac{51570.350}{2600.95}$$

$$\sigma_{comp} = 19.77 \text{ N/mm}^2 < R_p \text{ N/mm}^2$$

Donc :

Alors les deux poinçons vont résister à l'effort d'emboutissage.

❖ b) Matrice

S<sub>2</sub> : la surface sur la matrice qui est en contact avec la pièce.

σ<sub>m</sub> : la compression sur la matrice.

Mesure de la surface  $S_2$  pour la matrice droite avec le logiciel 'Solidworks' par la fonction «mesurer ».

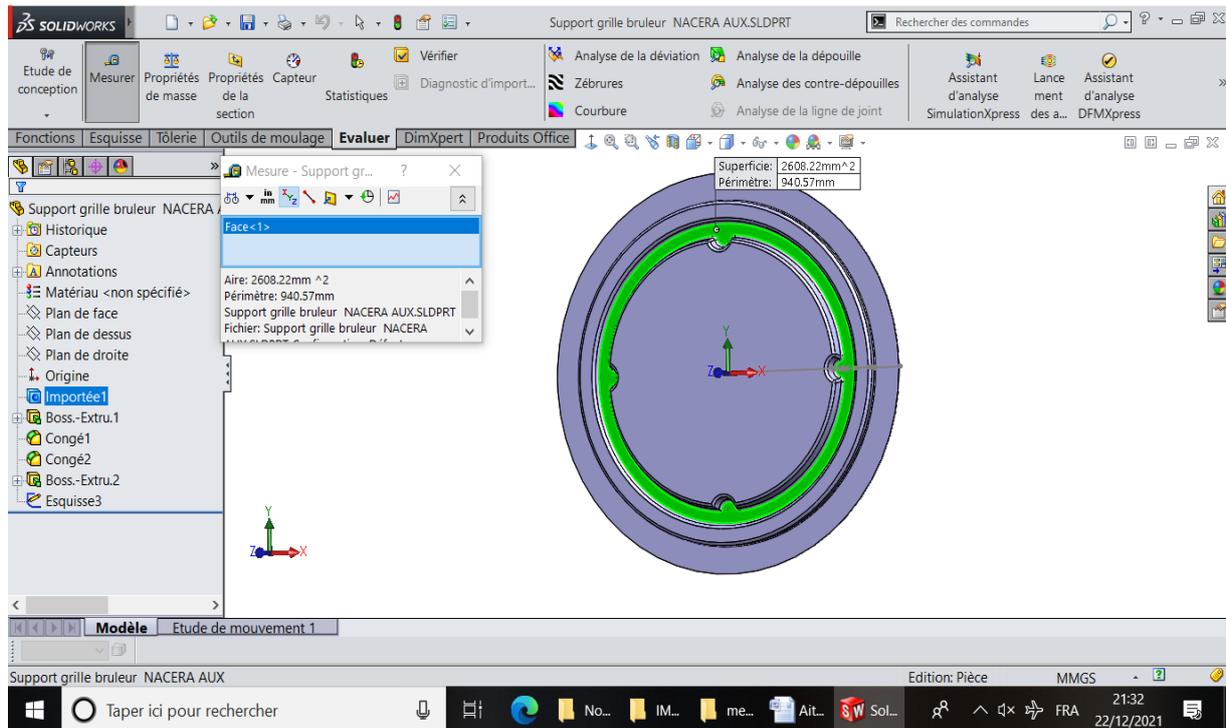


Figure IV-5 : Mesure de la surface  $S_2$

$$S_2 = 2608,22 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{comp} = \frac{F_e}{S_2}$$

$$\sigma_{comp} = \frac{51570.350}{2608.22}$$

$$\sigma_{comp} = 19.82 \text{ N/mm}^2 < R_p \text{ N/mm}^2$$

Donc:

$$\sigma_{com} < R_p$$

Alors la matrice va résistée à l'effort d'emboutissage.

## IV.9 calcul de serrage du flan :

➤ La condition est

$$d < 0,95D$$

$$195.52 < 0.95 (225) = 312.75$$

$$\text{Donc} \implies 195.52 < 312.75$$

$$d < 0.95D = d < 312.75$$

**P** : La pression spécifique sur le serre flan.

$$P = 25 \text{ dan/mm}^2$$

$$D = 225 \text{ mm}$$

$$d = 195,52 \text{ mm}$$

$$F_{\text{serre Flan}} = 25[(225)^2 - (195.52)^2] \frac{3.14}{4}$$

$$F_{\text{serre Flan}} = 241740.135 \text{ dan}$$

$$F_{\text{serre-flan}} = 2417401.35 \text{ N}$$

## IV.10 Le choix de la presse :

$$F_P = F_E + F_S$$

$$F_P = 51570.350 + 2417401.35 = 2468971.7 \text{ N}$$

$$F_P = 2468971.7 \text{ N} = 246,89 \text{ Tonne-Force}$$

## Remarque :

Le réglage de l'effort de serrage du flan va être synchronisé automatiquement avec l'effort nécessaire pour l'opération d'emboutissage après avoir réglé ce dernier sur la presse **T31E excentrique**.

**Choix de la presse à utiliser :**

Pour choisir une presse qui convient à notre travail on doit respecter quelques conditions suivantes :

- La force produite provient de la presse à utiliser, elle doit produire un effort supérieur à la somme des efforts d'emboutissage.

$$F_e < F_{pr}$$

Avec :

- Les dimensions d'outil (1050x 680) sont inférieures aux dimensions :

- Dimension de la table
- Dimension de coulisseau

➤ La course du coulisseau doit être supérieure à la profondeur d'emboutissage (25mm)  
Le tableau ci-dessous montre les différentes presses disponibles au niveau de l'atelier, donc la presse qui va répondre à nos exigences c'est la **T31D excentrique**

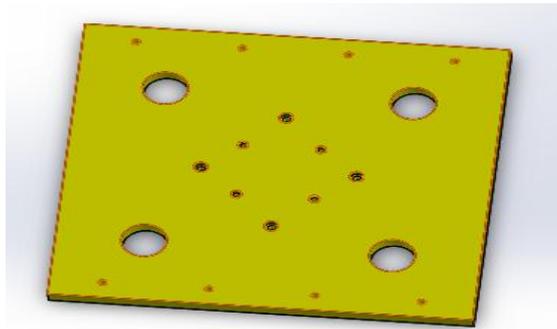
**TableauV-4 : Caractéristiques techniques des presses**

Désignation des presses	Tonnage (T)	Encombrement		Cours du coulisseau	Plage de réglage du coulisseau	Point mors haut	Point mors bas
		Table (mm)	(mm) coulisseau				
T27 excentrique	630	4730 X 1500	4500 X 1500	400	200	1330	930
T29 hydraulique	650	2000 X 1500	2000 X 1500	300	-	1400	1100
T31A excentrique	315	1850 X 1250	1750 X 1250	315	160	1040	725
T31B excentrique	200	1850 X 1250	1750 X 1250	315	125	1040	725
T31C excentrique	200	1850 X 1250	1750 X 1250	315	125	1040	725
T31D excentrique	200	1300 X 850	1000 X 700	200	120	670	470
T31E excentrique	157	1050 X 680	900X570	-	-	-	-

**IV.11 Description de l'outil :**

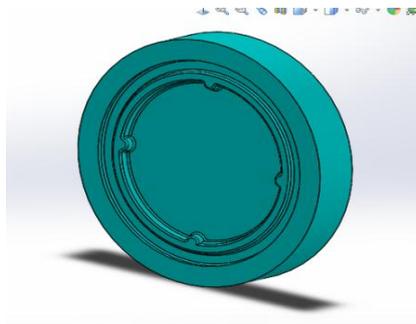
L'outil proposer dans cette étude est un moule à emboutissage, généralement fait pour des moyennes ou grandes séries, il doit être rentable et fiable, il est composé de deux partie essentielles: la partie inferieure (partie fixe) et la partie supérieure (partie mobile).

**Partie inférieure** : c'est la partie immobile de l'outil .elle est fixée directement à la presse par des vis, supporte tous les éléments de cette partie et elle se compose de :



**Figure IV-6 : Semelle inferieure**

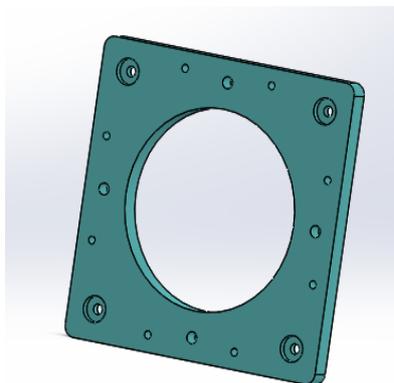
**Semelle inferieure** : c'est une plaque dans laquelle la matrice est fixée, elle est en fonte, son épaisseur doit être suffisante pour résister à l'effort d'emboutissage, cette dernière est montée



sur la table de la presse généralement bridée (montage plus économique)

**Figure IV-7 : Matrices**

**Matrices** : elles sont en C45 (XC48), elles sont à l'opposé des poinçons, elles sont montées sur la semelle inférieure

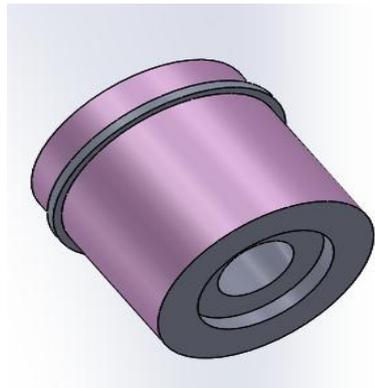


**Figure IV-8 : Serre-flan**

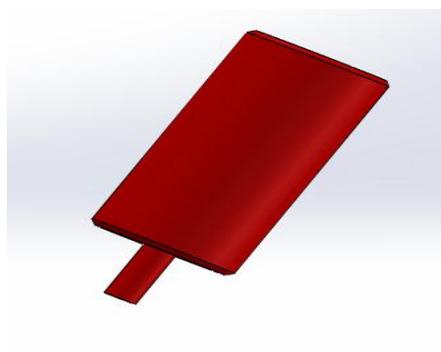
**Serre-flan** : il sert au serrage de la tôle lors de l'emboutissage et l'ajustement des poinçons sur la semelle inférieure, il est en **C45 (XC48)**.

**Figure IV-8 : Colonnes de guidage**

**Colonnes de guidage** : elles servent à guider la partie supérieure et s'assurer un bon ajustement entre les deux parties supérieure et inférieure, elles sont en **42 CD4**.

**Figure IV-10 : Bagues Partie inférieure**

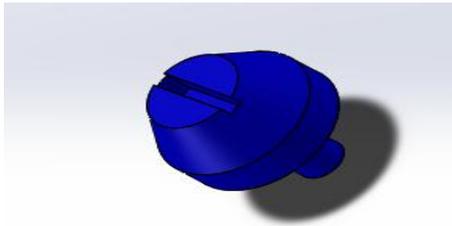
**Bagues Partie inférieure** : elles sont en bronze leur rôle est de fixer les colonnes de guidage sur la semelle inférieure.



**Figure IV-11 : Butées fin de course**

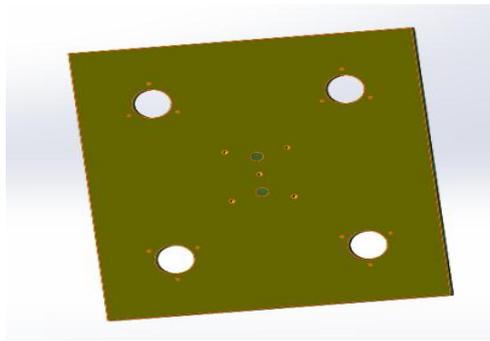
**Butées fin de course** : elles sont fixées sur la semelle inférieure, elles consistent à faire stopper la course du coulisseau supérieur lorsque il descend pour emboutir la pièce. Elles sont en acier **Z200 C12**.

**Goujons** : pour l'ajustement des poinçons sur la semelle inférieure, il est en **Z200**.

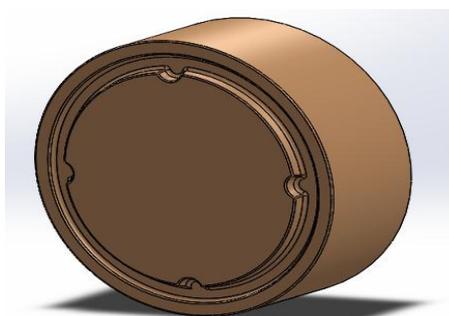
**Figure IV-12 : Butées de positionnement**

**Butées de positionnement** : elles sont fixées sur le serre-flan, elles consistent à positionner le flan sur le serre-flan et les poinçons. Elles sont en acier **XC48**

**Partie supérieure** : c'est la partie mobile de l'outil, elle est composé de :

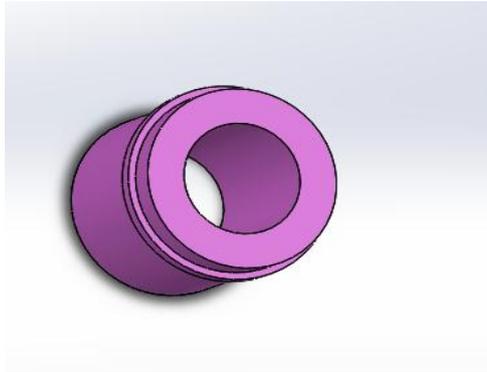
**Figure IV-13 : Semelle supérieure**

**Semelle supérieure** : c'est une plaque sur laquelle se fixent les composantes de la partie supérieure .elle assure la liaison entre le porte poinçon et le coulisseau de la presse.



**Figure IV-14 Poinçons**

**Poinçons** : c'est les éléments qui exécutent réellement le travail, ils sont montés dans le porte poinçon avec un ajustement pressé, ils sont en **C45 (XC48)**.

**Figure IV-15 : Bagues Partie Superieure**

**Bagues Partie Superieure** : elles sont en bronze leur rôle est de fixer les colonnes de guidage sur la semelle supérieure.

**Figure IV-16 : Bride de fixation**

**Bride de fixation** : elles sont en bronze leur rôle est de fixer les les bagues sur la semelle supérieure et inférieure.

**Vis CHC M12** : pour assurer la fixation des poinçons sur la semelle inférieure et assurer la fixation des matrices sur la semelle inférieure.

**Vis CHC M6** : pour assurer la fixation des petits poinçons sur les grands poinçons.

**Vis CHC M8** : pour la **fixation** des butées de fin de course sur la semelle inférieure

**IV.12: La 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.

Planche 2 : partie fixe

Planche 4 : la semelle inférieure.

Planche 5: poinçon

Planche 6 : serre-flan

Planche 7 : colonne de guidage

Planche 8 : Rondelle

Planche 9 : butée du fin de course

Planche 10 : bague inférieure

Planche 11 : bride de fixation

Planche 12 : butée de positionnement

Planche 13 : les tasseaux

Planche 14 : Les ressorts

Planche 15 : vis d'écartement

Planche 16 : semelle supérieure

Planche 17 : contre poinçon

Planche 18 : bague semelle supérieure

Planche 19 : partie mobile

Planche 20 : outil complet.

**IV.13 Conclusion :**

Dans ce dernier chapitre, on a étudié et conçu un outil emboutissage qui sert à fabriquer l'assiette support pour le four extra plat, les calculs nécessaires pour les différents efforts d'emboutissage, choix des matériaux pour les constituants de l'outil ainsi que le calcul de la résistance à la compression des empreintes sont établis. Par conséquent l'outil et ses composants montrer une rigidité lors du déroulement de l'opération d'emboutissage.

Nous avons finalisé ce chapitre par le choix de la presse qui convient à cet outil et qui

va répondre aux exigences de cette opération.

.

## **Conclusion générale**

---

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

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

Le cœur, ou la partie essentielle de ce travail, est la conception de l'outil d'emboutissage qui va servir, à la réalisation d'une assiette à griller d'une plaque d'un four extra plat. Ce travail est réalisé en utilisant le logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO –Solidworks), qui a permis la détermination des caractéristiques dimensionnelles et géométriques des différents éléments de l'outil.

Cette conception, est une solution parmi tant d'autres .Notre choix devait répondre au cahier des charges, faciliter la réalisation du produit, en tenant compte de la qualité, à moindre cout.

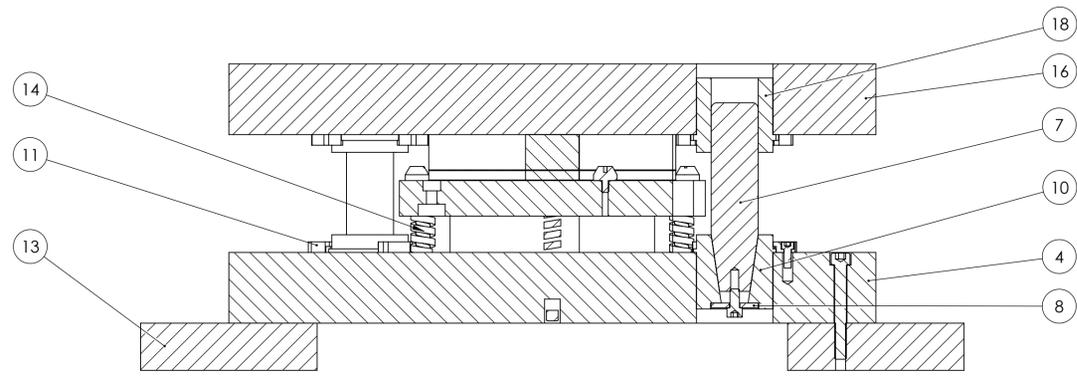
Le choix des dimensions de chaque élément de l'outil, d'emboutissage, est selon les conditions de résistances, et les contraintes sollicitées sur les poinçons, ainsi selon le calcul des efforts fournis par la presse, qui peut supporter l'outil.

On a réussi à concevoir cet outil, on a pris les dimensions exactes des éléments essentiels, selon les normes exigées.

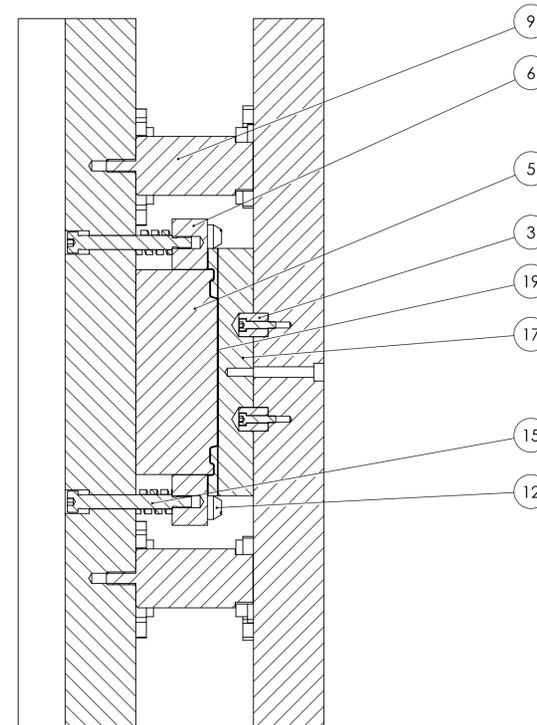
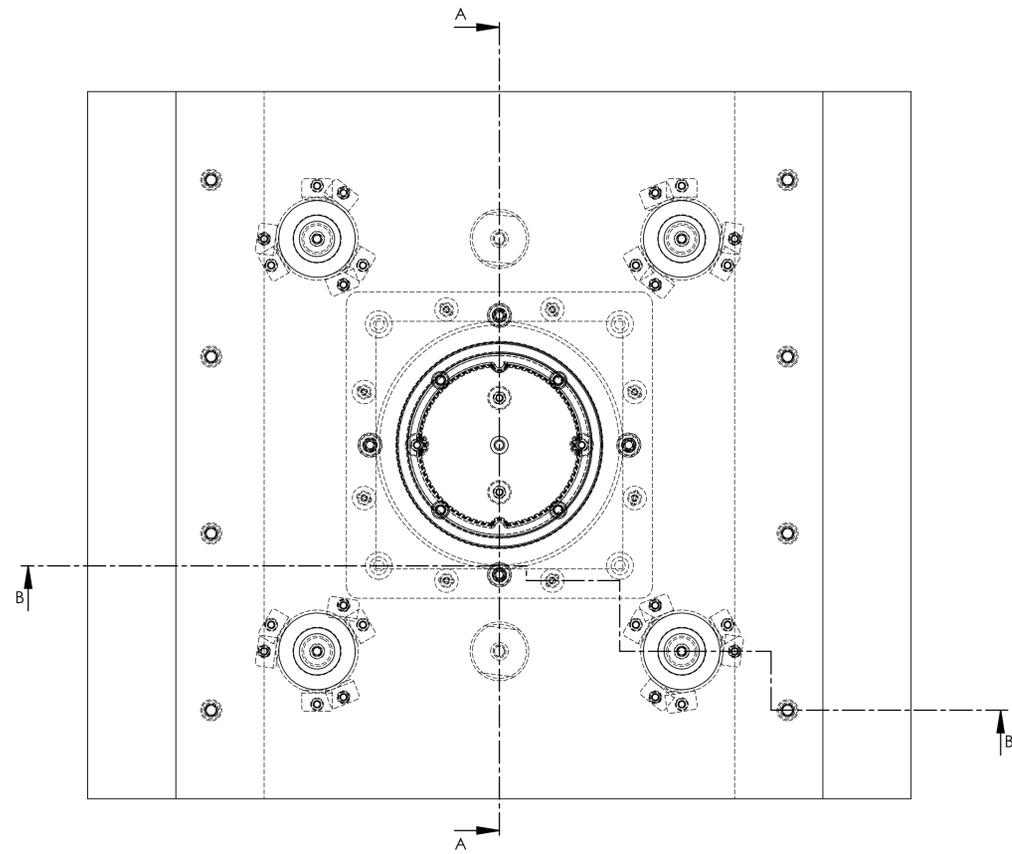
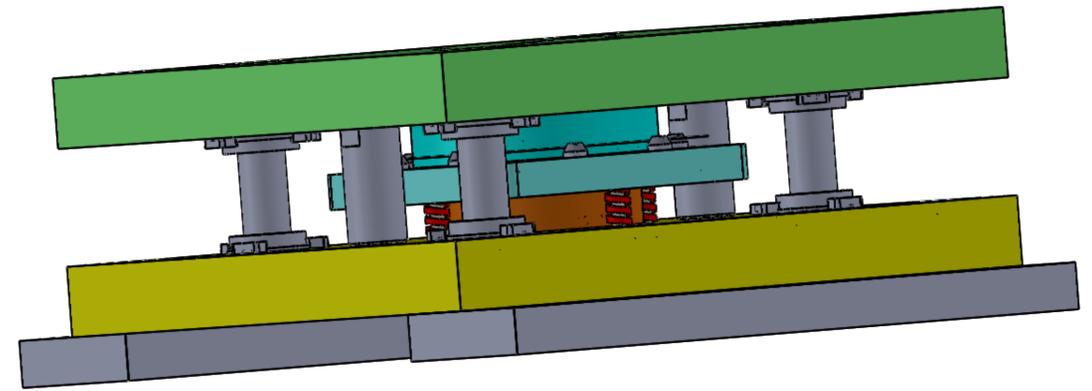
Ce travail a été réalisé avec un immense plaisir, il reste ouvert aux critiques, ainsi qu'à la proposition allant dans un sens positif, de son « éventuel amélioration.

### **Perspectives**

Aucun travail d'expertise ou de recherche n'est jamais terminer. On est très content d'avoir travaillé à l'échelle industrielle, et d'avoir trouvé une solution à un problème de l'entre prise ENIEM. Donc, on espère que nôtres travail servira à d'autres « étudiants qui vont essayer de réaliser d'autres outils pour réaliser d'autres pièces des différents appareils électroménagers.

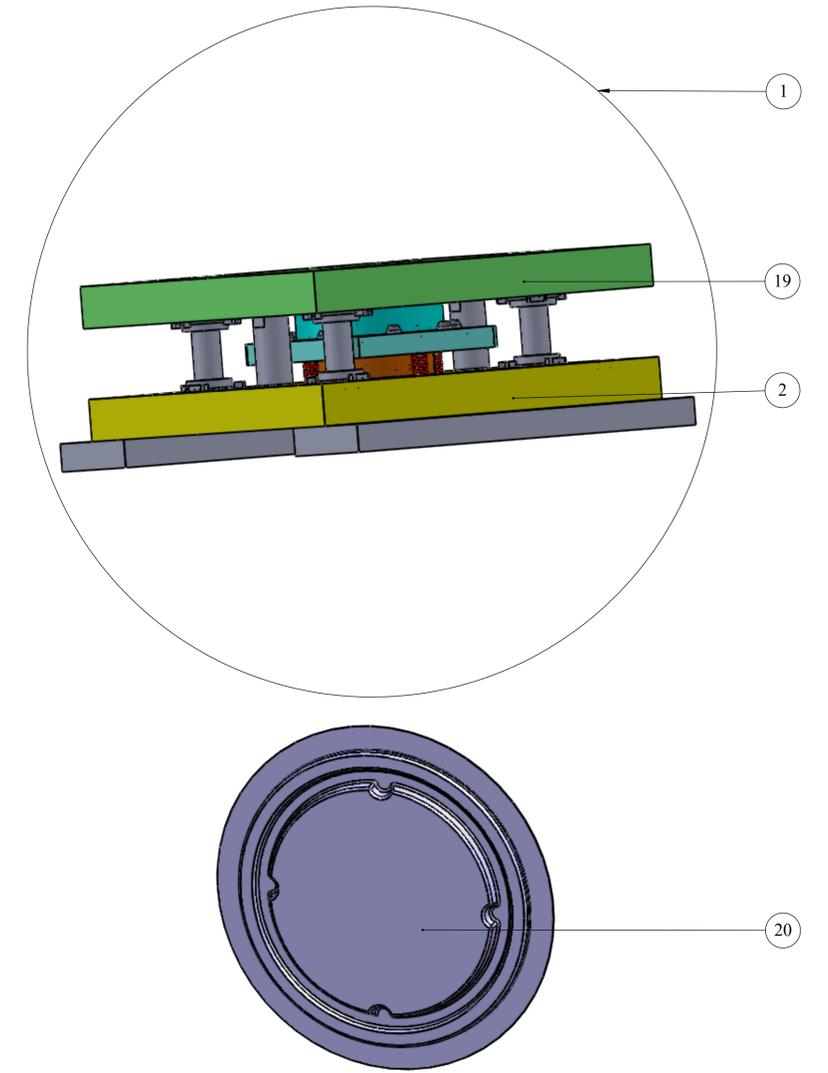
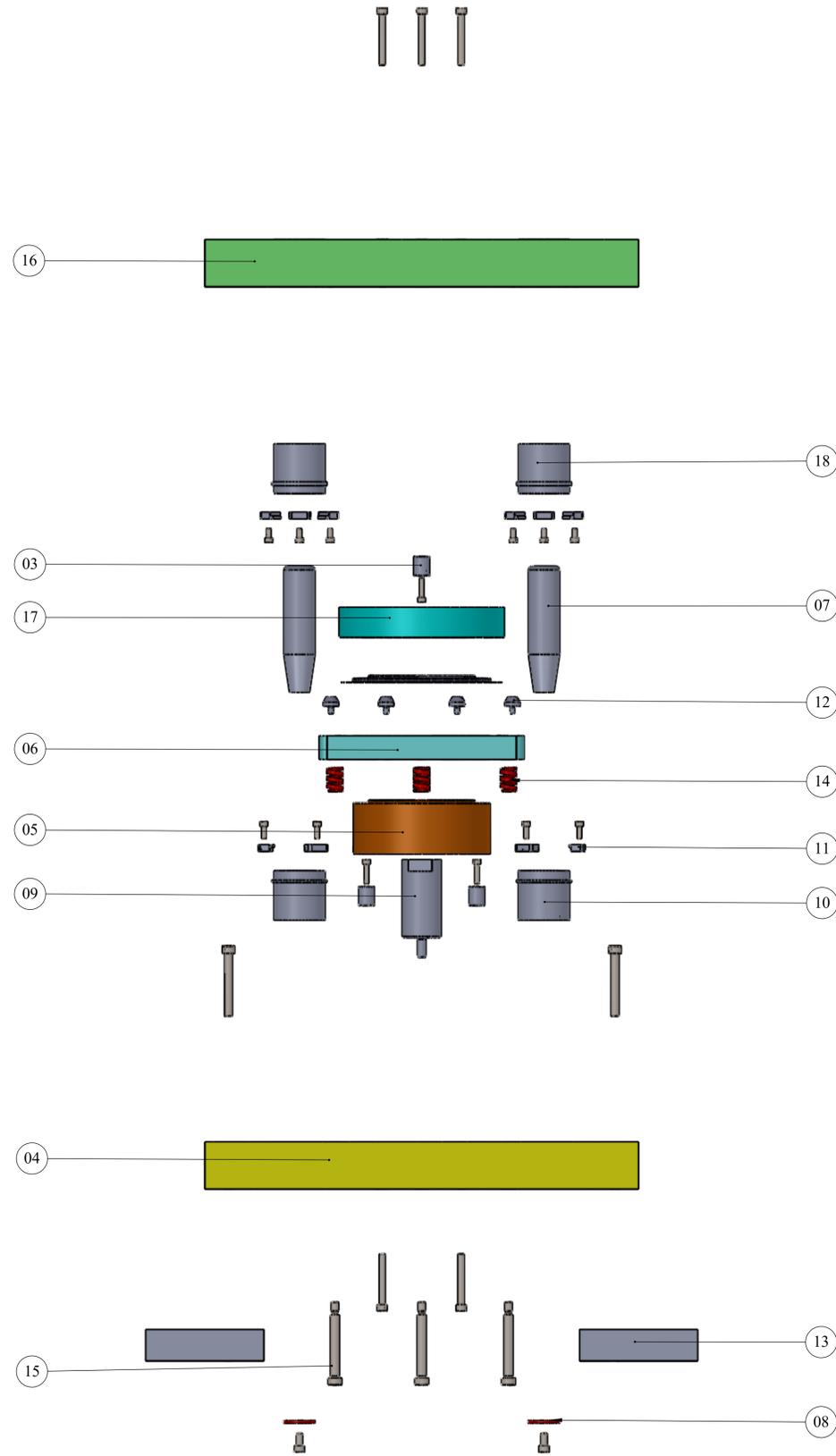


COUPE B-B  
ECHELLE 1 : 3

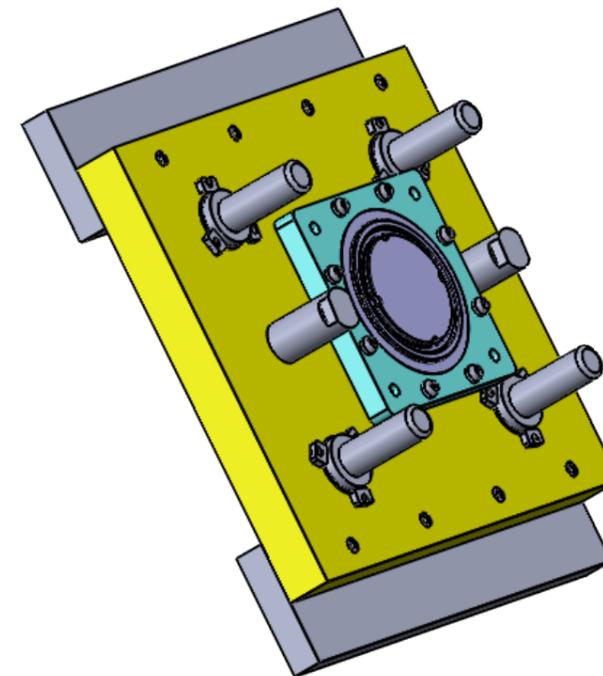
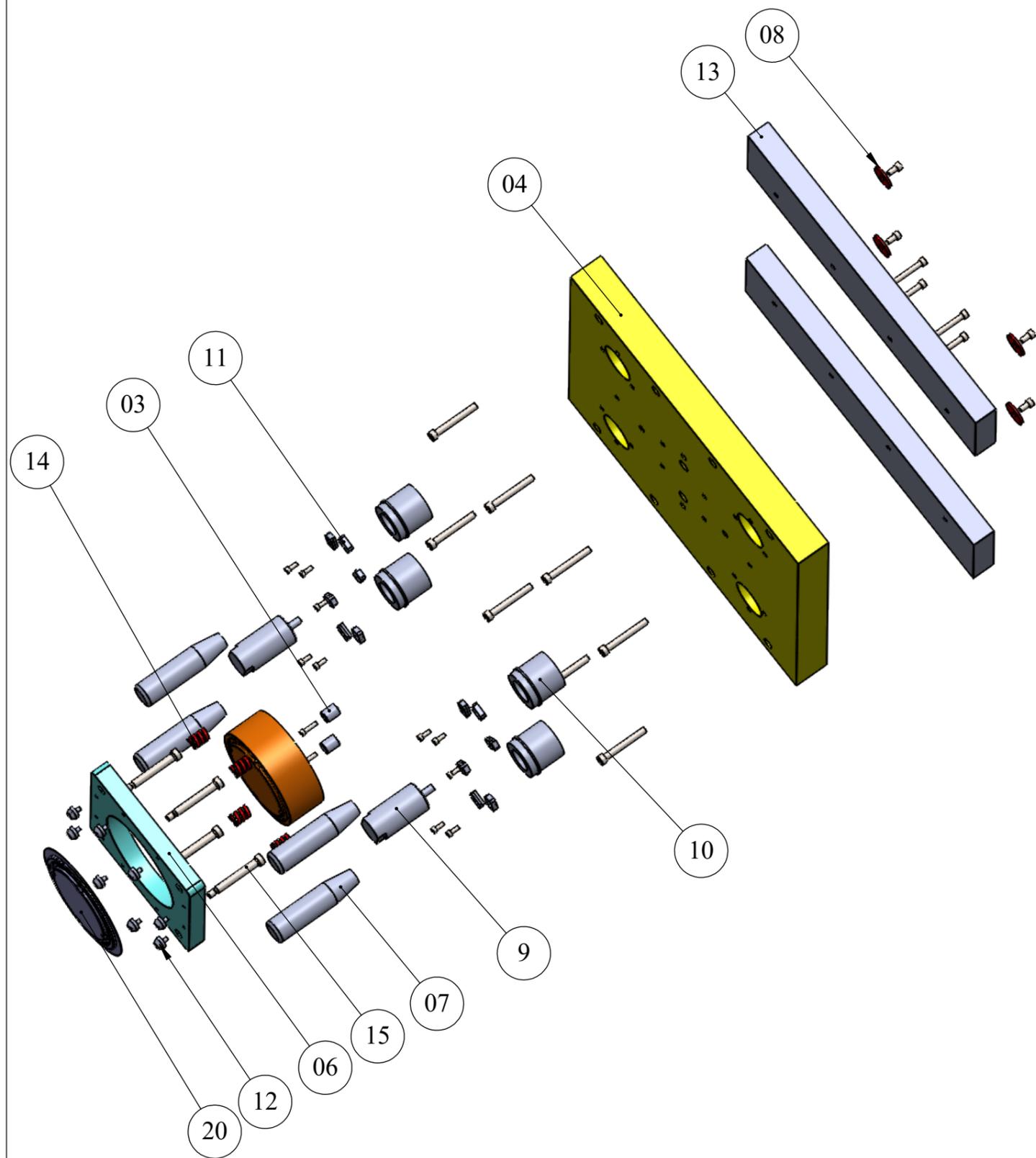


COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 3

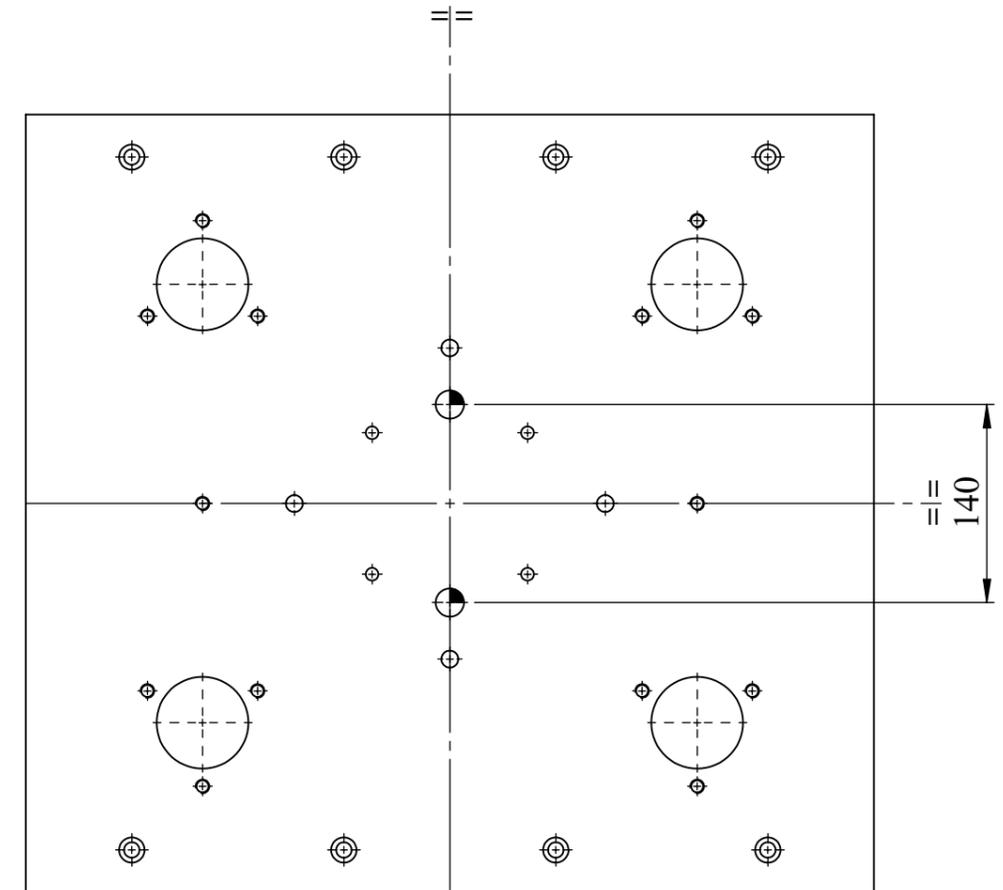
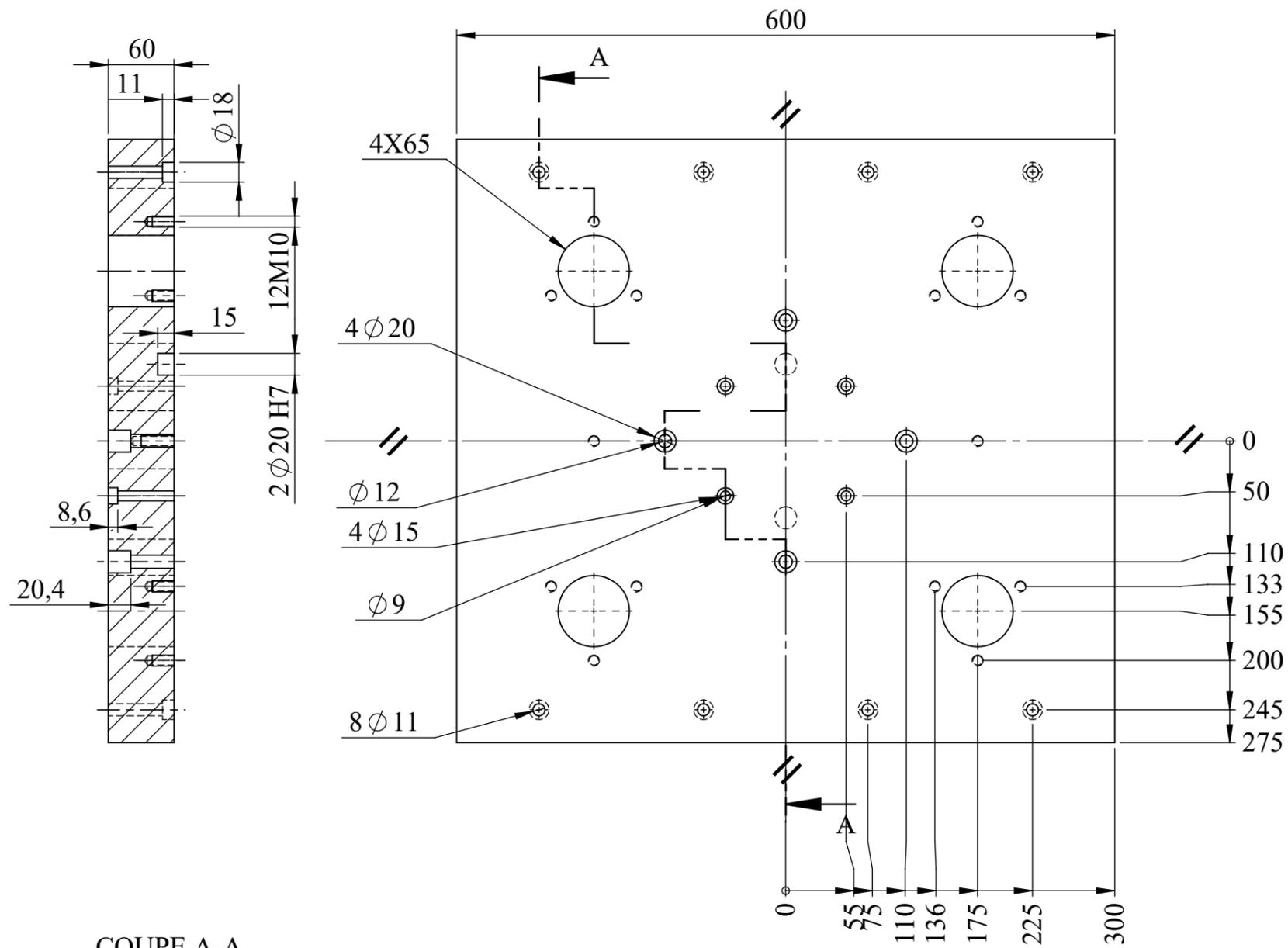
03	04	Goujon	Acier à outil	Tr+Rv 58/60 HRC
04	01	Semelle inferieure	Ft30 /C15	-
05	01	poinçon	XC 48	Tr+Rv 50/55 HRC
06	01	Serre flan	XC 48	Cémenté
07	04	Colonne de Guidage	Acier à outil	Trempe à coeur 60/64 HRC
08	04	Rendelle	Acier	-
09	02	Butée de fin de course	XC 38	-
10	04	Bague inferieure	Acier à outil	Trempe à coeur 60/64 HRC
11	24	Bride de fixation	Acier	-
12	04	Butée de positionnement	XC 38	-
13	02	Tasseau	C15	-
14	04	Ressort	Acier en chrome silicium	-
15	04	Vis d'écartement	Acier	-
16	01	Semelle Superieure	Ft30 /C15	-
17	01	Contre poinçon	XC 48	Tr+Rv 50/55 HRC
18	04	Bague Superieure	Branze	-
19	01	Support Grille	-	-
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:3		Outil d'emboutissage		état de surface:
Planche N° 01		Support Grille brûleur		
		SEDRATI NACERA		2020/2021
A1		FGC CM UMMTO		MASTER II



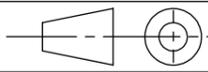
01	01	Outil complet	-	-
02	01	Partie Inferieur	-	-
03	04	Goujon	Acier à outil	Tr + Rv 58/60 HRC
04	01	Semelle Inferieure	Ft 30/ C15	-
05	01	Poinçon	XC 48	Tr + Rv 50/55 HRC
06	01	Serre Flan	XC 48	Cémenté
07	04	Colonne de guidage	Acier à outil	Trempe à coeur 60/64 HRC
08	04	Rendelle	Acier	-
09	02	Butée de fin de course	XC 38	-
10	04	Bague Inferieur	Acier à outil	Trempe à coeur 60/64 HRC
11	24	Bride de fixation	Acier	-
12	08	Butée de positionnement	XC 38	-
13	02	Tasseau	C15	-
14	04	Ressort	Acier en chromr silicium	-
15	04	Vis d'ecartement	Acier	-
16	01	Semelle Superieur	Ft 30/ C15	-
17	01	Contre Poinçon	XC 48	Tr + Rv 50/55 HRC
18	04	Bague Superieur	Bronze	-
19	01	Partie Superieur	-	-
20	01	Support Grille Brûleur	-	-
Ref	Nbr	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:4		Outil d'emboutissage Support Grille Brûleur		état de surface:
Planche N° 20				
		SEDRATI NACERA		2020/2021
A1		FGC CM UMMTO		MASTER II

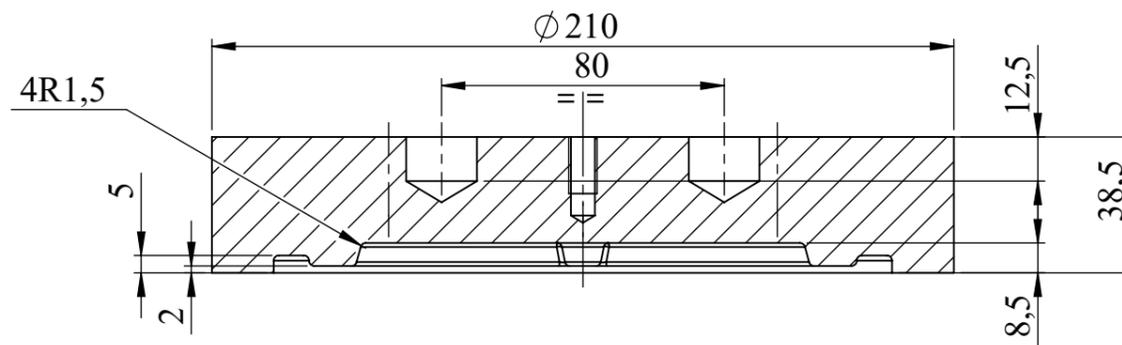
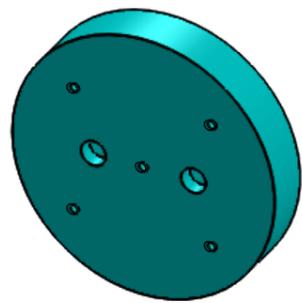


03	04	Goujon	Acier à outil	Tr + Rv 58/60 HRC
04	01	Semelle inferieur	Ft 30 / C15	-
06	01	Serre flan	XC 48	Cémenté
07	04	Colonne de guidage	Acier à outil	Trempe à coeur 60/64 HRC
08	04	Rendelle	Acier	-
09	02	Butée de fin de course	XC 38	-
10	04	Bague inferieure	Acier à outil	Trempe à coeur 60/64 HRC
11	12	Bride de fixation	Acier	-
12	08	Butée de positionnement	XC 38	-
13	02	Tasseau	C15	-
14	04	Ressort	Acier en chrome silicium	-
15	04	vis d'ecartement	Acier	-
17	01	Contre Poinçon	Acier à outil	Trempe à coeur 60/64 HRC
20	01	Support Grille Brûleur	Tôle	-
Ref	Nbr	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle 1:08		Outil d'emboutissage Support Grille Brûleur		Etat de surface
Planche N°:02				
		SEDARTI NACERA		2020/2021
A3		FGC CM UMMTO		MASTER2

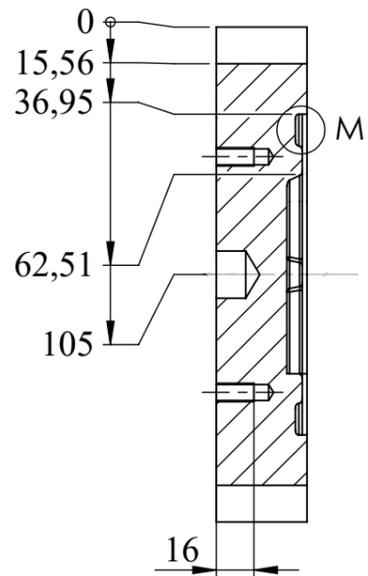
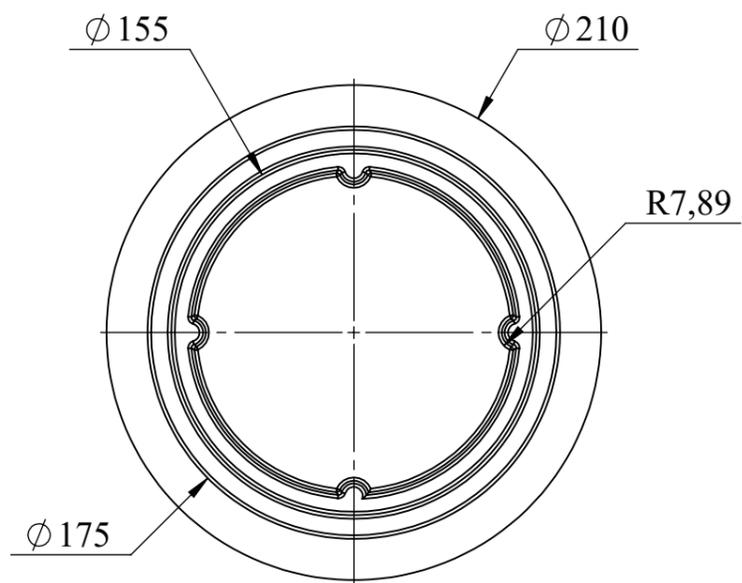


COUPE A-A

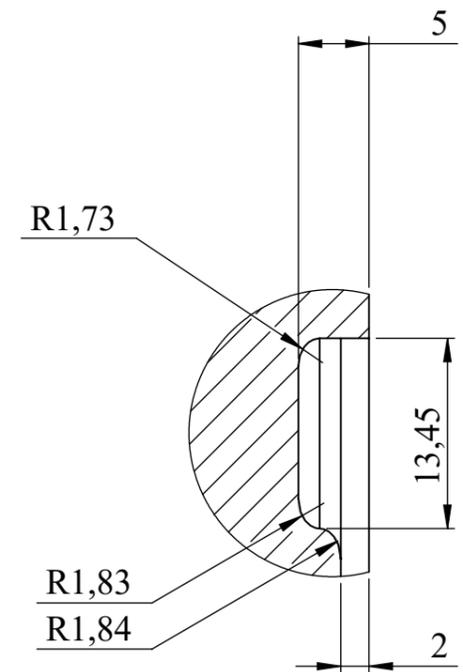
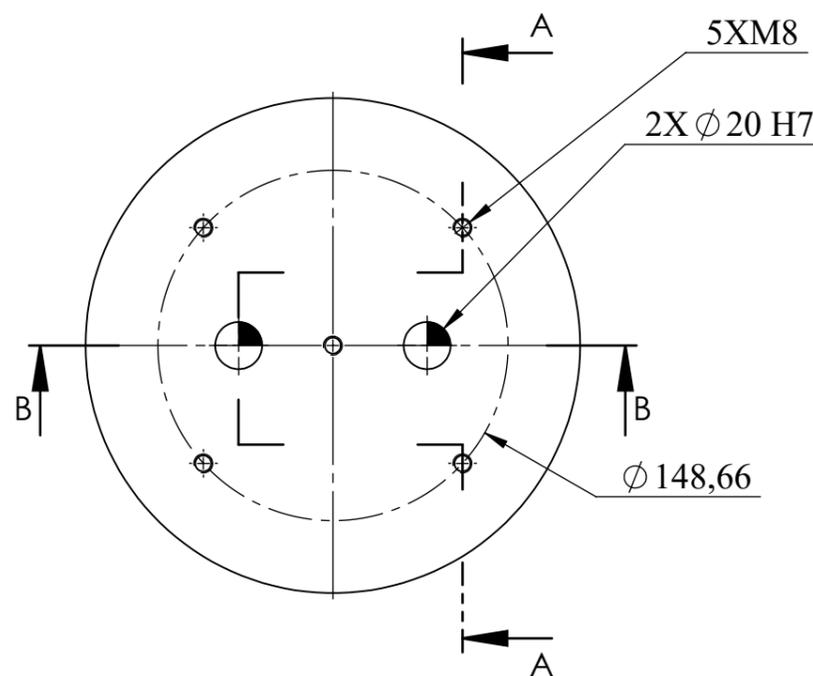
04	01	Semelle inferieure	Ft 30 / C15	-
REFNBR		DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
	Echelle 1:1	Outil d'emboutissage Suopport grille brûleur		Etat de surface
	Planche N°: 04			
		SEDRATI NACERA		2020/2021
	A3	FGC CM UMMTO		MASTER II



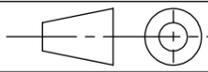
COUPE B-B  
Echelle 1 : 2

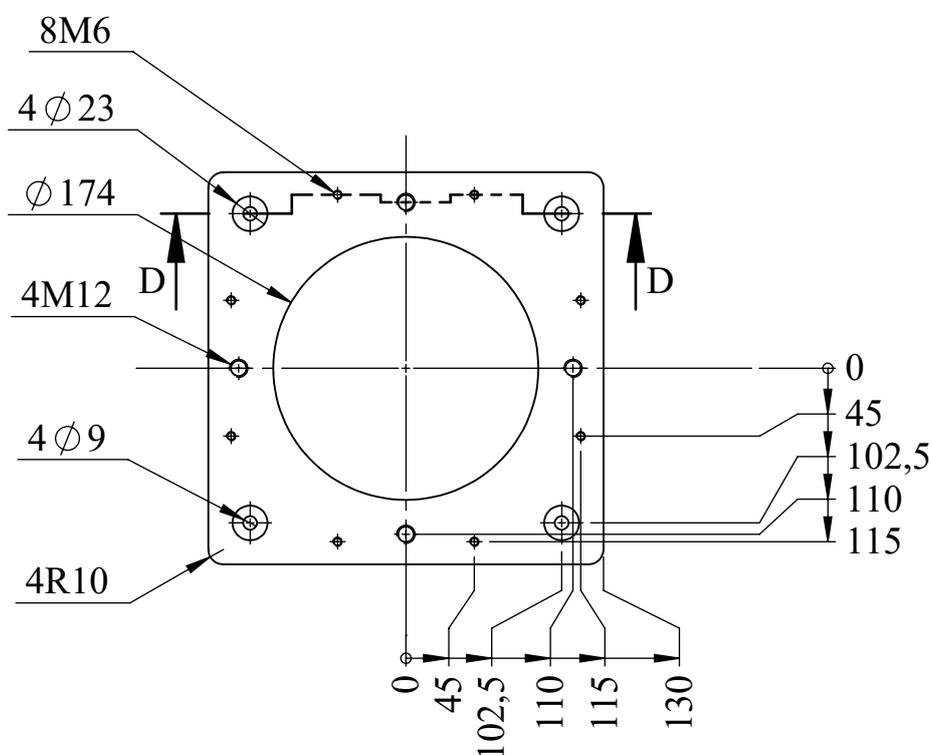
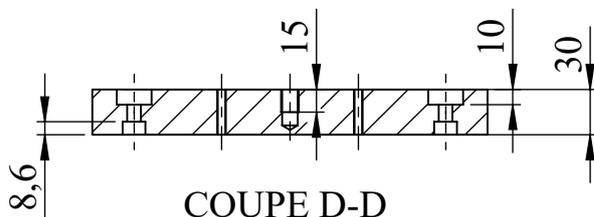
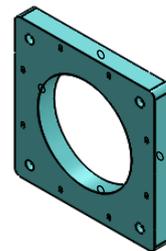


COUPE A-A  
Echelle 1 : 3

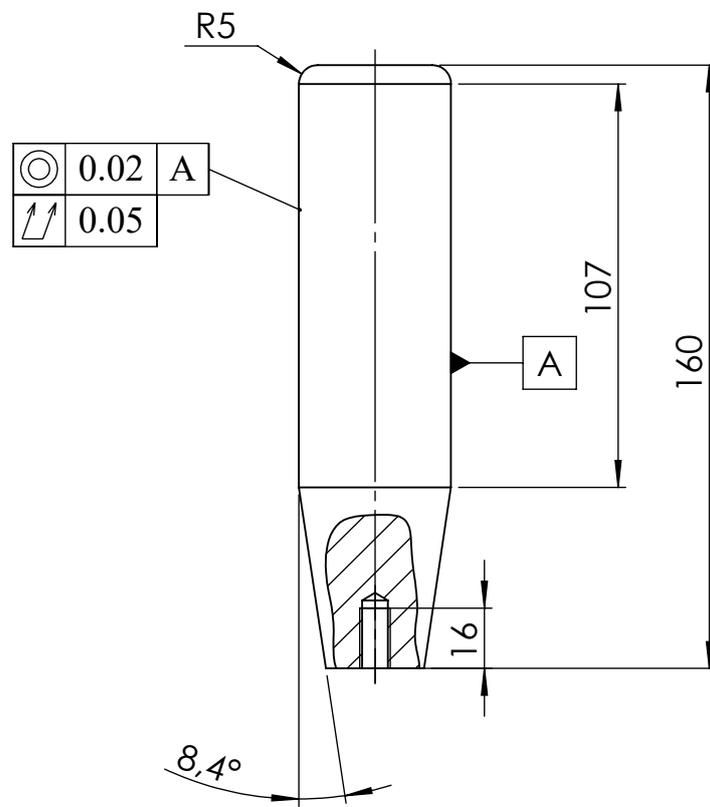
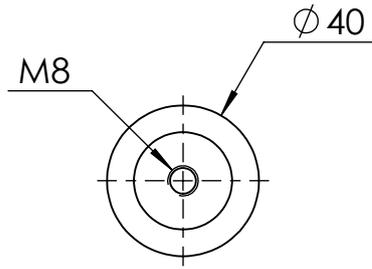


DÉTAIL M  
Echelle 2 : 1

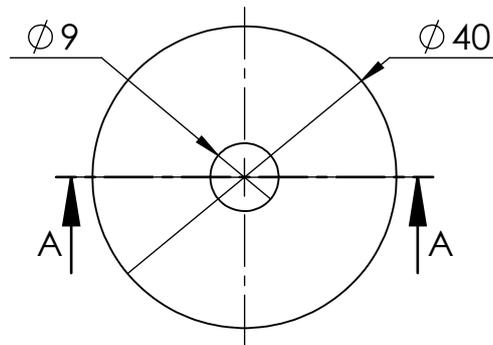
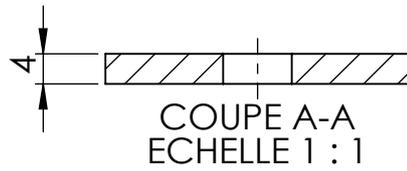
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
05	01	Poinçon	XC 48	Tr + Rv 50/55 HRC
Echelle 1:1		Outil d'emboutissage Support grille	Etat de surface	
Planche N°:05				
		SEDRATI NACERA	2020/2021	
A3		FGC CM UMMTO	MASTER II	

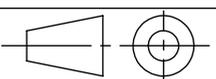


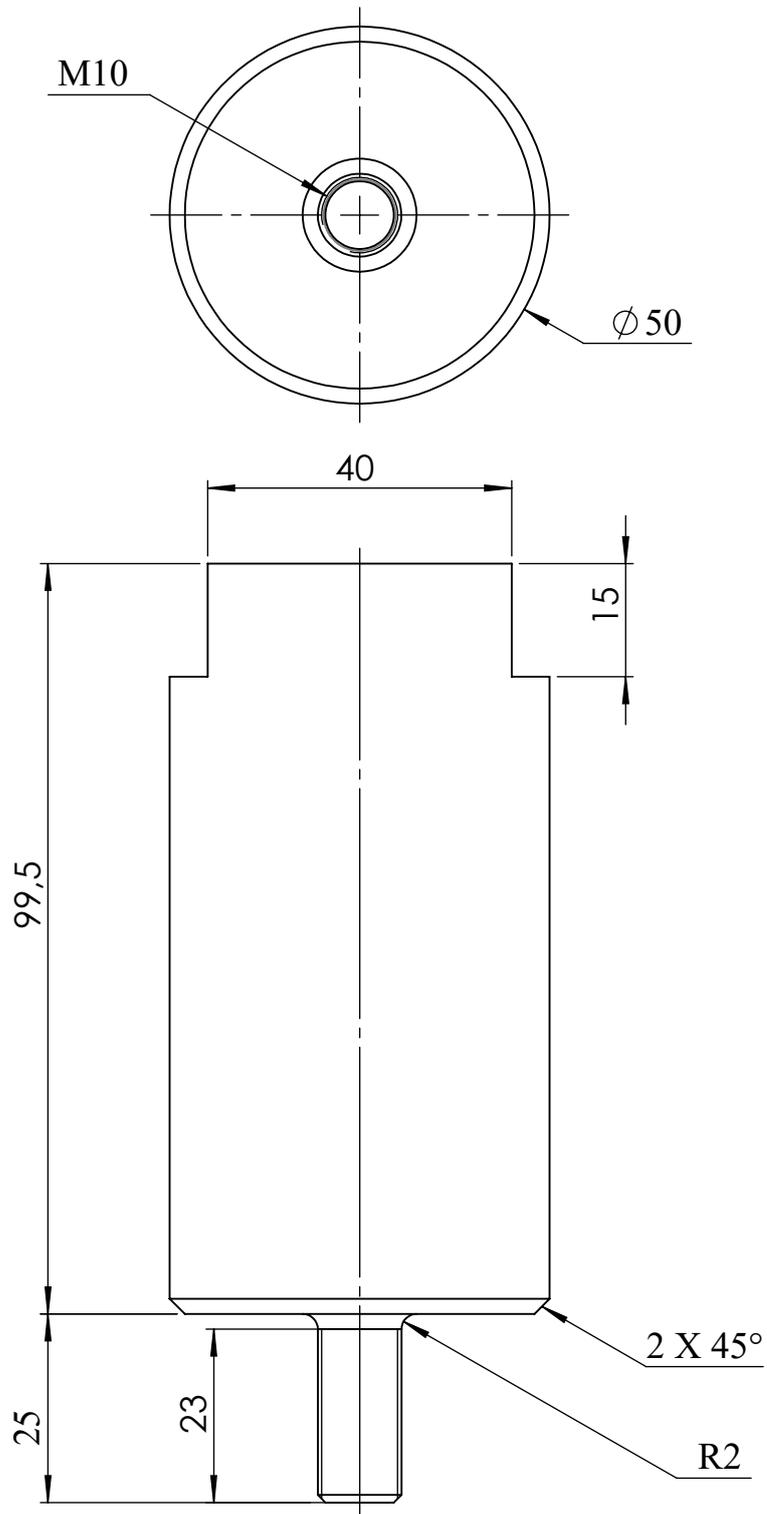
06	01	Serre flan	XC 48	Cementé
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 1/2		Outil d'emboutissage Support grille brûleur	Etat de surface :	
Planche N°: 06				
		SEDRATI NACERA	2020/2021	
A4		FGC CM UMMTO	MASTER II	

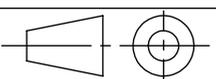


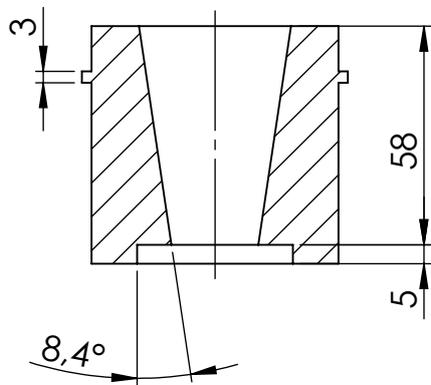
07	04	Colonne de guidage	Acier à outil	Trempe a coeur 60/64 HRC
REF	Nbr	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 1/2		Outil d'emboutissage Support de grille brûleur	Etat de surface :	
Planche N°: 07				
		SEDRATI NACERA	2020/2021	
A4		FGC CM UMMTO	MASTER II	



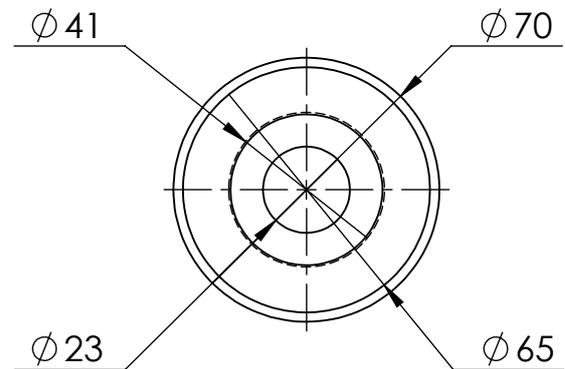
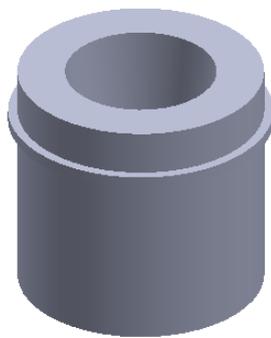
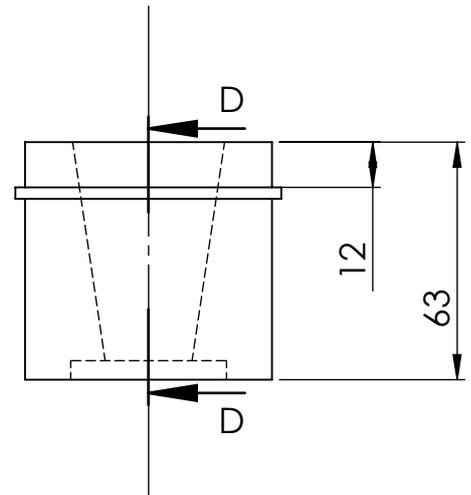
08	04	Rendelle	Acier	DIN 9825 ISO 9182-4
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 1/1		Outil d'emboutissage Support grille brûleur		Etat de surface :
Planche N°:08				
		SEDRATI NACERA		2020/2021
A4		FGC CM UMMTO		MASTER II

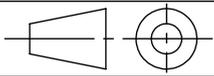


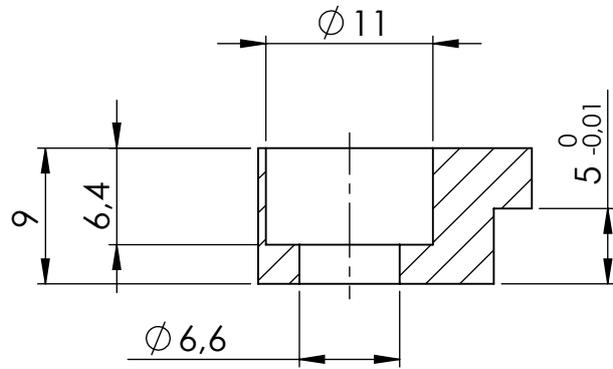
09	02	Butée de fin de course	XC 38	
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 1/1		Outil d'emboutissage Support grille brûleur	Etat de surface :	
Planche N°: 09				
		SEDRATI NACERA	2020/2021	
A4		FGC CM UMMTO	MASTER II	



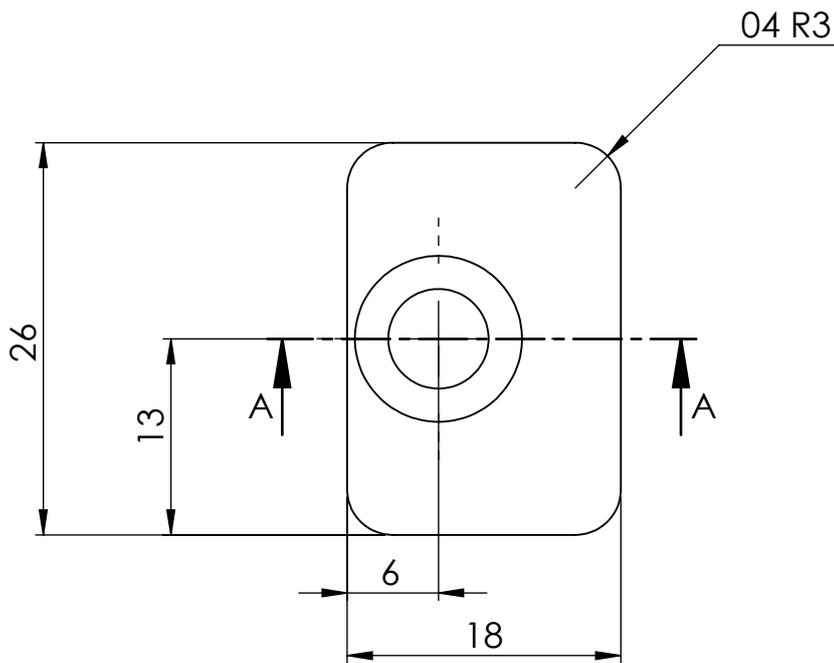
COUPE D-D

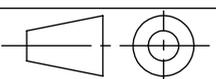


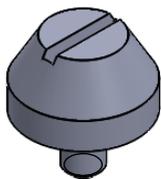
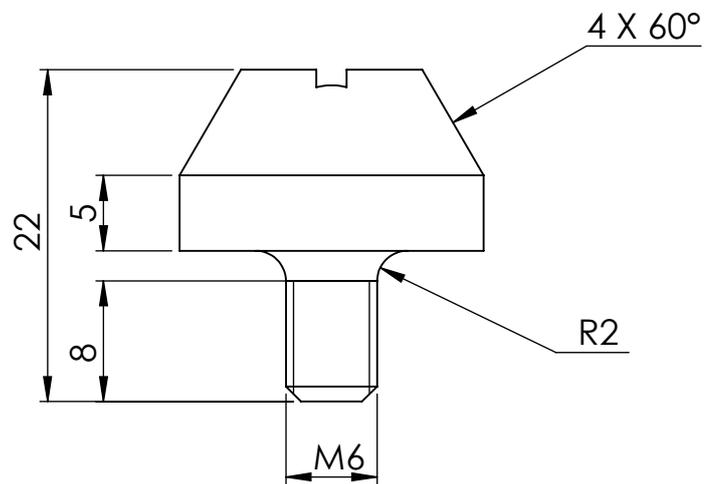
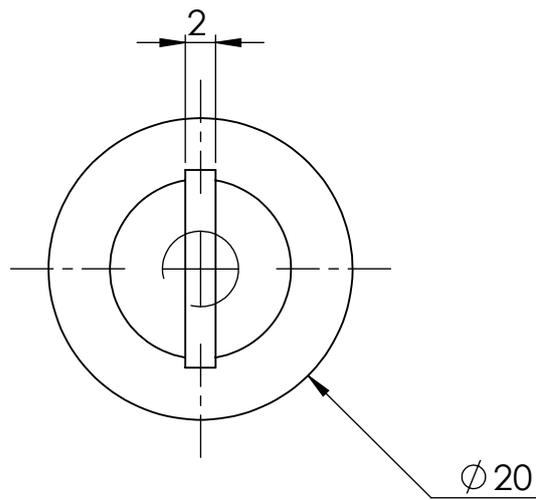
10	04	Bague inferieure	Acier à outil	Trempe à coeur 60/64 HRC
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 1/2		Outil d'emboutissage Support grille brûleur	Etat de surface :	
Planche N°:10			3.2/	
		SEDRATI NACERA	2020/2021	
A4		FGC CM UMMTO	MASTER II	



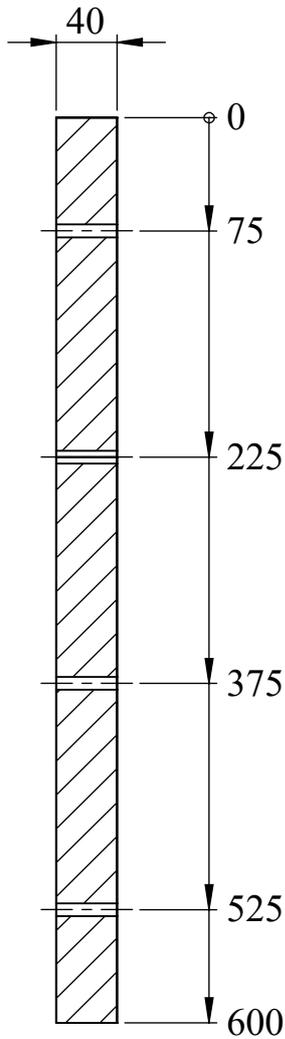
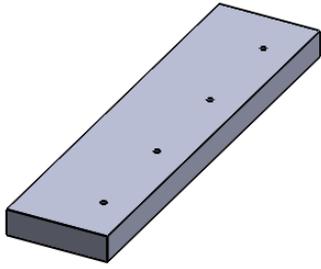
COUPE A-A



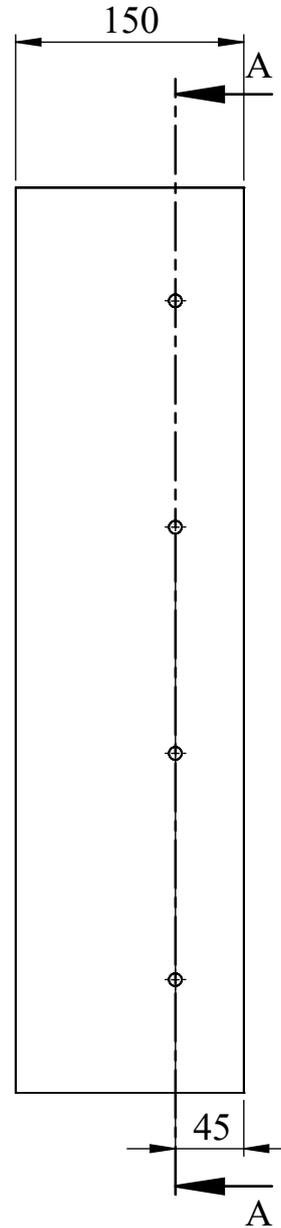
11	24	Bride de fixation	Acier	Selon NF E 63-125
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 2/1		Outil d'emboutissage Support Grille	Etat de surface :	
Planche N°: 11				
		SEDRATI NACERA	2020/2021	
A4		FGC CM UMMTO	MASTER II	



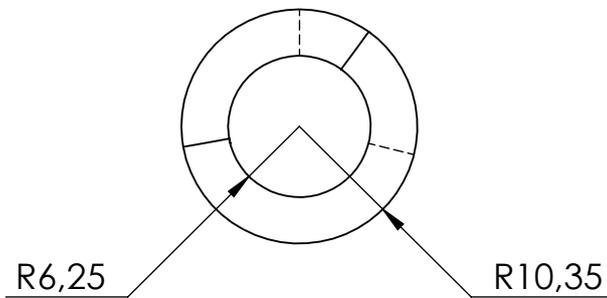
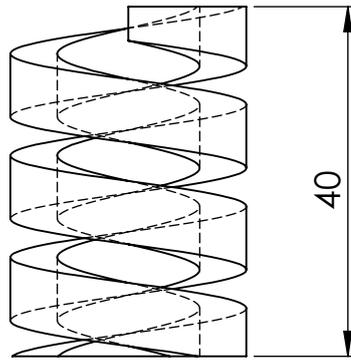
12	08	Butée de positionnement de flan	XC 38	-
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 1/2		Outil d'emboutissage Support grille brûleur	Etat de surface :	
Planche N°: 12			3.2/ √	
		SEDRATI NACERA	2020/2021	
A4		FGC CM UMMTO	MASTER II	

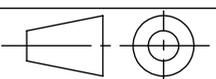


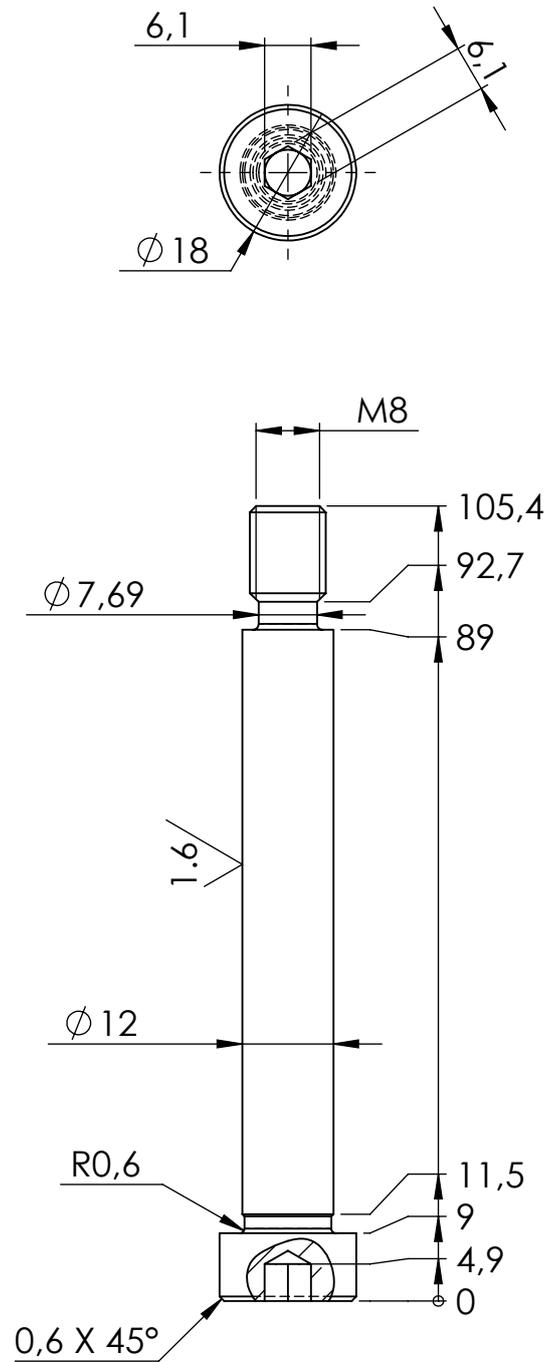
COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 5

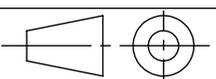


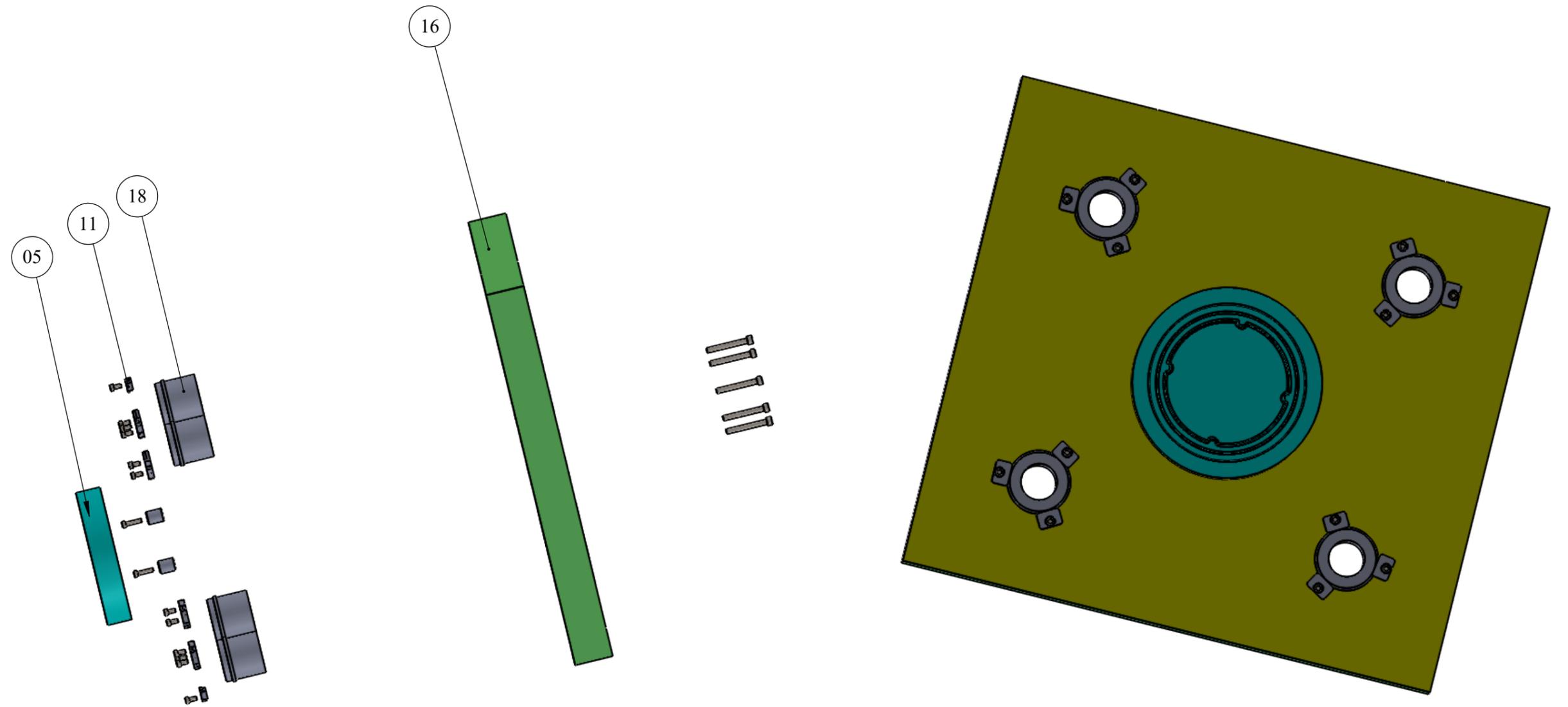
13	02	TASSEAU	C15	-
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 1/5		Outil d'emboutissage Support grille brûleur		Etat de surface :
Planche N°:13				
		SEDRATI NACERA		2020/2021
A4		FGC CM UMMTO		MASTER II

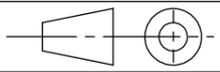


14	04	Ressort	Acier en chrome silicium	Rouge Selon ISO 10243
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 3/2		Outil d'emboutissage Support grille brûleur		Etat de surface :
Planche N°: 14				
		SEDRATI NACERA	2020/2021	
A4		FGC CM UMMTO		MASTER II

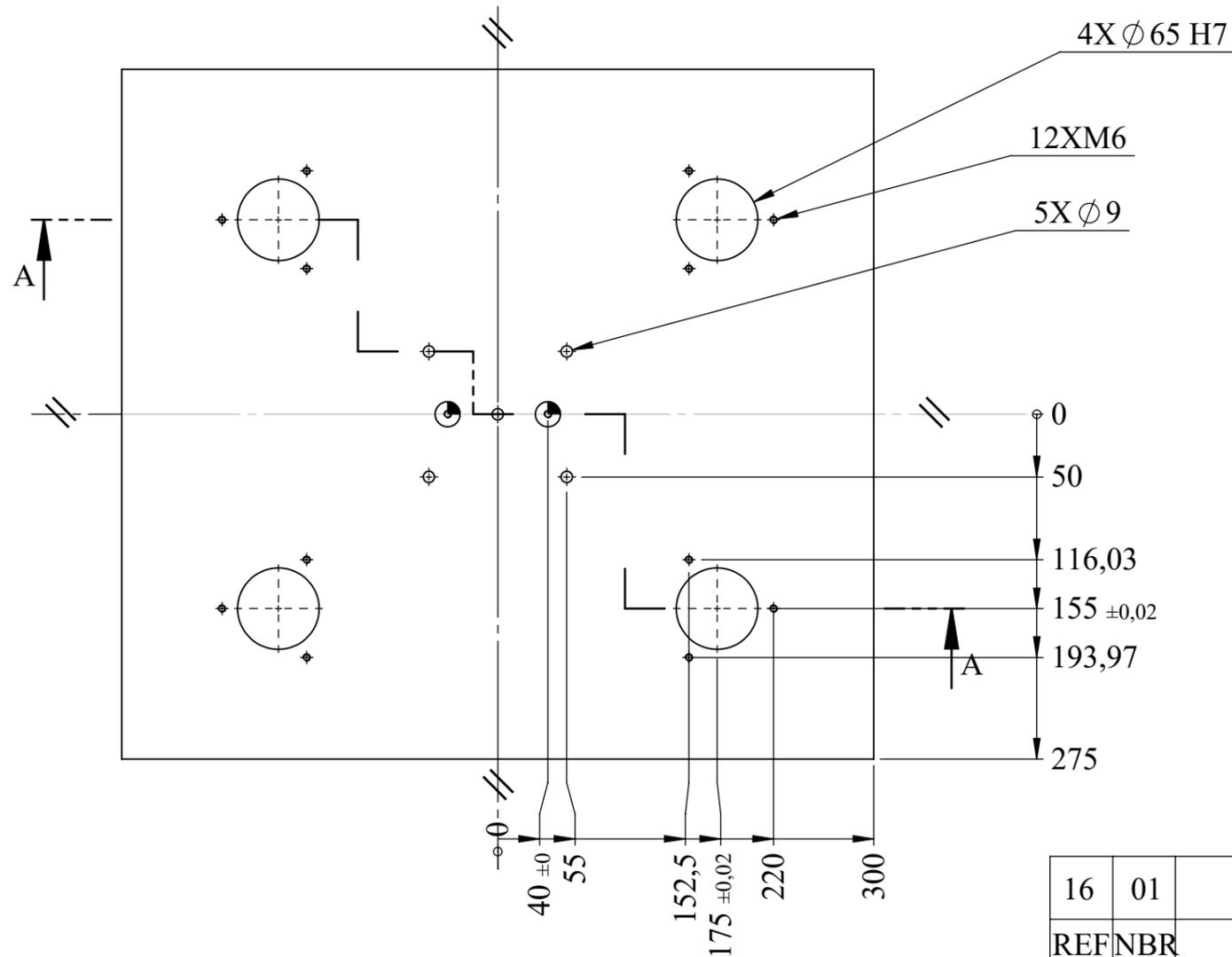
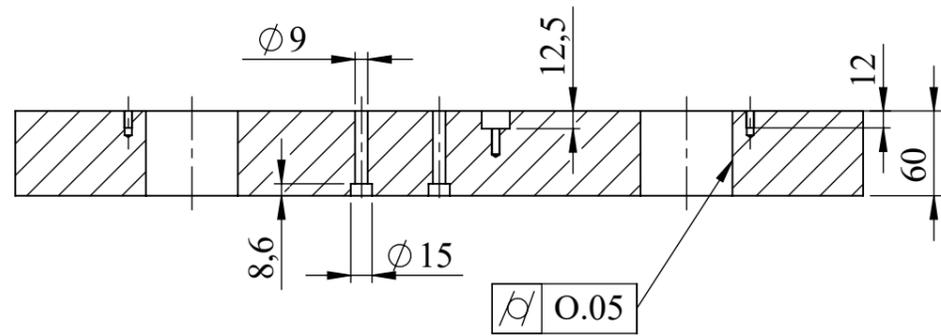


15	04	Vis d'écartement	Acier	Selon ISO 4762
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 1/1		Outil d'emboutissage Support Grille	Etat de surface :	
Planche N°: 15				
		SEDRATI NACERA	2020/2021	
A4		FGC CM UMMTO	MASTER II	

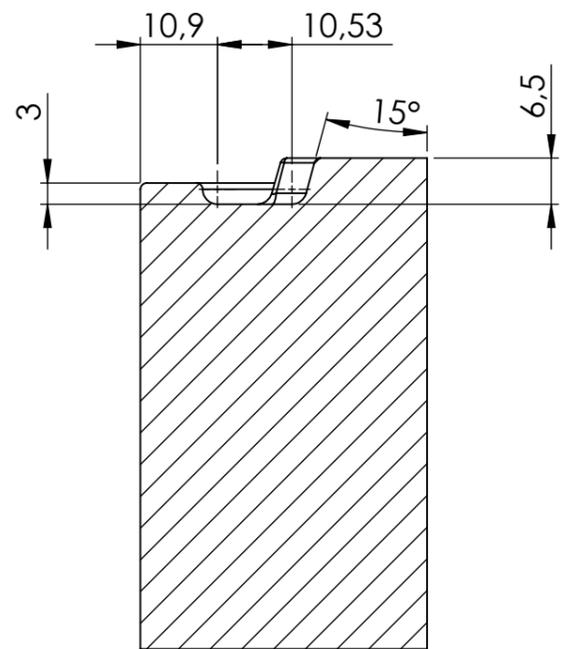


05	01	Poinçon	XC 48	Tr + Rv 50/55 HRC
11	12	Bride de fixation	Acier	-
16	01	Semelle Superieure	Ft 30 / C15	-
18	04	Bague Superieure	Bronze	-
Ref	Nbr	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle1:7		Outil d'emboutissage Support Grille Brûleur	Etat de surface	
Planche N°: 19				
		SEDRATI NACERA	2020/2021	
A3		FGC CM UMMTO	MASTER II	

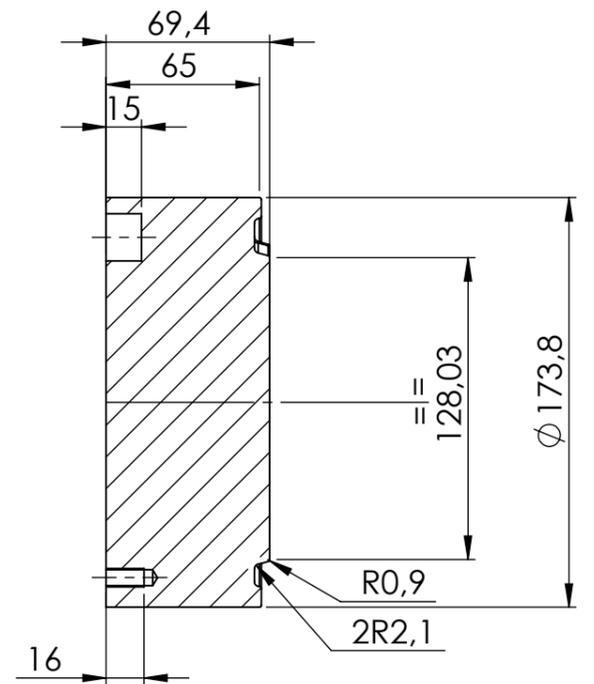
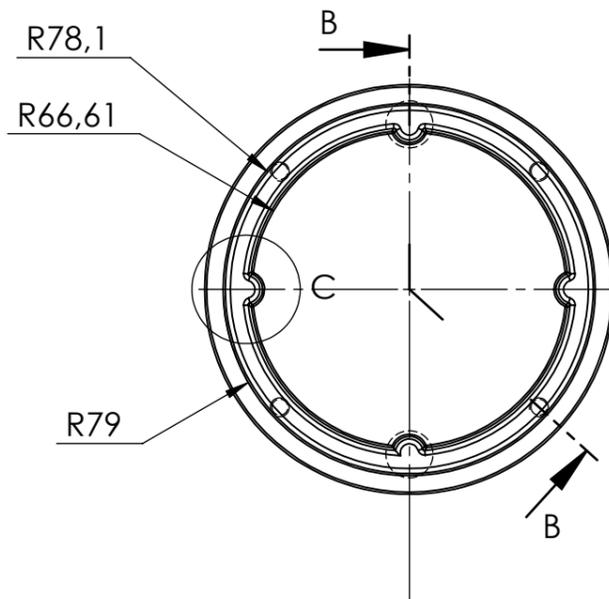
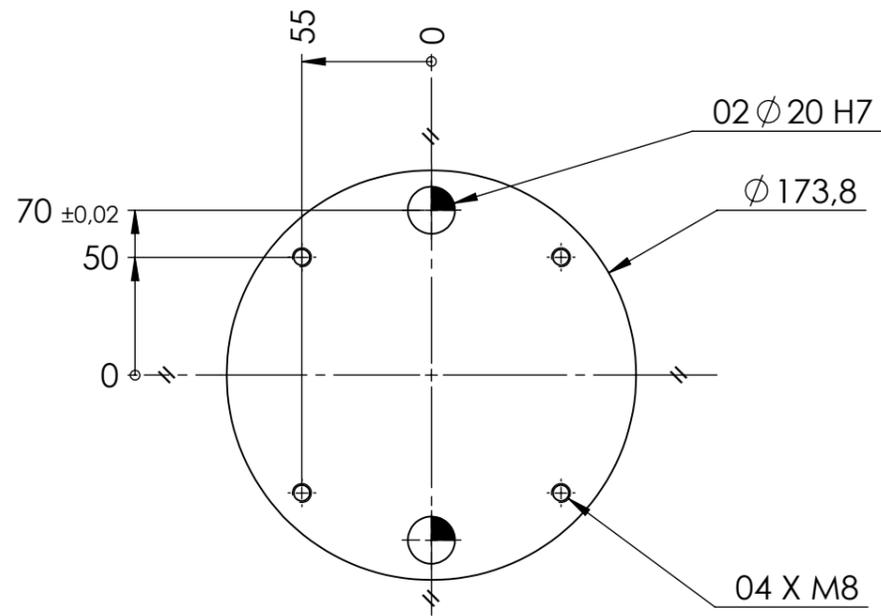
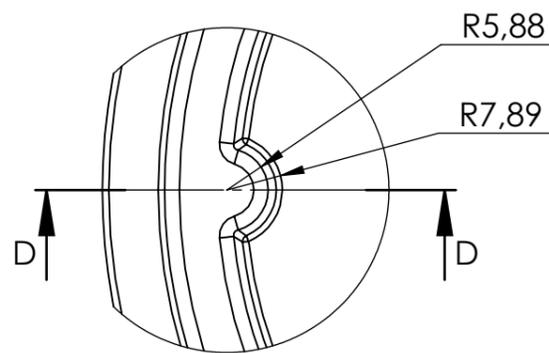
COUPE A-A



16	01	semelle superieure	Ft 30 / C15	-
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle 1:5		Outil d'emboutissage Support grille brûleur	Etat de surface	
Planche N°: 16				
		SEDRATI NACERA	2020/2021	
A3		FGC CM UMMTO	MASTER II	

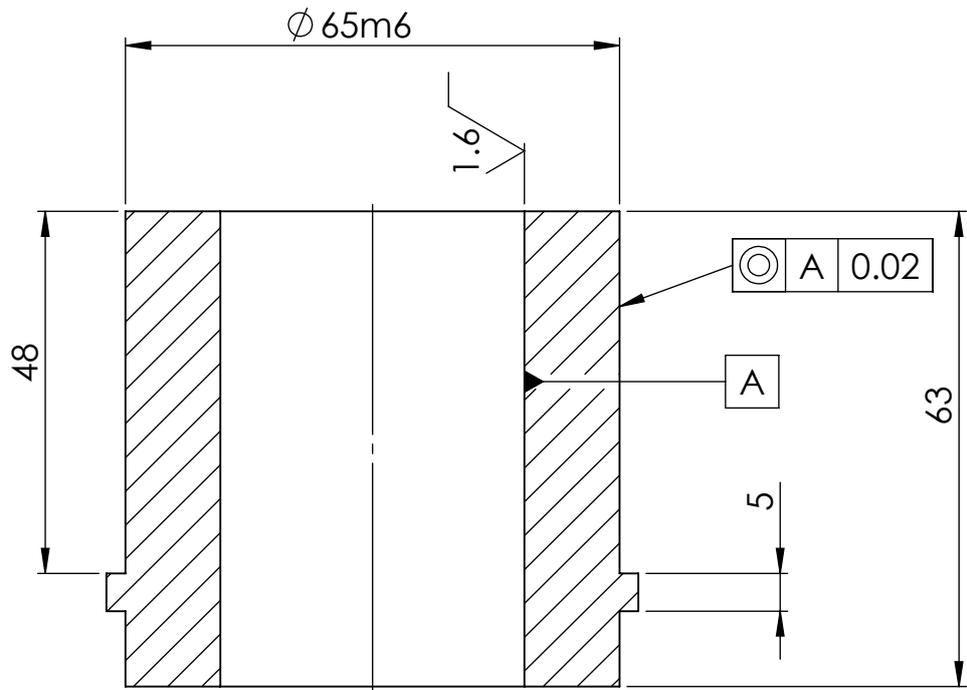


COUPE D-D  
ECHELLE 1 : 1

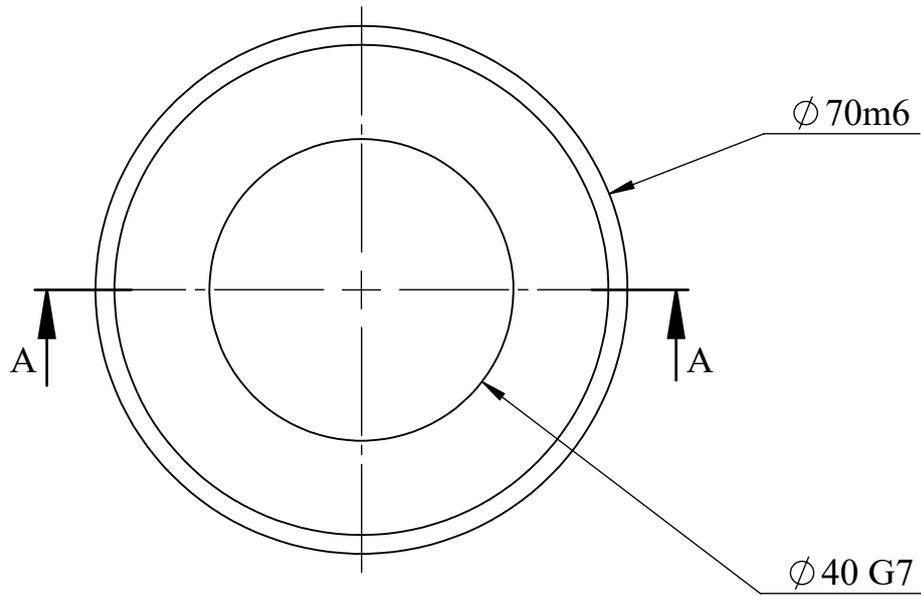


COUPE B-B  
ECHELLE 1 : 3

REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
17	01	Contre poinçon	XC 48	Tr + Rv 50/55 HRC
Echelle 1:1		Outil d'emboutissage Support grille brûleur	SED RATI NACERA	Etat de surface 3.2/
Planche N°: 17				
A3		FGC CM UMMTO	2020/2021 MASTER II	



COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 1



18	04	Bague superieure	Bronze	-
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 1/2		Outil d'emboutissage Support grille	Etat de surface :	
Planche N°: 18			3.2/	
		SEDRATI NACERA	2021/2022	
A4		FGC CM UMMTO	MASTER II	