

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche**  
**Scientifique**  
**UNIVERSITE MOULOUD MAMMERRI de TIZI-OUZOU**

ⵝⵓⵏⵉⵎⵉⵏⵉ ⵏ ⵓⵏⵉⵎⵉⵏⵉ ⵏ ⵓⵏⵉⵎⵉⵏⵉ ⵏ ⵓⵏⵉⵎⵉⵏⵉ



**Faculté du Génie de la Construction**

**Département Génie Mécanique**

## **Mémoire de Fin d'Etudes**

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

**Spécialité : Fabrication mécanique et productive**

### **Thème**

**Etude et conception d'un outil d'emboutissage pour la réalisation d'un cache inférieure de la table cuisson**

**E N I E M**

**Proposé par :**

L'Entreprise Electroménager E N I E M.

**Derigé par:** Mr. Behtani Amar

**Elaboré par :**

Mr.Bessati Idir.

Mr. Aouidad Ihab

**Soutenu le : 01/12/2018 devant les membres de jury**

- **Mr.** Tiachacht Samir président de jury.
- **Mr.** Kacimi Bachir examinateur.
- **Mr.** Behtani Amar promoteur.
- **Mm.** F. Djaouaher co-promotrice.

## Remerciements

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur Mr A. BAHTANI pour son aide, sa disponibilité et ses conseils pour l'aboutissement de ce travail, qu'il trouve ici notre profonde gratitude et toute notre reconnaissance et notre respect.

Nous tenons à remercier aussi notre encadreur au sein de département technique au niveau de l'entreprise ENIEM, Mm F. DJAOUAHER pour son aide et son soutien durant le stage, ainsi que tout le personnel de Service Etude et développement, gestion produit, Unité de Cuisson, particulièrement Mr D.SAADI et Melle L.DJERRA

Ainsi que le service d'outillage nous remercions Mr M.CHAALAL pour son aide et toutes ces informations qui nous ont été très utile.

Nous remercions également les membres du jury qui nous feront l'honneur d'examiner ce travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de ce travail.

## ❖ DÉDICACES

❖ *Je dédie ce travail à ma famille :*

➤ *À mon très cher père, et à ma précieuse mère, à qui je dois mon existence, et le succès dans mon cursus. Que dieu les garde, et les protège.*

➤ *À mes chers frères, et ma sœur.*

➤ *Aux gens qui me sont les plus chers au monde, à mes très chers amis (es), mes proches, et à mes camarades qui m'aiment.*

# Sommaire

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| Listes des figures .....          | I   |
| Liste des symboles .....          | III |
| Introduction générale.....        | 1   |
| Présentation de l'entreprise..... | 3   |
| Présentation du sujet.....        | 6   |

## Chapitre I : La conception mécanique

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| I.1. Définition de la conception .....        | 7                                  |
| I. 2. Le processus de conception :.....       | 7                                  |
| I.3. Les différents types de conception ..... | 7                                  |
| .I.3.1. Conception originale.....             | 7                                  |
| I.3.2. Adaptation .....                       | 8                                  |
| I.3.3. Conception dérivée .....               | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| I.4. Les matériaux en conception.....         | 8                                  |
| I.5.1. Définition de la CAO.....              | 8                                  |
| I.5.2. Historique sur Solid Works.....        | 8                                  |
| I.5.3. Fonctionnement Solid Works .....       | 8                                  |
| I.5.4. Domaines de la CAO :.....              | 10                                 |
| I.5.5. Avantages de la CAO :.....             | 10                                 |
| Conclusion .....                              | 11                                 |

## Chapitre II: la tôle et sa mise en forme

|   |    |
|---|----|
| II.1 Introduction:.....                   | 12 |
| II.2 Les produits plats : .....           | 12 |
| II.3 Procédés d'obtention des tôles ..... | 12 |
| II.3.1 Laminage à chaud : .....           | 13 |
| II.3.2 Laminage quarto :.....             | 13 |
| II.3.3 Laminage à froid : .....           | 14 |
| II.4 L'emboutissage :.....                | 15 |
| II.4.1Principe de l'emboutissage : .....  | 15 |
| II.4.2 Techniques d'emboutissage .....    | 17 |
| II.4.3 Effort d'emboutissage: .....       | 17 |

|  |    |
|--|----|
| II.4.4 Les avantages et les inconvénients de l'emboutissage .....  | 18 |
| II.4.5 principe de l'emboutissage cylindrique .....                | 19 |
| II.4.6 Nombres de passes .....                                     | 20 |
| II.5. Le poinçonnage : .....                                       | 22 |
| II.5.1 : définition : .....  | 22 |
| II.5.2.Le principe : .....   | 22 |
| II.5.3 : Phases de poinçonnage : .....                             | 23 |
| II.5.4 : Influence des paramètres de l'opération de découpage..... | 24 |
| II.5.5 Effort de découpage et de poinçonnage : .....               | 27 |
| II.5.6 Contraintes sur les poinçons:.....                          | 27 |
| II.6 Conclusion :.....   | 29 |

### Chapitre III : Généralités sur les différente presse mécaniques et leurs équipements

|  |    |
|--|----|
| III.1 Introduction : .....                             | 30 |
| III.2 Les Différentes Presses Mécaniques : .....       | 30 |
| III.2.1 Le mode de Transmission d'Énergie : .....      | 30 |
| III.2.1.1 Les Presses Mécaniques .....                 | 30 |
| III.2.1.2 Les Presses Hydrauliques : .....             | 31 |
| III.2.2 La forme du bâti :.....                        | 35 |
| III.2.3 Le nombre de coulisseaux.....                  | 38 |
| III.3 Fonctionnement des Presses Mécaniques :.....     | 40 |
| III.3.1 L'Énergie : .....                              | 40 |
| III.3.2 Les Mécanismes de commande : .....             | 40 |
| III.3.3 L'Embrayage :.....                             | 43 |
| III.4 Les outils de Presses :.....                     | 44 |
| III.4.1 Éléments Principaux des outils de Presses..... | 45 |
| III.4.1.1 Le Poinçon.....                              | 45 |
| III.4.1.2 La Matrice.....                              | 45 |
| III.4.1.3 La Dépouille.....                            | 46 |
| III.4.1.4 L'Affûtage : .....                           | 46 |
| III.4.2 Différents Types d'Outils de Presse : .....    | 47 |
| III.4.2.1 Outils à Découper .....                      | 47 |
| III.4.2.2 Outil à Contre-plaque.....                   | 47 |
| III.4.2.3 Outil à Presse à Bande.....                  | 49 |

|   |    |
|---|----|
| III.4.2.4 Outil Suisse.....                     | 50 |
| III.4.2.5 Outil de Reprise.....                 | 50 |
| III.4.2.6 Outils de Détourage.....              | 51 |
| III.4.2.7 Outils à Came.....                    | 53 |
| III.4.2.8 Outils d'Emboutissage.....            | 54 |
| III.4.2.9 Outil de Cambrage.....                | 56 |
| III.4.3 Outil à Suivre : .....                  | 57 |
| III.5 Montage des Outils sur les Presses :..... | 58 |
| III.5.1 Petite Presse : .....                   | 58 |
| III.5.2 Grosse Presse : .....                   | 59 |
| III.6 Conclusion : .....                        | 60 |

## Chapitre IV: étude et conception d'un outil d'emboutissage

|  |    |
|--|----|
| 5. Calculs et dimensionnements .....                       | 61 |
| 5.1. Calcul de l'effort d'emboutissage : .....             | 61 |
| 5.2. Choix de la presse : .....                            | 62 |
| 5.3. Calcul de l'effort du Serre flan.....                 | 63 |
| 5.4 Calcul des efforts de compression.....                 | 63 |
| 5.4.1. Effort de compression de la matrice.....            | 63 |
| 5.4.2. Effort de compression du poinçon.....               | 64 |
| 5.4.3. Effort de compression de la semelle inférieure..... | 64 |
| 1. Description de l'opération d'emboutissage.....          | 64 |
| 2. Montage de l'outil .....                                | 64 |
| 3. Description de l'outil d'emboutissage : .....           | 65 |
| 3.1. Partie supérieure.....                                | 65 |
| 3.2. Partie inférieure.....                                | 65 |
| 4. Principe de fonctionnement : .....                      | 66 |
| BIBLIOGRAPHIE.....   | 67 |
| Annexes .....  | 68 |

## Listes des figures

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Figure 1</b>  | Organigramme de l'entreprise                                 | 05 |
| <b>Figure 2</b>  | Cache  | 06 |
| <b>Figure 3</b>  | Le processus de conception                                   | 07 |
| <b>Figure 4</b>  | Fenêtre principale de Solide Works (outil)                   | 09 |
| <b>Figure 5</b>  | Fenêtre principale de Solide Works (cache)                   | 10 |
| <b>Figure 6</b>  | Schéma d'une cage quarto de laminage                         | 14 |
| <b>Figure 7</b>  | train de laminage  | 14 |
| <b>Figure 8</b>  | Phase 1 de l'emboutissage                                    | 15 |
| <b>Figure 9</b>  | Phase 2 de l'emboutissage                                    | 16 |
| <b>Figure 10</b> | Phase 3 de l'emboutissage                                    | 16 |
| <b>Figure 11</b> | Phase 4 de l'emboutissage                                    | 16 |
| <b>Figure 12</b> | Direction des efforts Fe et FS                               | 18 |
| <b>Figure 13</b> | Pièce poinçonnée   | 22 |
| <b>Figure 14</b> | Outillage avec rev   | 23 |
| <b>Figure 15</b> | Phases de poinçonnage  | 24 |
| <b>Figure 16</b> | Nomenclature des éléments de la géométrie du découpage       | 25 |
| <b>Figure 17</b> | Jeu de découpage   | 25 |
| <b>Figure 18</b> | Contrainte de compression sur le poinçon                     | 28 |
| <b>Figure 19</b> | L'état d'un flambement du poinçon de découpage               | 29 |
| <b>Figure 20</b> | Principe du système Bielle-Manivelle                         | 31 |
| <b>Figure 21</b> | Presse Hydraulique   | 32 |
| <b>Figure 22</b> | Presse à Col de Cygne  | 35 |
| <b>Figure 23</b> | Presse à Arcade  | 35 |
| <b>Figure 24</b> | Presse à Montant droit                                       | 36 |
| <b>Figure 25</b> | Presse Hydraulique   | 37 |
| <b>Figure 26</b> | Presse à Table Mobile et Bigorne                             | 37 |
| <b>Figure 27</b> | Presse à Double Effets                                       | 38 |
| <b>Figure 28</b> | Presse à Arcade d'emboutissage                               | 38 |
| <b>Figure 29</b> | Système Bielle-Manivelle                                     | 40 |
| <b>Figure 30</b> | Principe du Système Excentrique                              | 40 |
| <b>Figure 31</b> | Exemple du Système Excentrique dans une Presse               | 41 |
| <b>Figure 32</b> | Exemple de Système à Genouillère                             | 41 |
| <b>Figure 33</b> | Principe du Système à Came                                   | 42 |
| <b>Figure 34</b> | Système d'Embrayage à Clavette Tournante.                    | 43 |
| <b>Figure 35</b> | Système d'embrayage à Friction à Commande Électropneumatique | 43 |
| <b>Figure 36</b> | L'Ensemble Poinçon - Matrice                                 | 44 |
| <b>Figure 37</b> | Dimensions d'une Dépouille                                   | 45 |
| <b>Figure 38</b> | Principe d'un Affutage                                       | 45 |
| <b>Figure 39</b> | Géométrie de l'Outil à Découvert Simple                      | 46 |
| <b>Figure 40</b> | Outil à Découvert à Butées                                   | 46 |
| <b>Figure 41</b> | Principe de l'Outil à Contre-plaque à Engrenage              | 47 |

## Listes des figures

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Figure 42</b> | Système d'Outil à Contre - Plaque à Couteau                             | 48 |
| <b>Figure 43</b> | Outil à Presse à Bande  | 48 |
| <b>Figure 44</b> | Principe d'un Outil Suisse  | 49 |
| <b>Figure 45</b> | Guidage du flan sur un Outil de Reprise par diverses façons             | 50 |
| <b>Figure 46</b> | Outils de Détourage Normal  | 51 |
| <b>Figure 47</b> | Outils de Détourage à Ras   | 51 |
| <b>Figure 48</b> | Outils de Détourage-Poinçonnage   | 52 |
| <b>Figure 49</b> | Schéma de principe d'un Outil à came                                    | 52 |
| <b>Figure 50</b> | Principe du travail d'un Outil d'Emboutissage Sans Serre-Flan           | 53 |
| <b>Figure 51</b> | Outil d'Emboutissage à Serre-Flan, placé sur une Presse à Simple Effet  | 54 |
| <b>Figure 52</b> | Outil d'Emboutissage à Serre-Flan, placé sur une Presse à Double Effets | 54 |
| <b>Figure 53</b> | Exemple d'Outil de Cambrage en V  | 55 |
| <b>Figure 54</b> | Exemple d'Outil de Cambrage en U  | 55 |
| <b>Figure 55</b> | Exemple d'Outil de Cambrage en Équerre                                  | 56 |
| <b>Figure 56</b> | Exemple d'un Outil à Suivre avec sa mise en bande                       | 57 |
| <b>Figure 57</b> | Schéma d'une Presse Automatique   | 57 |
| <b>Figure 58</b> | Système de fixation   | 58 |
| <b>Figure 59</b> | Système de fixation de la partie supérieure de l'outil                  | 58 |
| <b>Figure 60</b> | Coulisseau et plateau rainurés sur les Grosses Presses                  | 59 |

# Liste des symboles

**ENIEM** : Entreprise nationale des industries électroménagère

**SONELEC** : Société nationale de fabrication et de montage des appareils électriques et électroniques

**Fe** : Effort d'emboutissage (dan).

**d** : Diamètre du poinçon (mm).

**e** : Epaisseur de la tôle (mm).

**R<sub>m</sub>** : La résistance de la tôle à la traction (MPA).

**K** : Coefficient en fonction d/D

**D** : Diamètre du flan (mm).

**FS** : Effort sur le serre-flan

**F** : Effort de découpage – Poinçonnage (N),

**P** : Périmètre de coupe (mm),

**R<sub>c</sub>** : Résistance au cisaillement de la tôle (MPA),

**K** : Coefficient d'ajustement de la formule.

**σ<sub>com</sub>**: Contrainte de compression (MPA),

**Re** : La limite élastique du poinçon (MPA),

**F** : Effort de découpage (N),

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

**P<sub>f</sub>**: Périmètre de flan

**P<sub>p</sub>**: Périmètre de poinçon

**σ<sub>com</sub>** : effort de compression (N/mm<sup>2</sup>)

**S** : section du poinçon

**Re** : la limite élastique du matériau

# INTRODUCTION GENERALE

## INTRODUCTION GENERALE

---

L'entreprise nationale des industries de l'électroménager (ENIEM) compte diversifier sa gamme de produits fabriqués au niveau de son complexe de Oued Aïssi (Tizi-Ouzou) et améliorer les qualités, et ce, dans le cadre d'un redéploiement de ses activités visant, concurrence oblige, un meilleur positionnement de ses produits sur le marché devenu de plus en plus exigeant.

Les moyens informatiques modernes, et les logiciels dits de conception assistée par ordinateur (CAO), constituent des moyens puissants de calculs, d'analyse des structures mécaniques, dans divers secteurs. C'est le cas du secteur de l'industrie électroménagère. Pour faciliter les déclinaisons de gamme et d'usage, en améliorant principalement, la fonctionnalité, le coût et les méthodes de fabrication, afin de donner une identité au produit, et assurer ainsi une certaine durée de vie.

Malgré ces moyens modernes fascinant par leur facilité, ils ne déchargent pas le concepteur de toute réflexion. Ils exigent bien des connaissances plus étendues pour être utilisées efficacement à travers de nombreuses tâches. En effet, le concepteur ne peut pas modéliser ce qu'il ignore, il doit connaître les lois, et les normes pour élaborer les modèles.

En parlant du secteur de l'électroménager, l'Entreprise Nationale des Industries Électroménagères (ENIEM), toutes ses unités ont adopté ces moyens techniques modernes de conception, et de fabrication, qui a pour objectifs : l'amélioration de la fonctionnalité, la réduction du coût de production tout en respectant les normes légales exigées.

Le secteur du développement du produit, de l'unité cuisson il nous a confié de faire soigneusement, une étude et une conception d'un outil à flan, pour la réalisation d'un cache inférieure de la table cuisson ENIEM, afin qu'ils conviendront à des multiples produits similaires

Vue la forme de la pièce à réaliser (cache), après discussion avec les responsables du service, on a opté pour la conception d'un outil, qui réalisera ce cache, en passant par trois (3) opérations de mise en forme : « Emboutissage, Poinçonnage et Détourage ».

Pour ce projet de fin d'études, on a choisis de répartir les tâches du travail comme suit :

Le travail débutera par une introduction générale, suivie d'une présentation détaillée de l'entreprise (ENIEM).

Le chapitre I, de ce manuscrit est consacré à des généralités sur la conception mécanique.

Le chapitre II, qui cite les procédés d'obtention des tôles, et traite des différents procédés de mise en forme des pièces mécaniques, par déformation plastique, ainsi que les différents paramètres influents, dans ces procédés.

## **INTRODUCTION GENERALE**

---

Le chapitre III, est consacré à des généralités sur les différentes presses mécaniques et leurs équipements.

Le chapitre IV, est le cœur de ce travail, c'est l'étude et la conception de l'outil à flan. Réservé aux différents calculs des efforts, aux dimensionnements, aux choix des matériaux, pour les différents éléments de l'outil, ainsi que le choix de la presse à utiliser.

Le travail ainsi effectué, nous permet de tirer une conclusion générale et des perspectives.

## **Présentation de l'entreprise**

L'ordonnancement de 31/10/1969 portant création de l'entreprise et précise ainsi son objectif : SONELEC (société nationale de fabrication et de montage des appareils électriques et électroniques, ENIEM actuellement) a pour but de promouvoir le développement du matériel électroniques, électriques du secteur public et d'exploitation toutes réalisées on a acquises par elle, on a confiées à sa gestion.

L'ENIEM, se situe dans la zone industrielle d'OUED AISSI à environs de 10 Km de chef-lieu de la wilaya TIZI OUZOU Le complexe d'appareils ménagers(CAM), est une unité de superficie de 51 Hectares dont la surface ouverte représente 104630 m<sup>2</sup> et près de 2000 employés entre cadres et ouvriers.

L'ENIEM (à partir de 1983) ex SONELEC a été chargée de la production et de la commercialisation des électroménagers et disposait à sa création de :

1. Complexe d'appareils ménagers(CAM) de Tizi Ouzou entre en application en juin 1977.
2. Unité lampes de Mohammedia(ULM), entre en production en février 1979.

L'entreprise ENIEM est devenue une société par actions au capital 40 000 000.00 DA en 1989. Aujourd'hui son capital social est de 2 957 500 000.00 DA, détenue en totalité par « Holding mécanique, électrique, électronique », son siège social est situé à Tizi Ouzou

Le champ d'activité de l'ENIEM en la production le développement la recherche dans le domaine de l'électroménager, ainsi que la prise en charge de la fonction commerciale, la promotion des exportations et service après-vente.

Actuellement l'entreprise ENIEM est constituée de :

### **1. La direction générale**

La direction générale est l'unique 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.

### **2. Unité froid**

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

- Transformation des tôles.
- Traitement et revêtement de surface (peinture, plastification).

- Injection plastique et polystyrène.
- Isolation.
- Thermoformage.
- Assemblage.

### **3. Unité cuisson**

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

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

### **4. Unité climatisation**

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

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

### **5. Unité sanitaire**

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

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

### **6. Filiale filamp**

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

# Organisation générale de l'ENIEM

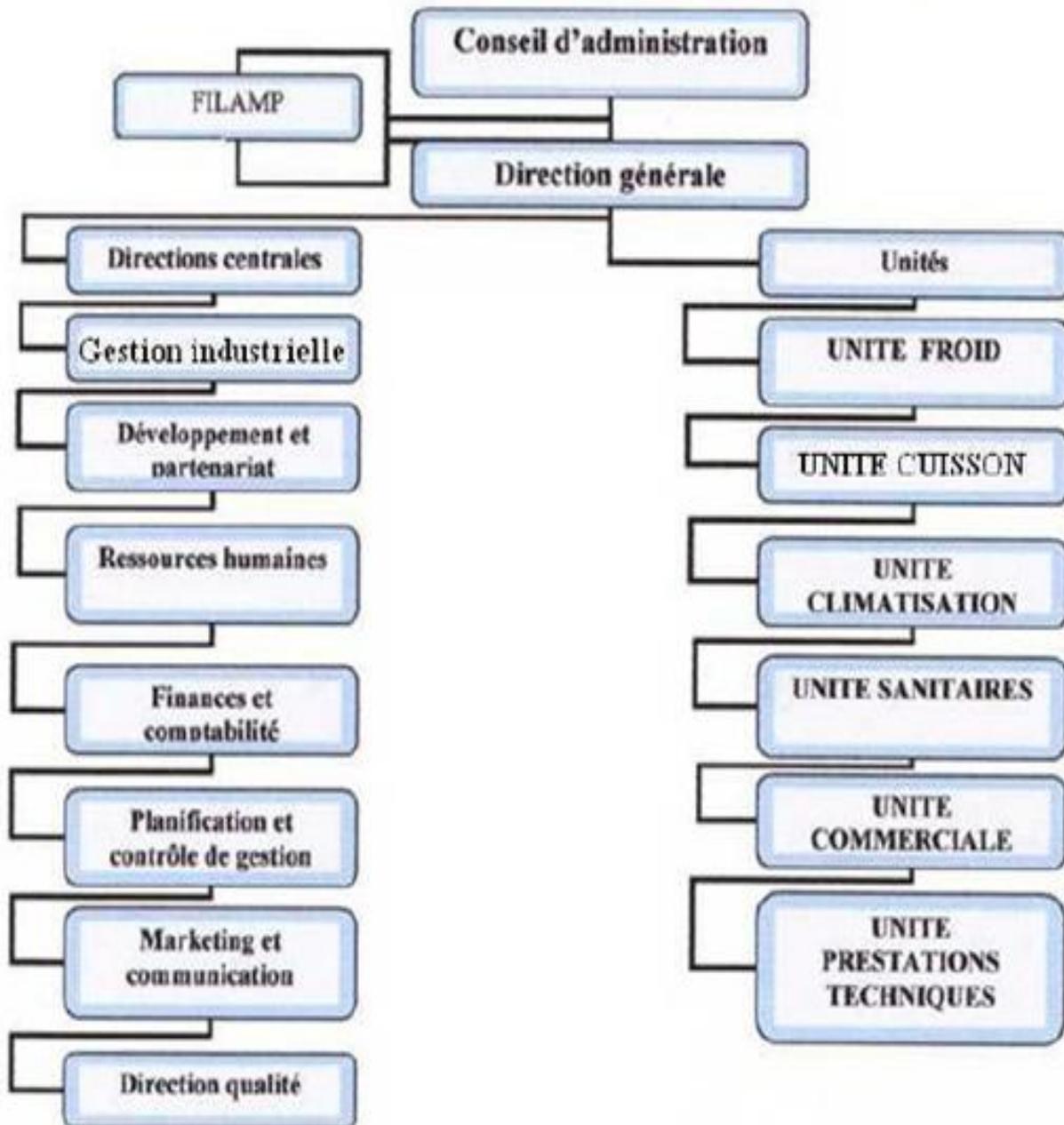


Figure 1 : Organigramme de l'entreprise.

## PRESENTATION DU SUJET

Après l'ouverture économique l'entreprise ENIEM subit une concurrence importante sur le marché de l'électroménager. De jour en jour les changements de design deviennent si fréquents. Pour sa part du marché, elle est obligée d'améliorer ses produits et de concevoir de nouveaux modèles. La cuisinière est l'un des produits visés par l'entreprise pour développer de nouveaux modèles. De ce fait ; parmi les initiatives du service étude et développement ; la conception d'un nouveau cache pour la table de cuisson. Cette pièce constitue un élément principal de la table.

L'amélioration apportée par notre travail est la réalisation d'un cache qui conviendra à de multiples produits similaires. Cela consistera à concevoir un outil d'emboutissage qui permettra former la pièce finale comme prévu dans le cahier des charges.

La figure suivante montre la pièce finale à obtenir.

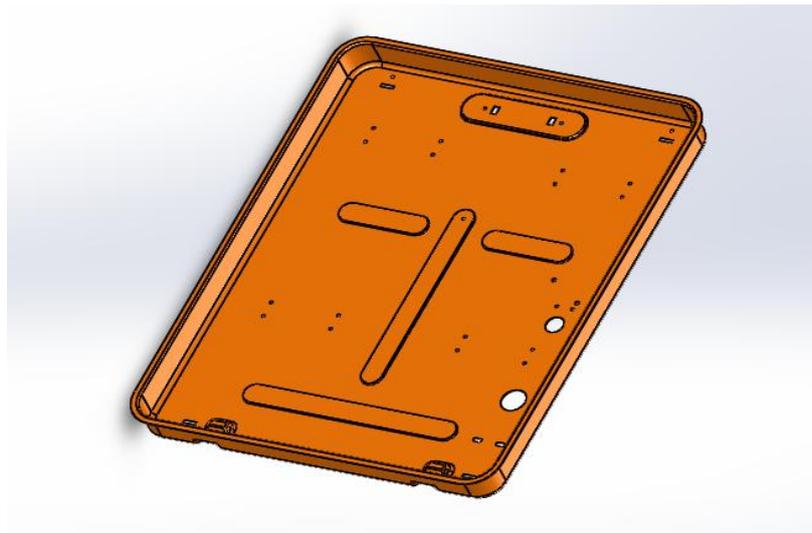
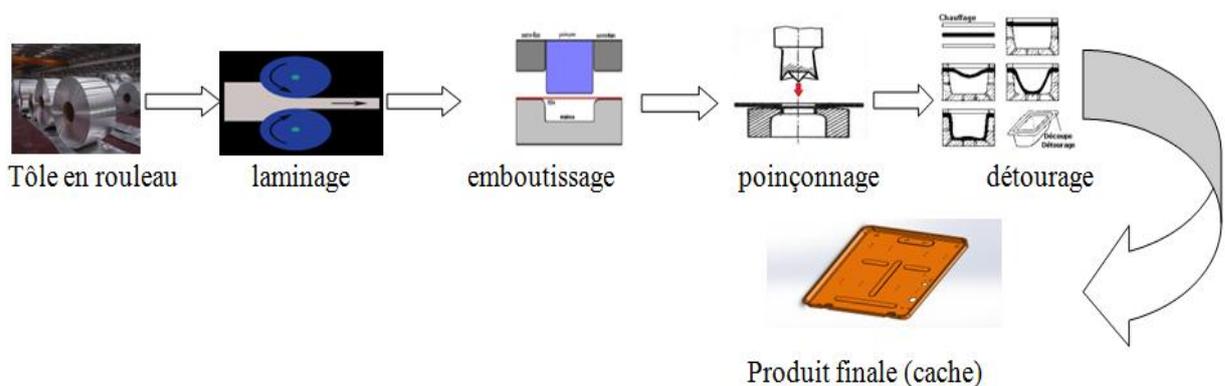


Figure 2 : cache.

Le schéma suivant représente les différentes opérations pour obtenir la pièce finale



# Chapitre I

## La conception mécanique

### I.1. Définition de la conception

Le mot conception fait partie de ces mots qui expriment différentes choses. Tout objet manufacturé, du plus soigné des chapeaux des femmes à la plus grasseuse Des boites de vitesses incarne, d'une façon ou d'une autre, la conception. Nous nous intéressons principalement à la conception mécanique, qui concerne les Principes physiques, le bon fonctionnement et la fabrication de systèmes mécaniques. Nous n'en oublions pas pour autant l'aspect « esthétique industrielle », le design, qui Concerne la forme, la couleur, la texture et avant tout, l'attrait de consommateur, mais Cela vient après. [1]

### I. 2. Le processus de conception :

La conception est un processus itératif : au départ, il y a un besoin de marché ou une nouvelle idée ; à l'arrivée, le cahier des charges complet d'un produit qui répond à ce besoin où concrétise cette idée. Il y a un certain nombre d'étapes entre la formulation de besoin et le cahier de charges du produit, qui sont schématisés dans la figure suivante : [1]

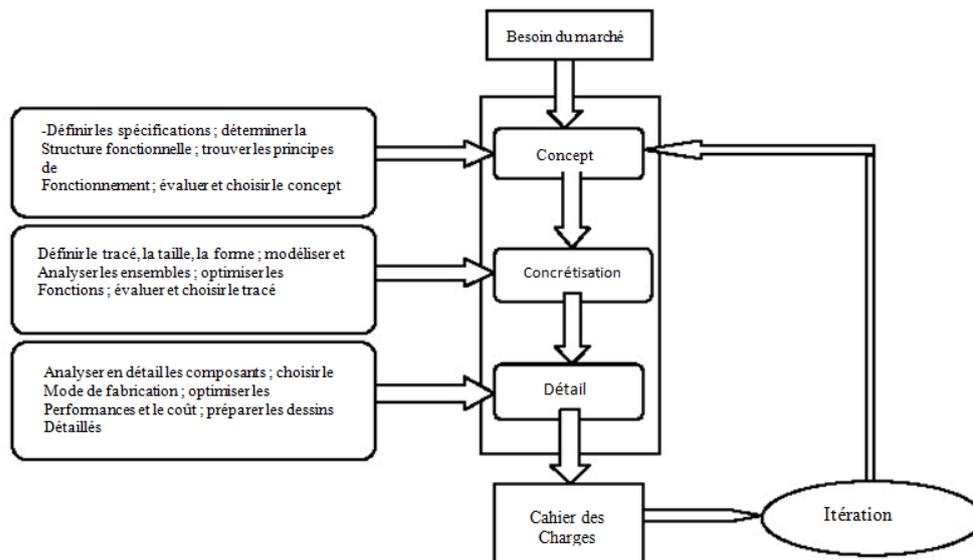


Figure 1 : Le processus de conception.

### I.3. Les différents types de conception

#### I.3.1. Conception originale

Elle implique une nouvelle idée ou un nouveau principe de fonctionnement, comme par exemple le stylo à bille ou le disque compact. Les nouveaux matériaux peuvent offrir de nouvelles et uniques combinaisons de propriétés qui rendent possible une conception originale

le silicium à haute pureté a rendu possible le transistor, le verre à haute pureté, des fibres optiques. [1]

### **I.3.2. Adaptation**

Dans ce cas, on prend un concept existant et on cherche à l'améliorer en affinant son principe de fonctionnement.

### **I.3.3. Conception dérivée**

Elle implique un changement d'échelle, de dimension ou de détail sans changement de la fonction ou de la méthode utilisée.

## **I.4. Les matériaux en conception**

La conception est le processus par lequel une nouvelle idée ou un nouveau besoin est traduit en une suite d'informations détaillées à partir desquelles un produit pourra être fabriqué. Chacune des étapes de ce processus nécessite de choisir des matériaux et les procédés avec lesquels ce produit sera fait. Normalement le choix d'un matériau est un impose par la conception, mais parfois c'est l'inverse.

## **I.5. La conception assistée par ordinateur (CAO)**

### **I.5.1. Définition de la CAO**

La conception assistée par ordinateur (CAO) comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir, et de tester virtuellement des produits. Lorsqu'un système est affecté d'un nombre trop grand de paramètres, il devient difficile de tout contrôler. La CAO permet de concevoir des systèmes dont la complexité dépasse la capacité de l'être humain, et d'apprécier globalement le comportement de l'objet créé avant même que celui-ci n'existe. En CAO, on ne dessine pas, on construit virtuellement un objet capable de réagir dans son espace réel selon des lois régies par le logiciel. Durant notre conception nous avons utilisé le logiciel de conception appelé « Solide Works ». [1]

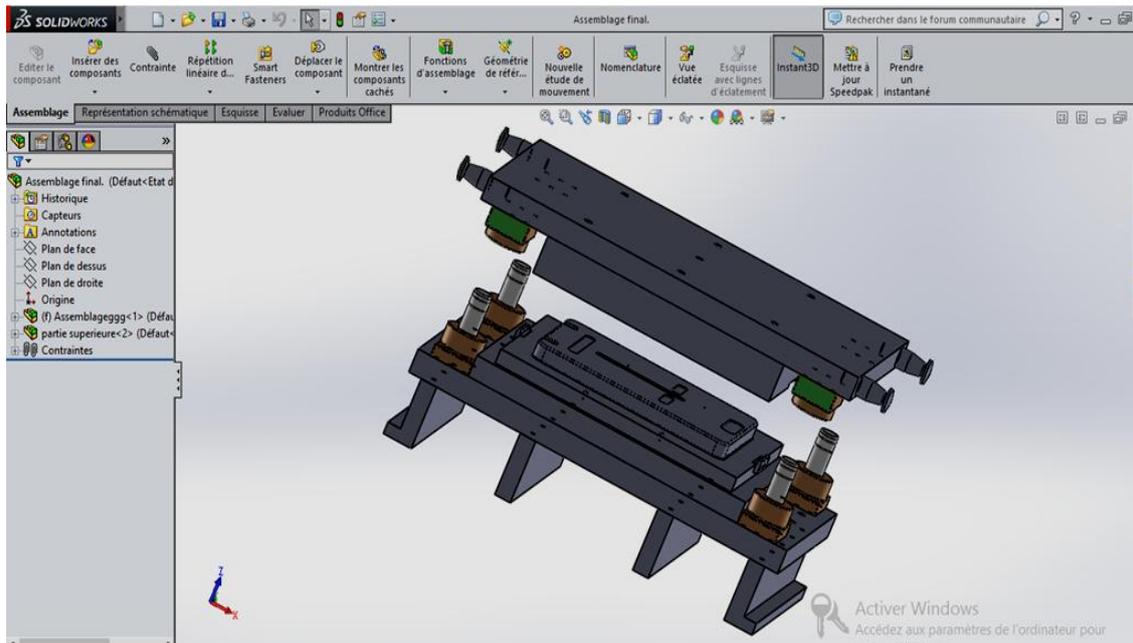
### **I.5.2. Historique sur Solide Works**

Créé en 1993 par l'éditeur américain éponyme, Solide Works a été acheté le 24 juin 1997 par la société Dassault Systèmes. Parmi les plus grandes organisations utilisant Solide Works, on peut citer Michelin, AREVA, Patek Philippe, MegaBlocs, Axiome, ME2C, SACMO, Le Bouloche, Robert Renaud et le Ministère de l'Éducation nationale français.

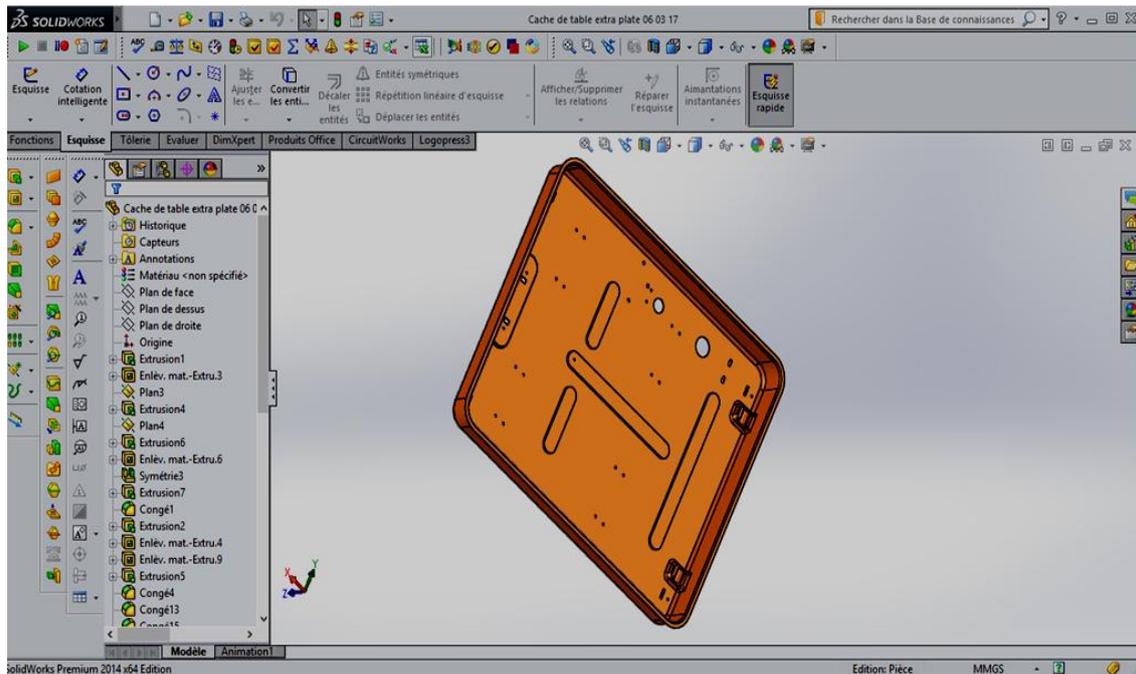
### **I.5.3. Fonctionnement Solide Works**

Solide Works est un modéleur 3D utilisant la conception paramétrique. Il génère 3 types de fichiers relatifs à trois concepts de base : la pièce, l'assemblage et la mise en plan.

Ces fichiers sont en relation. Toute modification à quelque niveau que ce soit est répercutée vers tous les fichiers concernés. Un dossier complet contenant l'ensemble des relatifs à un même système constitue une maquette numérique. De nombreux logiciels viennent compléter l'éditeur Solid Works. Des utilitaires orientés métiers (tôlerie, bois, BTP...), mais aussi des applications de simulation mécanique ou d'image de synthèse travaillent à partir des éléments de la maquette virtuelle.



**Figure 2 : Fenêtre principale de Solide Works (outil).**



**Figure 3 : Fenêtre principale de Solide Works (cache).**

#### I.5.4. Domaines de la CAO

Le développement rapide de la CFAO a permis presque tous les domaines de l'industrie d'en profiter des avantages que présente cette technique, parmi ces domaines on cite :

- fabrication mécanique : conception des moules, usinage des pièces, outillages divers,.....
- Domaine de la mécanique classique : simulation et calculer des matériaux résistance des matériaux, vibration et acoustique.
- Aéronautique : conception des coques d'avions, calculs d'écoulement et aérodynamique.
- Electronique et micro-électronique : assemblage des composant (résistances, capacités, élément de logique....) et leur simulation
- Génie civile : calcule des structures
- Automobiles et transports divers
- La biomécanique : conception des organes artificiels, prothèses

#### I.5.5. Avantages de la CAO

La CAO possède un nombre important d'avantages qui contribuent énormément à l'amélioration de l'industrie en général, de ce fait elle est devenue un élément essentiel. Parmi ces avantages :

- Gain de temps et productivité pour les équipes de conception avec l'utilisation de la modélisation solide.
- Amélioration considérable de la qualité des produit de fait que la CAO permet de contrôler leur qualité avant même leurs production.
- Diversification de la production, par la possibilité de conception des formes complexes.
- Importance des échanges entre concepteurs et réalisateur, du fait d'une définition beaucoup plus complète en CAO.

**Conclusion**

Dans le monde de l'industrie on considère la conception une phase très importante afin de réaliser un nouveau dispositif ou même d'améliorer un autre puisque elle consiste à faire des études sur le sujet et cela aide et facilite sa réalisation .surtout en nos temps avec la conception assistée par ordinateur qui a marqué une avancée importante dans le domaine et a fait gagner beaucoup de temps et d'argent.

**CHAPITRE II :**  
**procédés d'obtention des tôles et mise**  
**en forme des pièces mécaniques**

### **II.1 Introduction**

On entend par tôle, un produit métallique plat, qui peut se présenter sous forme de feuilles ou de bobines. Examinons le plus complètement possible les différents types de tôles formables, en donnant le sens le plus large à ce dernier mot. La fabrication des pièces de tôle aux formes demandées, est obtenue par différentes opérations.

Le but de cette dernière est de conférer à une pièce métallique des dimensions situées dans une fourchette de tolérances données. Les principaux procédés d'obtention des pièces mécaniques sont apparus progressivement, donnant naissance par la suite à diverses variantes, parfois très nombreuses. Les formes modernes des divers procédés sont le plus souvent apparues récemment pour assurer la production en grande série de pièces à faible coût. On note les divers procédés des principaux travaux par déformation plastique : « Emboutissage, Découpage, Poinçonnage, Pliage,...etc. ».

### **II.2 Les produits plats**

Les produits plats sont des produits de section droite presque rectangulaire et dont la largeur est très supérieure à l'épaisseur. Leur surface est techniquement lisse, sont généralement, des tôles qui peuvent se présenter sous forme de feuilles ou de bobines.

### **II.3 Procédés d'obtention des tôles :**

Les étapes globales permettant de transformer la brame (bloc d'acier brut), en une bande mince et large embobinée à chaud, ayant les caractéristiques géométriques et métallurgiques ainsi que l'état de surface requis pour sa transformation ultérieure, sont comme suit :

- Après l'obtention du brut, la brame passe par le procédé de laminage, qui est une opération de mise en forme par déformation plastique, destinée à réduire la section d'un produit de grande longueur, par passage entre deux ou plusieurs outils tournant autour de leur axe, et en sens inverse; C'est la rotation des outils qui entraîne le produit dans l'emprise par l'intermédiaire du frottement.
- Le laminage à chaud s'impose pour deux raisons capitales : La première est que la résistance à chaud du métal décroît très rapidement avec la température, la seconde est d'ordre métallurgique.
- Le laminage à froid provoque un écrouissage du métal. Le laminage ne peut se poursuivre au-delà de la limite de rupture, par ailleurs l'écrouissage peut entraîner un dépassement des capacités de puissance du système de laminage à froid.

En pratique, les premières séries de réductions commencent à chaud afin d'atteindre facilement de fortes déformations du matériau et d'ajuster les propriétés métallurgiques du

produit. Le passage à froid est ensuite nécessaire pour obtenir les caractéristiques géométriques et mécaniques adéquates, ainsi qu'un bon état de surface. [3]

### **II.3.1 Laminage à chaud**

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

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

### **II.3.2 Laminage quarto**

Dans le laminoir quarto, la brame est laminée dans deux cages quarto (constituée de quatre cylindres), une dégrossisseuse et une finisseuse, jusqu'à obtenir l'épaisseur voulue. La plaque ainsi obtenue est refroidie et aplanie. Cette technique permet de laminier des plaques plus larges et/ou plus épaisses que dans un laminoir à chaud de train à bandes. Selon la qualité demandée, les propriétés mécaniques de la tôle quarto sont souvent améliorées après le laminage par des traitements thermiques comme la normalisation. La norme EN10029 précise les tolérances sur les dimensions et la forme de la tôle quarto. Les cages des laminoirs sont généralement quarto, composées de deux cylindres de travail de faible diamètre (de l'ordre de 10 cm), assurant le laminage, et de deux cylindres d'appui de diamètre plus grand, comme schématisé sur la Figure II.6 Différents actionneurs de la cage « vis de serrage, vérins, ... etc. », permettent de régler l'épaisseur correcte en sortie d'emprise.

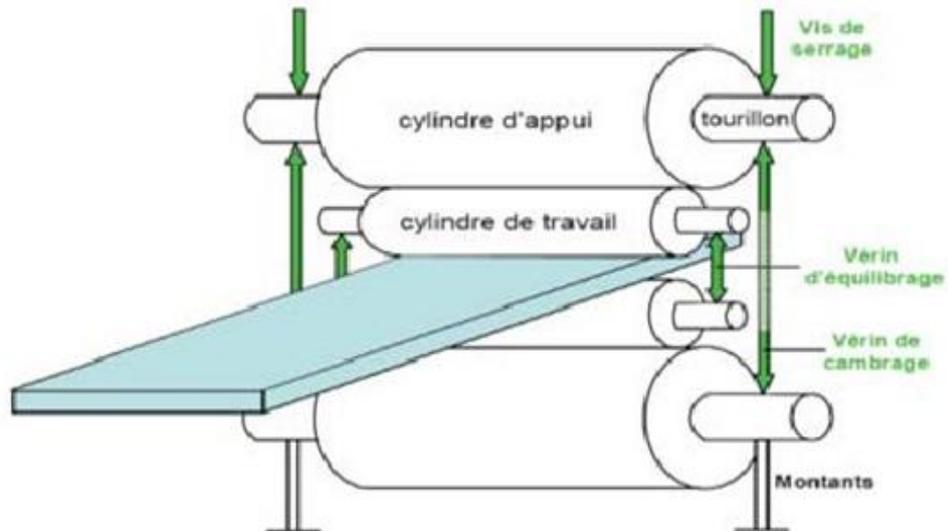


Figure 1 : Schéma d'une cage quarto de laminage

### II.3.3 Laminage à froid :

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

Le laminage à froid est généralement réalisé sur des laminoirs réversibles multicylindres, où plusieurs cages se succèdent, il s'agit d'un train de laminage (Voir la Figure II.7). Deux bobineuses sont disposées de chaque côté des cages pour assurer la traction de la bande. Le laminage s'effectue sous film d'huile minérale afin de faciliter l'écoulement du métal, éliminer la chaleur produite par le laminage et lubrifier les équipements internes de la cage de laminage.

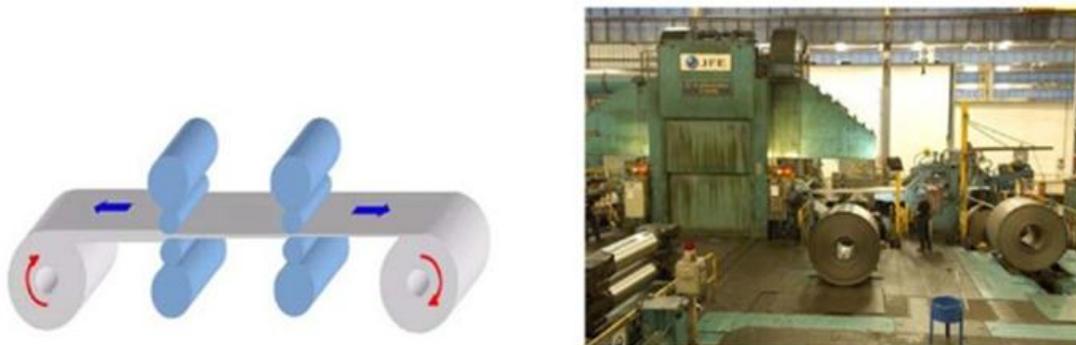


Figure 7 : Train de laminage

### II.4 L'emboutissage

#### Introduction

La technique de formage de métaux en feuilles par emboutissage est très répandue dans l'industrie. La reconnaissance mondiale de ce mode de mise en forme est due en grande partie à la pression d'éléments extérieurs tels que la nécessité croissante d'alléger les produits, la lutte contre la corrosion ou la concurrence des matériaux non métalliques.

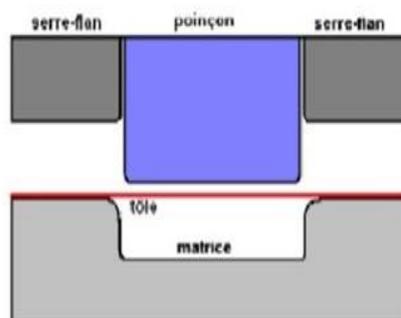
#### Définition

L'emboutissage est un procédé de formage par déformation plastique d'une surface de métal entraînée par un poinçon dans une matrice. Il s'agit d'un procédé de mise en forme très utilisé dans l'industrie, permettant d'obtenir des pièces de surfaces complexes à partir de feuilles de tôle minces, montées sur presse. La tôle appelée « flan », est la matière brute qui n'a pas encore été emboutie. L'opération peut - être réalisée avec ou sans serre flan pour maintenir le flan contre la matrice pendant que le poinçon déforme la feuille. Cette opération permet d'obtenir rapidement des tôles embouties à moindre cout. [4]

#### II.4.1 Principe de l'emboutissage :

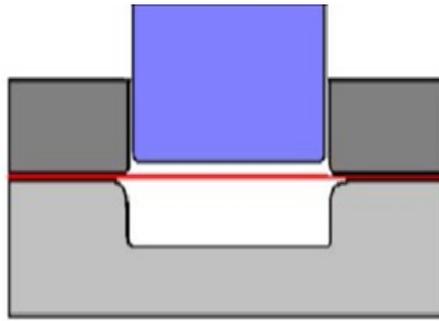
Le principe est basé sur la déformation plastique du matériau. L'emboutissage passe par les phases suivantes :

- Phase 1 : Poinçon et serre flan sont relevés. La tôle, préalablement graissée, est posée sur la matrice (voir la Figure II8).



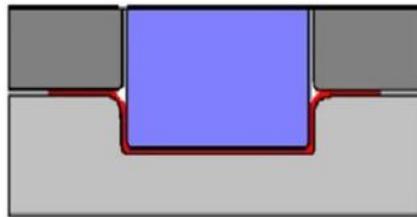
**Figure 2 : Phase 1 de l'emboutissage.**

- Phase 2 : Le serre-flan est descendu et vient appliquer une pression bien déterminée, afin de maintenir la tôle tout en lui permettant de fluer (voir la Figure II.9). [5]



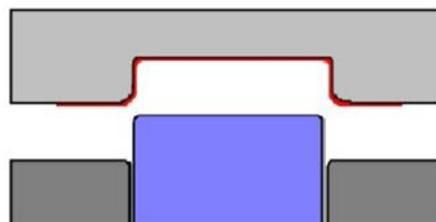
**Figure 3 : Phase 2 de l'emboutissage.**

- Phase 3 : Le poinçon descend et déforme la tôle de façon plastique, en l'appliquant contre le fond de la matrice (voir le FigureIII10). La tôle étant maintenue avec glissement possible entre le serre fan et la matrice, le poinçon est abaissé et vient plaquer la tôle, en la déformant, contre le fond de la matrice. [5]



**Figure 4 : Phase 3 de l'emboutissage.**

- Phase 4 : Le poinçon et le serre flan se relèvent : la pièce conserve la forme acquise (limite d'élasticité dépassée) (voir la Figure III11). La pièce formée reste au fond de la matrice. Il reste jusqu'à l'éjection et son détourage. [5]



**Figure 5 : Phase 4 de l'emboutissage.**

- Phase 5 : On procède au détourage de la pièce, c'est-à-dire à l'élimination des parties devenues inutiles. (Essentiellement les parties saisies par le serre-flan). [5]

### II.4.2 Techniques d'emboutissage

Les principales techniques d'emboutissage existantes dans l'industrie, sont comme suit : [7]

#### a. Emboutissage à froid :

Cette technique consiste à former une pièce à une 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 où les emboutis sont peu profonds ou s'ils nécessitent peu d'effort de serrage. Ce type de formage permet d'obtenir une meilleure précision dimensionnelle, limite les coûts et évite la formation d'oxydes.

#### b. Emboutissage à chaud :

L'emboutissage à chaud est principalement utilisé sur presses hydrauliques simple ou double effet, le formage de fonds 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 bonne qualité, que ce soit au niveau de l'état de surface ou du dimensionnement.

### II.4.3 Effort d'emboutissage:

Dans le cas d'un emboutissage cylindrique, l'effort d'emboutissage se calcule avec la formule suivante : [1]

$$F_e = \pi \cdot d \cdot e \cdot R_m$$

Avec :

$F_e$  : Effort d'emboutissage, (en dan).

$d$  : Diamètre du poinçon, (en mm).

$e$  : Epaisseur de la tôle, (en mm).

$R_m$  : La résistance de la tôle à la traction, (en MPA).

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

$D$  : Diamètre du flan, (en mm).

| $\frac{d}{D}$ | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| K             | 1    | 0.86 | 0.72 | 0.60 | 0.50 | 0.40 |

**Tableau 1 : Tableau de détermination du coefficient K en fonction de (d)/D**

- Effort sur le serre-flan FS :

Avec :

$$F_s = \frac{\pi}{4} \cdot n \cdot (D^2 - d^2) \cdot P$$

P : La pression spécifique sur le serre flan.

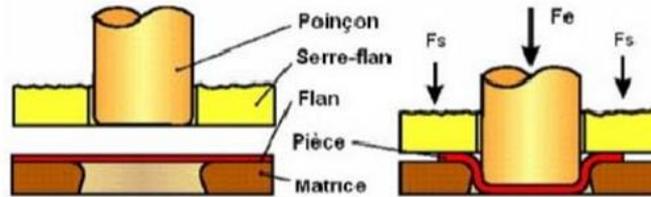


Figure 6 Direction des efforts Fe et FS.

- Pression P en N/mm<sup>2</sup> en fonction du matériau:
- Acier doux: 2,5
- Acier Inoxydable: 2,0
- Aluminium: 1,2
- Duralumin: 1,6
- Laiton: 2,0.

### II.4.4 Les avantages et les inconvénients de l'emboutissage

#### a. Introduction

Il est nécessaire de connaître les avantages et les limites du procédé d'emboutissage des métaux afin de choisir la technique adoptée au choix des charges et aux contraintes industrielles. [9]

#### B .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
- Base prix de revient et cadre de production très élevés : 100 à 200 pièces/heure
- Pièce de gros volumes : 3000 à 4000 pièces/heures [9]

#### c. Les inconvénients d'emboutissage :

- Les zones d'étirement subissant un amincissement important et les zones de rétreint subissant une combinaison d'effets d'épaississement et de plissement.

-les phénomènes du retour élastique (après que le poinçon se retire) conduisant 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 toutes déchirures du métal.

-temps de préparation importants.

-mise au point des outils (poinçon, matrice) très coûteuse et nécessite un savoir-faire de l'entreprise. [9]

### II.4.5 principe de l'emboutissage cylindrique

La tôle, préalablement découpée suivant un disque appelé « flan », est mise en forme par l'action d'un poinçon qui l'oblige à pénétrer dans une matrice.

Le diamètre du poinçon est égal à celui de la matrice diminué de deux épaisseurs de tôle et d'un jeu très faible. [9]

#### Première remarque

Puisque l'intervalle entre les parois de la matrice et celles du poinçon est égal à l'épaisseur de la tôle, la pièce « emboutie » a pour épaisseur, l'épaisseur initiale de la tôle.

L'emboutissage mécanique n'est pas un emboutissage comparable à l'emboutissage manuel qui résulte toujours d'un travail du métal par allongement entraînant une diminution de l'épaisseur.

L'emboutissage mécanique est, en réalité, un travail de rétreinte. La surface du flan d'origine est égale à celle de la pièce à exécuter.

#### Deuxième remarque

Le travail de rétreinte se réalise facilement si le cylindre est peu profond ( $d/D \leq 0,80$ )

D = Diamètre du flan

d = Diamètre du cylindre

La formation et l'importance des plis sont également en rapport avec l'épaisseur du métal car un métal mince se plisse plus facilement qu'un métal épais.

Les plis peuvent se résorber si la différence entre le diamètre D du flan et le diamètre d de l'embouti est inférieure à 20 fois l'épaisseur e du flan  $D-d \leq 20e$

### II.4.6 Nombres de passes

Un embouti donné ne s'obtient pas obligatoirement en une seule passe. Les passes intermédiaires se déterminent en fonction du coefficient de réduction admissible pour le métal que l'on emboutit. Pendant l'emboutissage, des contraintes de compression et de traction se développent dans le métal.

Là où les fibres se raccourcissent, il y a contrainte de compression.

Là où elles s'allongent il y a contrainte de traction

L'embouti se déchire si les contraintes internes atteignent la charge de rupture pour traction du métal [9]

### Coefficient de réduction

Le coefficient varie en fonction de la nature des métaux, de son épaisseur et du taux d'écroutissage admissible pour chaque métal (Voir tableau)

| MATIÈRE                        | $k_1$ | $k_n$ |
|--------------------------------|-------|-------|
| Tôle d'emboutissage ordinaire  | 0,60  | 0,80  |
| Tôle d'emboutissage spéciale   | 0,55  | 0,75  |
| Tôle de carrosserie            | 0,52  | 0,75  |
| Tôle d'acier inoxydable        | 0,52  | 0,80  |
| Cuivre                         | 0,58  | 0,85  |
| Laiton (cuivre + zinc)         | 0,53  | 0,75  |
| Aluminium recuit               | 0,55  | 0,80  |
| Duralumin (aluminium + cuivre) | 0,55  | 0,90  |

Tableau II2 : Coefficient varie en fonction de la nature des métaux

### Cas des pièces cylindriques

D= Diamètre du flan

$d_1$ = Diamètre du 1er embouti,  $d_2$  = Diamètre du 2ème embouti, etc. ;  $k_1$  le coefficient de réduction pour la première passe,  $k_2$  le coefficient de réduction pour la 2ème passe etc.

On a :  $d_1 = k_1 D$ ;  $d_2 = k_2 d_1$  ;  $d_3 = k_2 d_2$  etc.

### Cas des pièces tronconiques

On le calcule en appliquant les mêmes coefficients de réduction que pour un emboutissage cylindrique ; soit pour une tôle en acier doux

Diamètre  $d_1$  du première embouti = Diamètre du flan x 0,6; Diamètre des emboutis suivants :  
 $d_2 = d_1 \times 0,8$  ;  $d_3 = d_2 \times 0,8$ ;  $d_4 = d_3 \times 0,8$  etc.

Le diamètre du fond  $Diamètre_1 = d_2$  de l'embouti suivant. Il en est de même pour les emboutis successifs.

NB : 1- Si l'angle du cône est supérieur à  $80^\circ$  ou à la différence des rayons des bases est inférieur à 10 épaisseurs, l'emboutissage de cônes peut s'exécuter facilement

2- Il existe plusieurs procédés d'emboutissage.

Selon si la matrice sera fixe, ou mobile, selon si l'on utilise un serre-flan ou non, on procédera à de l'emboutissage simple-effet, double-effet ou triple effet.

Cas des pièces hémisphériques

– Avec un poinçon cylindrons-sphérique

Le rayon sphérique  $R$  est égal à celui de la sphère mais dont les diamètres  $d$  du cylindre sont de plus en plus grands

- 1ère passe  $d_1 = 2 (R \cos 45^\circ + 10e)$
- 2ème passe  $d_2 = d_1 + 20e$
- 3ème passe  $d_3 = d_2 + 20e$
- 4ème passe  $d_4 = d_3 + 20e$

## II.5. Le poinçonnage

### II.5.1 : définition :

Le poinçonnage est un procédé semblable au découpage, mais différent par rapport au but de l'opération. Il s'agit de poinçonner, ainsi de conserver la partie extérieure du flan, et le déchet étant la partie intérieure (la surface débouché)

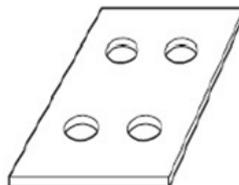


Figure 7 Pièce poinçonnée.

### II.5.2. Le principe

Un poinçon est une matrice remplaçant des lames de la cisaille, tant que le mécanisme de la rupture reste le même. L'effort nécessaire au poinçonnage reste le même sauf que la longueur de découpe dans le cisaillement est remplacée par le périmètre à découper dans le poinçonnage qui est dans la plupart des cas un contour fermé. Les contraintes  $F_2$  (fig10), diamétralement opposées dans le cas de poinçonnage, provoquent une augmentation de diamètre de l'ajoure (périmètre qui reste sur la tôle) et une diminution de celui du déboucheur ou du flan (périmètre de déchet pour un déboucheur ou celui de la pièce pour un flan). Le découpage terminé, l'élasticité de métal crée l'effort inverse, freinant la tôle sur le poinçon et coinçant le déboucheur dans la matrice d'où :

- La nécessité d'un revêtisseur pour maintenir la tôle plaquée pendant le dégagement de poinçon.
- Une hauteur  $h$  à diamètre constant limitée sur la matrice suivie d'une dépouille d'environ  $3^\circ$ .
- L'effort  $F_3$  créé sur le revêtisseur (fig14) est approximativement égale à :  $-F_3 = 7\% F$  en pleine tôle.

$-F_3 = 2\% F$  si la distance de découpe au bord de la tôle est inférieure à  $3e$ .

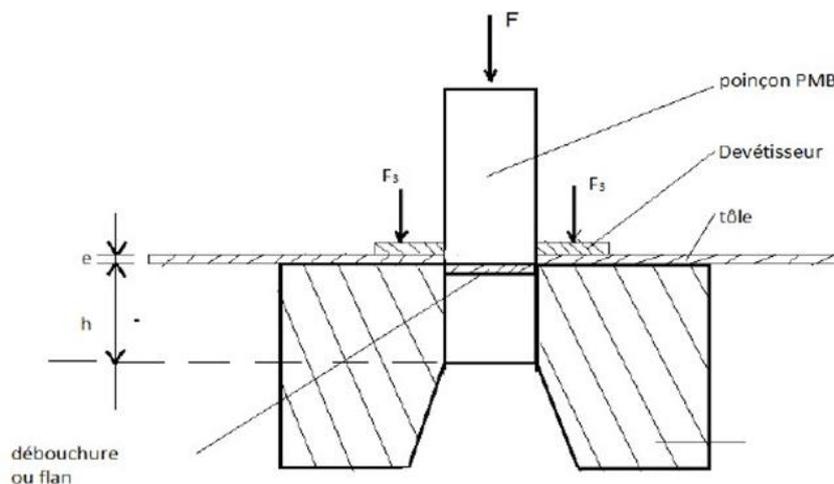


Figure 8 : Outillage avec revêtisseur

### II.5.3 : Phases de poinçonnage :

Le poinçonnage suit un mécanisme identique au procédé de découpage, qui provoque un cisaillement de la tôle. Ce cisaillement est provoqué par l'action de deux lames de

découpage dont l'une agit en opposition au mouvement de l'autre, et, dont le jeu entre les arêtes de coupe, détermine l'intensité des contraintes de cisaillement. Sous l'action de la contrainte imposée par la partie active du poinçon, il se produit une déformation élastique, puis, un glissement avec décohésion du métal. Le poinçon poursuit sa course, et provoque la rupture complète de la tôle. Ainsi, le mouvement de découpe qui correspond à un coup de presse et à la pénétration du poinçon en vue de la découpe (un aller-retour du coulisseau entre le point mort haut et le point mort bas) peut,- être décomposé, en trois phases principales. Cette pénétration du poinçon doit être minimale afin d'éviter sa détérioration. [6]

### - Phase 1 : Indentation du poinçon dans la tôle :

Au début, l'effort croît lentement. Le poinçon s'enfonce lentement sans détacher les particules du métal, commence à pénétrer dans la tôle (légère compression), crée un bombé à l'entrée du bord découpé. Il s'agit de la phase de déformation élastique.

### - Phase 2 : Cisaillement plastique :

Les fibres superficielles sont coupées, alors que les fibres intérieures sont en tension. Le poinçon crée une surface sur le bord découpé, parallèle au flanc du poinçon. Cette surface est d'aspect lisse. L'effort prend sa valeur maximum : « l'effort de cisaillement (séparation et accélération des particules du métal). Des fissures apparaissent au voisinage des arêtes coupantes, du côté poinçon et du côté matrice.

### - Phase 3 : Rupture :

Avant que le poinçon n'ait traversé complètement l'épaisseur de la tôle, une fissure s'initie au niveau des arêtes de coupe de l'outil, provoquée par le dépassement de la limite élastique de la tôle. L'effort tombe jusqu'à la valeur nécessaire pour vaincre le frottement entre les parties détachées de matière et pour l'éjection de la pièce poinçonnée, ces fissures se rejoignent rapidement pour créer la rupture. La zone correspondante du bord découpé est appelée « zone arrachée », la pièce est alors poinçonnée

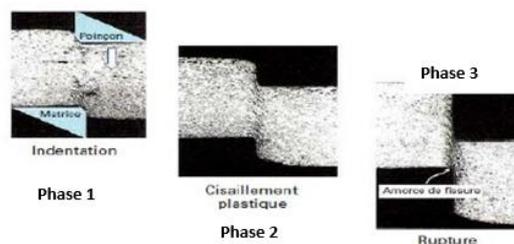


Figure 9 : Phases de poinçonnage.

### II.5.4 : Influence des paramètres de l'opération de découpage

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

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

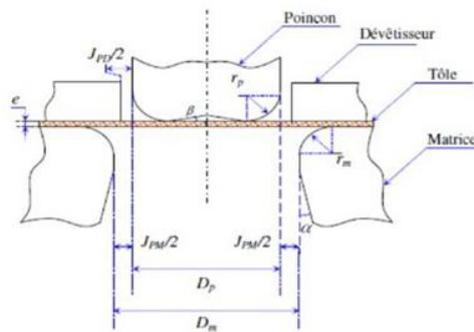


Figure 10 : Nomenclature des éléments de la géométrie du découpage.

#### II.5.4.1 Le jeu de découpage

D'une manière générale, le jeu de découpage est défini comme étant l'espace qui sépare le poinçon de la matrice. Parmi les paramètres importants de l'opération de découpage, le jeu occupe une place majeure. Pour un découpage, le jeu est à prendre sur le poinçon. Pour le poinçonnage, le jeu est à prendre sur la matrice. Donc, pour un bon fonctionnement de l'outil, il est nécessaire d'assurer un jeu fonctionnel entre la matrice et le poinçon. Il réduit le risque de grippage ou de rupture de la matrice. Il permet également de garantir une coupe nette et franche. La valeur du jeu s'évalue en fonction de l'épaisseur de la bande de tôle (de façon à ce que les deux amorces de ruptures se rejoignent parfaitement).

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

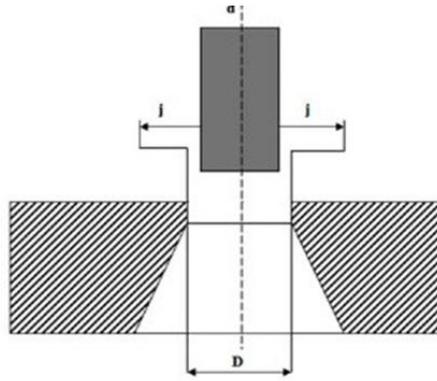


Figure 11 : Jeu de découpage.

### II.5.4.2 Paramètres liés au réglage de l'outil :

Les principaux paramètres qui influent sur le réglage de l'outil, permettant une opération de découpage réussite, sont comme suit : [2]

#### a- Le serre-flan

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

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

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

Cette déformation est liée à un défaut d'appui du serre-flan.

#### b- Pénétration du poinçon dans la matrice

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

L'intérêt d'avoir une pénétration importante est grâce à un meilleur maintien de la déboucheur en matrice, et d'éviter les problèmes de remontée de celle-ci en cours de fabrication. En revanche, les inconvénients sont les suivants :

➤ la cadence de la presse sera plus réduite car une partie plus importante du cycle de la presse sera consommée par la poussée de la déboucheur.

➤ la maintenance de l'outil sera plus importante. En effet, la hauteur d'usure du poinçon (longueur frottée le long du bord découpé) sera accrue, nécessitant des opérations de réaffûtage plus profondes et des changements de poinçon plus fréquents.

### c- Vitesse de découpage

Des études ont montrés que l'effort maximal de découpage diminue, et la hauteur de la zone cisailée augmente lorsque la vitesse de découpage augmente, selon la cadence de la presse. Cette vitesse n'est pas seulement dépendante de la cadence de la presse, mais ainsi, elle est en relation avec les réglages de course, et de la distance de travail que fait la presse. La vitesse s'exprime habituellement en millimètre par seconde (mm/s) et correspond à la vitesse de pénétration du poinçon dans la tôle.

### II.5.4.3 Paramètres liés à l'usure de l'outil

#### A. Lubrification

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

#### B-Matériaux à outil :

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

### II.5.5 Effort de découpage et de poinçonnage :

Les efforts de découpage et de poinçonnage d'un outil à bande, se calculent suivant la formule ci-dessous:

Avec :

$$F = K.P.e.Rc$$

F : Effort de découpage – Poinçonnage, (en N),

P : Périmètre de coupe, (en mm),

e : Epaisseur de la tôle, (en mm),

Rc : Résistance au cisaillement de la tôle, (en MPA),

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

### **II.5.6 Contraintes sur les poinçons:**

#### **A-Contrainte de compression**

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

La condition de résistance de l'outil à la compression est que cette contrainte sollicitée ne doit pas dépasser la limite élastique du matériau à partir duquel est fabriqué le poinçon [2]

$$\sigma_{com} < Re$$

$$\sigma_{com} < \frac{F}{S}$$

Avec :

$\sigma_{com}$ : Contrainte de compression, (en MPA),

Re : La limite élastique du poinçon, (en MPA),

F : Effort de découpage, (en N),

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

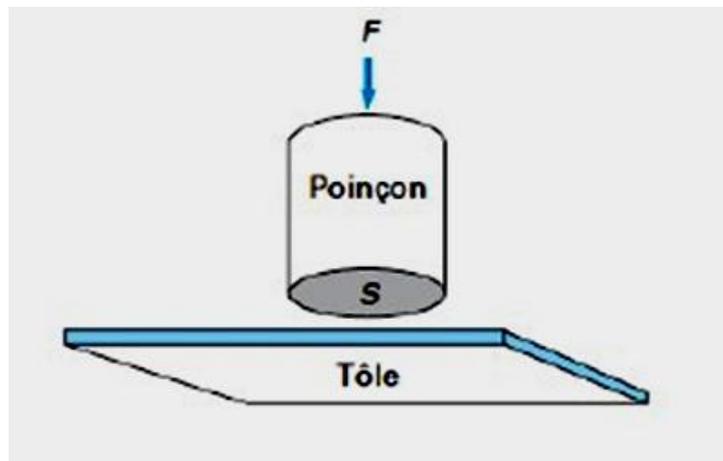
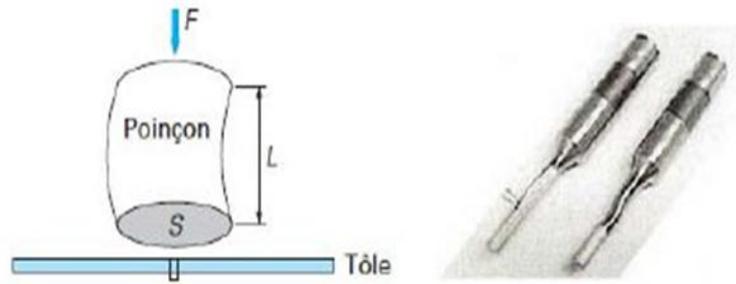


Figure 12 : Contrainte de compression sur le poinçon.

Dans le cas des poinçons ayant de petites sections ou de grandes longueurs, la contrainte de compression peut provoquer un flambement du poinçon. Alors, on prévoit toujours un risque de flambement d'un tel poinçon. Pour cela, on détermine la charge critique ( ) en utilisant la formule du flambement d'Euler. Dans le cas des outils à bande, les poinçons sont encastrés d'un côté, et libre de l'autre côté. La condition de résistance est que l'effort de découpage ne doit pas dépasser la charge critique de flambement du poinçon, comme le montre la relation :

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

$$F < P_{cr}$$



**Figure 13 : L'état d'un flambement du poinçon de découpage.**

### II.6 Conclusion

Avant chaque procédé de mise en forme, le métal doit être obtenu en forme de tôles. Cette dernière est obtenue en passant à partir d'une brame (bloc d'acier brut), par différentes étapes successives de laminage. Les différentes techniques de mise en forme des métaux, par déformation plastique, citées dans le chapitre, ont pour objectif de donner une forme déterminée au métal en forme de tôle, tout en lui imposant une certaine microstructure, afin d'obtenir un produit ayant les propriétés souhaitées. Ces techniques de mise en forme, sont effectuées sur presses, pour minimiser le coût de production, ainsi avoir un produit de forme géométrique souhaitée.

**CHAPITRE III**  
**GÉNÉRALITÉS SUR LES**  
**DIFFÉRENTES PRESSE**  
**MÉCANIQUES ET**  
**LEURS ÉQUIPEMENTS**

### **III.1 Introduction**

Dans l'industrie, plus généralement en construction mécanique, les transformations de métaux en feuilles citées dans le chapitre précédent, passent par plusieurs étapes, et cela nécessite des machines spéciales, comme dans le cas de l'emboutissage, poinçonnage, ...etc. Ces machines sont appelées « Presses » constituées d'un ensemble d'organes mécaniques conçus pour réaliser différents travaux par déformations plastiques, sur des métaux en feuilles (tôles).

La presse est composée essentiellement de deux plateaux susceptibles de se rapprocher par commande mécanique ou hydraulique, pour comprimer, ce qui est placé entre eux. Ces presses sont formées d'une partie mobile (coulisseau), qui porte le poinçon et une partie fixe (bâti) qui porte la matrice. Il s'agit d'une machine qui permet de changer la forme d'une pièce, en lui appliquant une pression.

### **III.2 Les Différentes Presses Mécaniques : [8]**

Les presses mécaniques sont classées suivant plusieurs paramètres, les principaux sont :

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

#### **III.2.1 Le mode de Transmission d'Énergie**

Selon le mode de transmission d'énergie, on distingue deux types de presses :

- Les presses mécaniques.
- Les presses hydrauliques.

##### **III.2.1.1 Les Presses Mécaniques : [8]**

Dans ce type de presse, l'énergie nécessaire au travail de formage des tôles, est fournie par un volant d'inertie, entraîné par un moteur électrique, sous forme d'énergie cinétique. Cette énergie est ensuite transmise au coulisseau, en un mouvement de translation, grâce à un système bielle-manivelle (vilebrequin ou excentrique) imprime le mouvement au coulisseau. On appelle point mort bas PMB, la distance minimale entre la table et le coulisseau, et point mort haut PMH, la distance maximale. La course du coulisseau est égale à deux fois le rayon de la manivelle (voir la Figure III.20). Les presses mécaniques sont d'une plus grande rapidité

de fonctionnement, elles sont plus répandues, car elles permettent d'atteindre des cadences élevées.

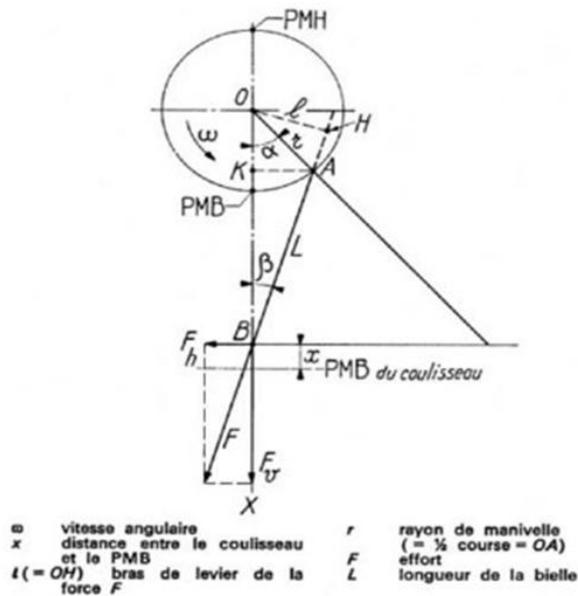


Figure 1 : Principe du système Bielle-Manivelle.

### III.2.1.2 Les Presses Hydrauliques : [10]

Les presses hydrauliques sont comparables aux presses mécaniques, pour la partie structurale. La différence entre ces deux presses est présentée selon les deux modes essentiels suivants:

Il s'agit du mode d'action du coulisseau, et celui du moyen de production de l'énergie nécessaire au formage.

La presse hydraulique contient un coulisseau solidaire d'un vérin alimenté par un groupe hydraulique, et de ce fait, l'effort nominal (pression de la pompe/surface du piston) peut être, à l'inverse des presses mécaniques, appliqué en n'importe quel point de la course.



**Figure 2 : Presse Hydraulique**

### *a .Presses hydrauliques à emboutir pour le formage de tôle*

Dans le formage de la tôle, les presses à emboutir à entraînement hydraulique ont pris une place prépondérante en raison de leurs polyvalences. Forces de pression, course du coulisseau et vitesses de formage sont variables et commandées avec précision. C'est pourquoi l'entraînement hydraulique est particulièrement recommandé pour les pièces embouties en matériaux à emboutabilité difficile. Des avantages économiques supplémentaires sont obtenus par la conception de l'entraînement et l'utilisation des technologies modernes de commande et de régulation. En tant que spécialiste universellement reconnu pour ses unités de formage à entraînement hydraulique, LASCO construit des presses d'emboutissage qui sont des systèmes taillés sur mesure pour les plus hautes exigences de la technologie des presses. Le spectre des pièces à fabriquer est issu des branches telles que l'industrie des sous-traitants de l'automobile, l'industrie électrique, l'industrie des appareils ménagers ou la technique médicale. Suivant les tâches à accomplir, on met en œuvre des presses à simple effet, doubles effets ou plus, qui sont équipées des technologies les plus modernes en matière de coulisseau et de coussins. C'est ainsi que l'on peut également emboutir des pièces compliquées en matériaux à haute rigidité, de façon rentable et avec une qualité constante. Des caractéristiques telles que robustesse, conception claire et ordonnée, sécurité de fonctionnement, confort d'utilisation et simplicité d'entretien donnent aux solutions LASCO une place de choix lors des comparaisons mondiales des machines. Nos presses hydrauliques se distinguent par une rigidité importante du bâti, des vitesses élevées

d'emboutissage sous charge, une rapidité de montée en pression et d'inversion de mouvement. Avec la série TZP,

Ainsi qu'avec les nombreuses options existantes, et la gamme étendue d'accessoires, nous proposons des presses efficaces pour chaque domaine d'utilisation. Fidèle au principe « qu'on ne doit pas laisser à d'autres le soin de la qualité », la prestation de LASCO ne se limite pas seulement à la conception, la fabrication et l'assemblage de composants standardisés, mais englobe l'ensemble des prestations. De l'étendue de notre capacité de production résulte une qualité certifiée et une flexibilité nous permettant de pouvoir répondre de façon simple et rapide aux désirs et aux exigences de nos clients

### ***b. Des caractéristiques fondamentales de qualité***

#### ***Bâtis de presse :***

Suivant la surface de table, la hauteur libre, la course de coulisseau et le travail à accomplir, nos bâtis de presse sont conçus en monobloc ou en plusieurs parties.

-Bâtis de presse monobloc en mécano soudée avec recuit de détentionnement.

-Bâtis de presse en plusieurs parties, comprenant la table de presse, les montants latéraux et le chapiteau, et reliés ensemble par quatre tirants précontraints pour former un cadre fermé.

Lors des études, nous tenons compte avec souplesse des conditions d'implantation de l'utilisateur. C'est ainsi que, par exemple, nous installons l'entraînement hydraulique en fonction de la hauteur du hall, soit directement sur le chapiteau, soit séparément à côté de la presse, ou encore dans le sous-sol.

#### ***Plaque de protection de table de presse :***

Afin de protéger la table de presse de l'usure, les presses LASCO disposent d'une plaque de protection goupillée et vissée sur la table, et qui est facile à mettre et à enlever pour d'éventuels travaux complémentaires. De façon standard, des rainures en T sont prévues pour la fixation des outils. Celles-ci sont utiles par exemple pour l'emploi de dispositifs de bridage ou de barres de serrage hydrauliques.

#### ***Cylindre de presse :***

Le cylindre de presse est en acier forgé et l'alésage intérieur est rodé. La soupape de remplissage est placée directement sur le fond du cylindre et permet des temps très courts de remplissage et de vidange, autorisant des vitesses rapides de montée et de descente du coulisseau. Côté tige, des garnitures en V en exécution divisée, assurent une parfaite étanchéité du piston de presse.

### ***Piston de vérin***

Le piston de vérin est forgé. Ses surfaces coulissantes sont trempées et rectifiées polies. Dans la zone supérieure d'étanchéité et de guidage, une couche de bronze rapportée par soudage garantit des qualités de glissement optimales

### ***Coulisseau***

Le coulisseau est réalisé en construction mécano soudée décantant par recuit de détentionnement. Les glissières de Coupe schématisée et simplifiée du bâti d'une presse d'emboutissage LASCO. À gauche en version monobloc, à droite en plusieurs parties avec tirants. Guidage multiple sont usinées dans le coulisseau.

### ***Système de guidage***

Le système de guidage est conçu, selon les exigences, comme un système de guidage multiple. Pour l'appariement, on utilise par ex. le couple bronze-acier. Les glissières en acier sont nitrurées. Les barres de guidage sont réglables pour assurer un jeu minimum.

Le long guidage du coulisseau et la grande rigidité de la presse permettent ... largement éprouvé en utilisation d'accepter en toute sécurité des charges excentré

### ***Sécurité coulisseau***

Une chandelle, actionnée pneumatique et contrôlée électriquement, assure la sécurité du travail dans le laboratoire presse en empêchant tous mouvements intempestifs du coulisseau. Le coulisseau peut être verrouillé en position haute. La fonction sécurité est intégrée dans la commande de presse.

## **III.2.2 La forme du bâti :**

### **III.2.2.1 Presses à Col de Cygne**

Les presses à col de cygne sont employées pour tous les travaux de découpage, d'ajourage, de pliage et souvent pour des petites pièces, de grandes séries. La forme en col de cygne rend la table et le coulisseau très accessibles. Ces presses sont souvent inclinables de 30° en arrière, ce qui permet une évacuation aisée des pièces par gravité. Sous charge, le bâti se déforme élastiquement et provoque un déplacement angulaire des deux parties de l'outil, préjudiciable à leur bon fonctionnement. De ce fait, les bâtis à col de cygne sont réservés aux presses développant au maximum 2 000 KN d'effort.

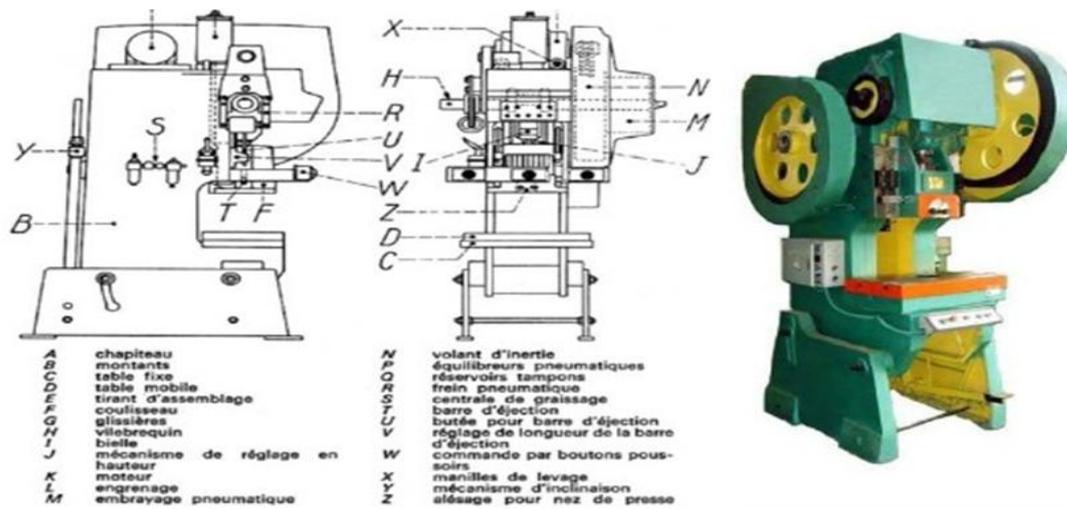


Figure 3 : Presse à Col de Cygne.

### III.2.2.2 Presses à Arcade :

Les presses à arcade sont assemblées sur un bâti monobloc rigide. Elles sont dotées d'une puissance allant jusqu'à 300 Tonnes-force. Ce qui leur permet de supporter des efforts importants tout en assurant une grande précision dans le guidage des outils.

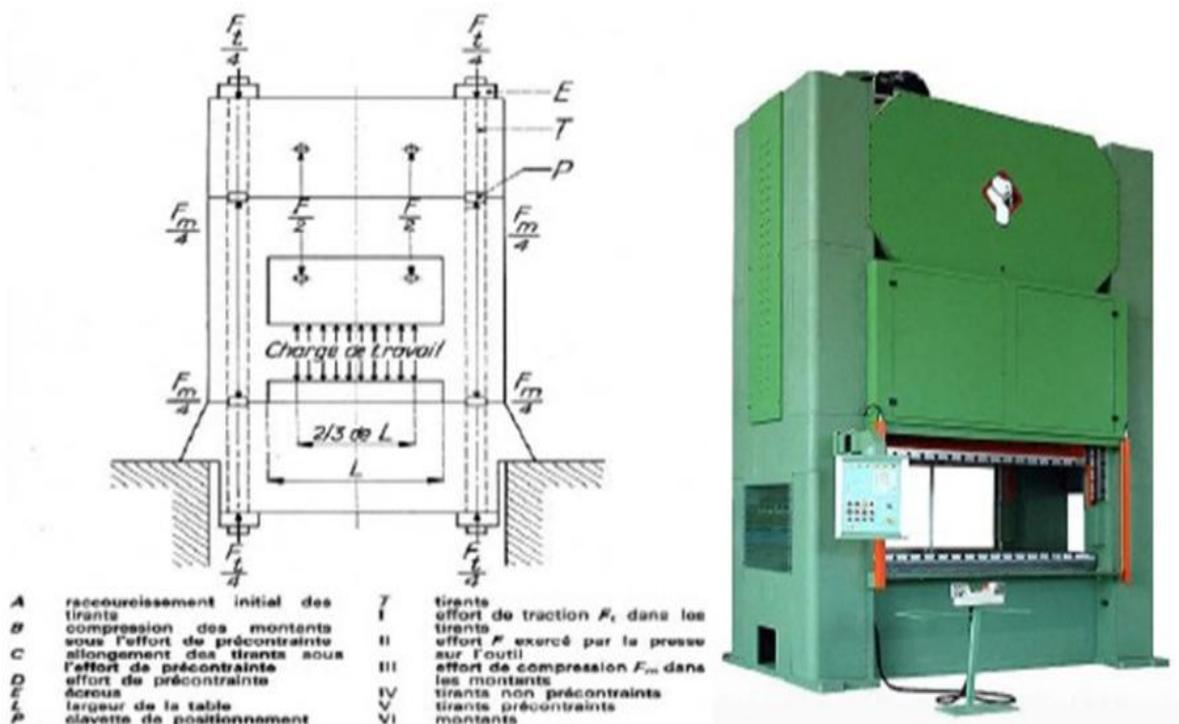


Figure 4 : Presse à Arcade.

### III.2.2.3 Presses à Montants Droits

Les presses à montants droits ont un bâti qui se compose de trois (03) éléments : la Table, les Montants et le Chapiteau, sont reliés par des tirants, en acier serrés à chaud. Les distances entre le Chapiteau, la Table et celles entre les montants, sont choisies, selon la mission ou le travail, à exécuter. Ayant de grandes puissances et étant robustes, ces presses peuvent atteindre des dimensions importantes.

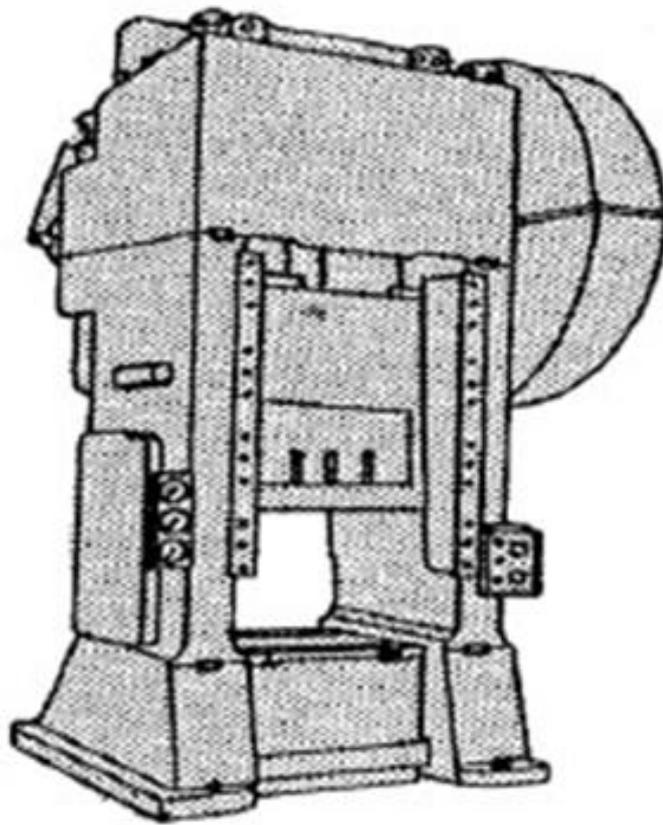


Figure 5 : Presse à Montant droit.

### III.2.2.4 Presses à Colonnes

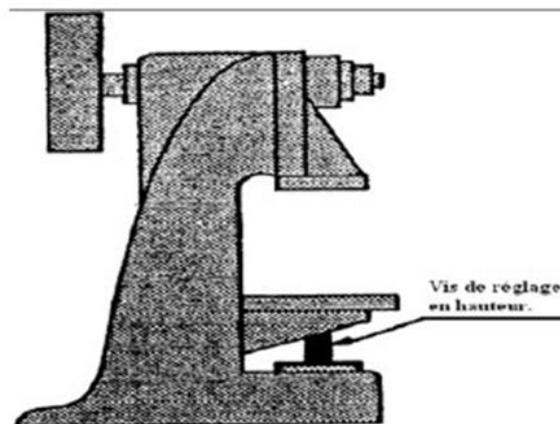
À cadence élevée, les presses à colonnes sont employées beaucoup plus, pour le forgeage et le matriçage. Ces presses sont équipées de quatre(04) colonnes cylindriques, liant la partie supérieure et la partie inférieure de la presse. L'entraînement du coulisseau est réalisé par les quatre (04) colonnes.



**Figure 6 Presse Hydraulique**

### III.2.2.5 Presses à Table Mobile et Bigorne

Ce sont des presses équipées d'une table mobile et réglable en hauteur, ce qui autorise le montage d'outil, d'une hauteur importante. Par une simple rotation de la table, permettra le montage et l'utilisation de la bigorne qui permet d'effectuer des poinçonnages latéraux, de gros emboutis.



**Figure 7 : Presse à Table Mobile et Bigorne.**

### III.2.3 Le nombre de coulisseaux

#### III.2.3.1 Presse à Simple Effet

Il s'agit d'une presse qui ne comporte qu'un seul coulisseau actionné par une ou plusieurs bielles. Elles sont spécifiquement destinées aux opérations de reprise, équipées d'un coussin inférieur, destiné à assurer l'effet du serre-flan, elles couvrent ainsi toute la gamme des efforts allant de 10 jusqu' à 30 000 KN.

### III.2.3.2 Presse à Double Effets

À double effets, ces presses comportent deux (02) coulisseaux, un coulisseau serre-flan guidé par le bâti en arcade, et, guidant le coulisseau plongeur, qui supporte le poinçon. Le coulisseau qui porte le serre-flan entre en contact en premier avec la tôle, pour assurer le serrage avant que, le poinçon amorce sa descente. Il doit rester immobile durant tout le travail de poinçonnage.

Les deux (02) coulisseaux sont actionnés par le même arbre moteur à l'aide d'un mécanisme, qui procure deux cinématiques différentes.

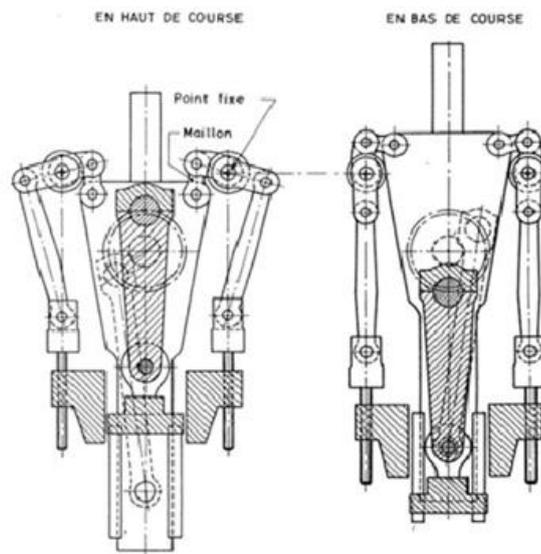


Figure 8 : Presse à Double Effets

### III.2.3.3 Presse à Triple Effets

De principe similaire à celui du double effets, possédant en plus un troisième coulisseau inférieur, qui a sa propre cinématique. La presse à triple effets est utilisée fréquemment, pour la carrosserie, qui nécessite des contre-emboutis, peu profonds. L'avantage quant à l'utilisation des presses à triple effets, c'est d'éviter une opération de reprise sur une autre presse.

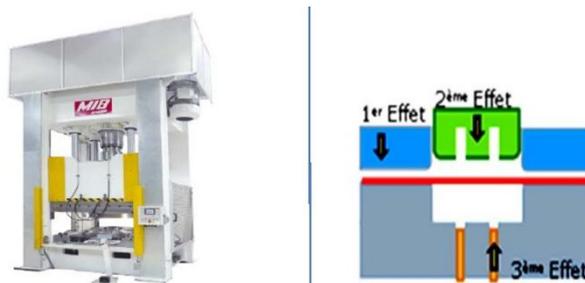


Figure 9 : Presse à Arcade d'emboutissage

### **III.3 Fonctionnement des Presses Mécaniques**

Le principe de fonctionnement d'une presse mécanique, est à base d'énergie fournie par un moteur électrique, cette dernière est emmagasinée par un volant. Puis, elle est transmise au coulisseau par l'intermédiaire d'un mécanisme approprié, qui permet son bon fonctionnement.

#### **III.3.1 L'Énergie**

Le volant d'inertie, qui a emmagasiné l'énergie fournie par le moteur, en cède une quantité d'énergie pendant l'opération de formage. Ce qui se traduit par un ralentissement du volant. Au début de l'opération, le volant doit avoir récupéré la totalité de l'énergie dépensée, sous peine de subir un ralentissement de plus en plus important pouvant, à la limite, le conduire à l'arrêt complet.

#### **III.3.2 Les Mécanismes de commande**

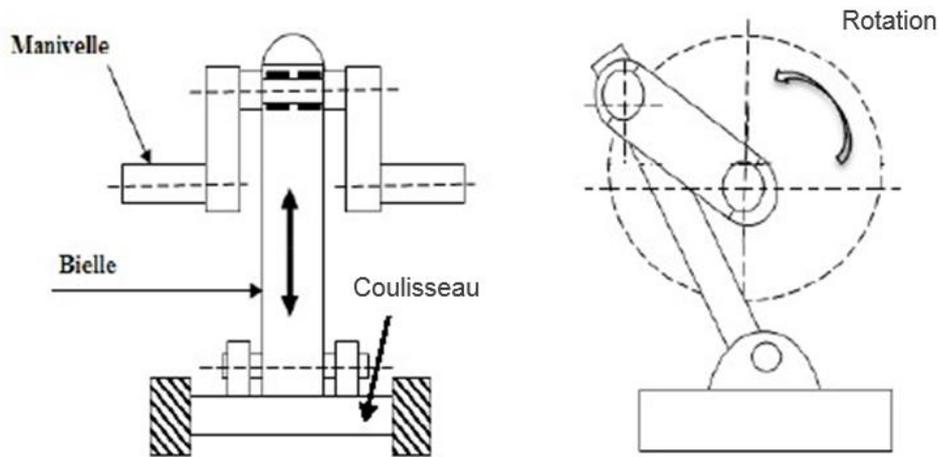
Ils permettent de transformer le mouvement circulaire uniforme du moteur, en mouvement rectiligne alternatif du coulisseau, en utilisant les systèmes suivants :

##### ***a. Système Bielle-Manivelle***

Il s'agit d'un système mécanique de transformation de mouvement, qui transmet le mouvement au coulisseau. Ce système se base sur quatre (04) éléments principaux :

- Une bielle ;
- Une manivelle ou bien un vilebrequin ;
- Un coulisseau ;
- Un bâti.

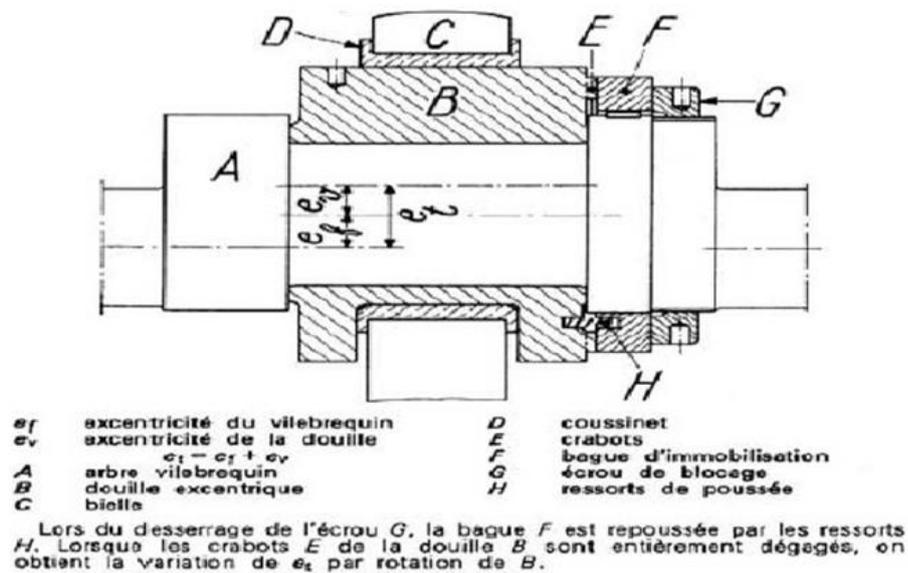
La transformation du mouvement se fait par la rotation continue du vilebrequin autour de son axe, qui transmettra ainsi, un mouvement rectiligne alterné, pour le coulisseau.



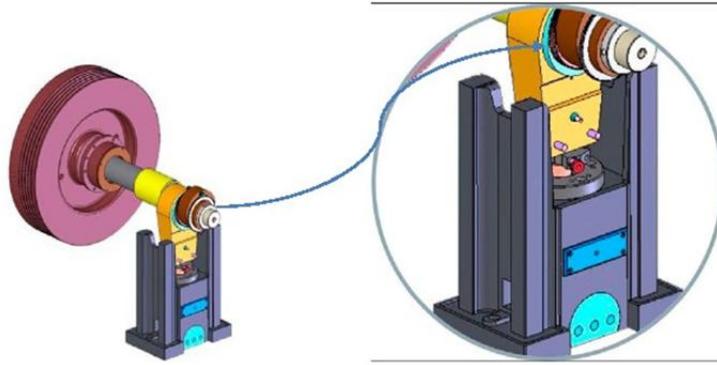
**Figure 10 Système Bielle-Manivelle.**

**b. Système Excentrique**

Il s'agit d'un mécanisme donnant au coulisseau un mouvement rectiligne, en se rapprochant, et, s'éloignant de l'axe de rotation de l'arbre. Ce système transforme un mouvement de rotation, en un mouvement de translation oscillatoire.



**Figure 11 : Principe du Système Excentrique.**



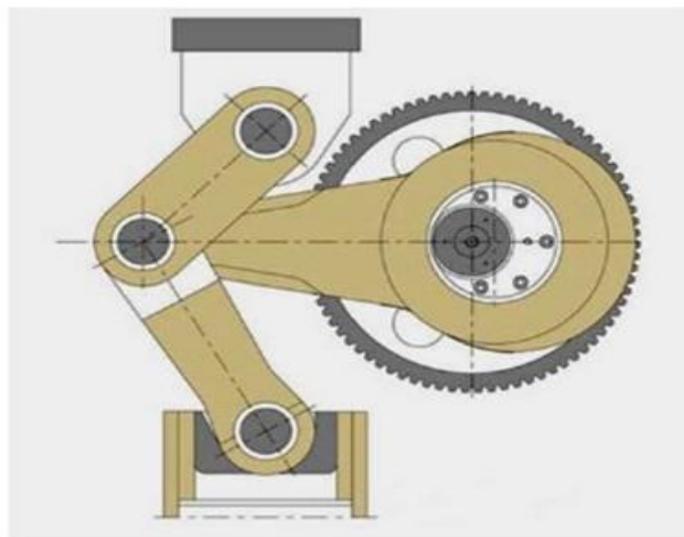
**Figure 12 : Exemple du Système Excentrique dans une Presse**

***c. Système à Genouillère***

Le système à genouillère se compose d'un mécanisme de trois (03) éléments, ayant pour Objectif d'amplifier l'effort qu'exerce le coulisseau :

- Une bielle ;
- Deux (02) genouillères ;
- Un vilebrequin.

Le vilebrequin entraîne la bielle, en exerçant un mouvement de translation alternatif sur un axe que partagent, les deux genouillères. Chaque extrémité de ces dernières, est fixée à d'autres éléments. L'une d'entre-elles est immobile, et, fixée au bâti, contrairement à l'autre extrémité, celle-ci est mobile, fixée au coulisseau.

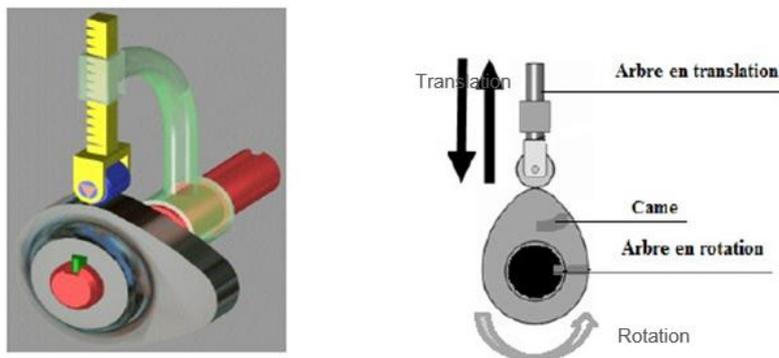


**Figure 13 : Exemple de Système à Genouillère.**

### d. Système à Came

Le système se compose d'un mécanisme qui est constitué, de deux (02) éléments. Une came, de profil vaguement ovoïde (en forme de section d'œuf dur), est l'élément menant, placé sur un arbre avec un mouvement de rotation, l'autre élément est animé d'un mouvement de translation oscillatoire, cet élément est mené, généralement, dans une presse. Il s'agit du coulisseau. Le but de ce système, est de transformer le mouvement rotatif animé par la came, en un mouvement alternatif de translation du coulisseau, et cela, grâce au profil de la came, plaquée contre l'élément mené.

Le profil de la came est calculé en fonction du mouvement de translation, qui sera transmis à l'élément entraîné.



**Figure 14 : Principe du Système à Came.**

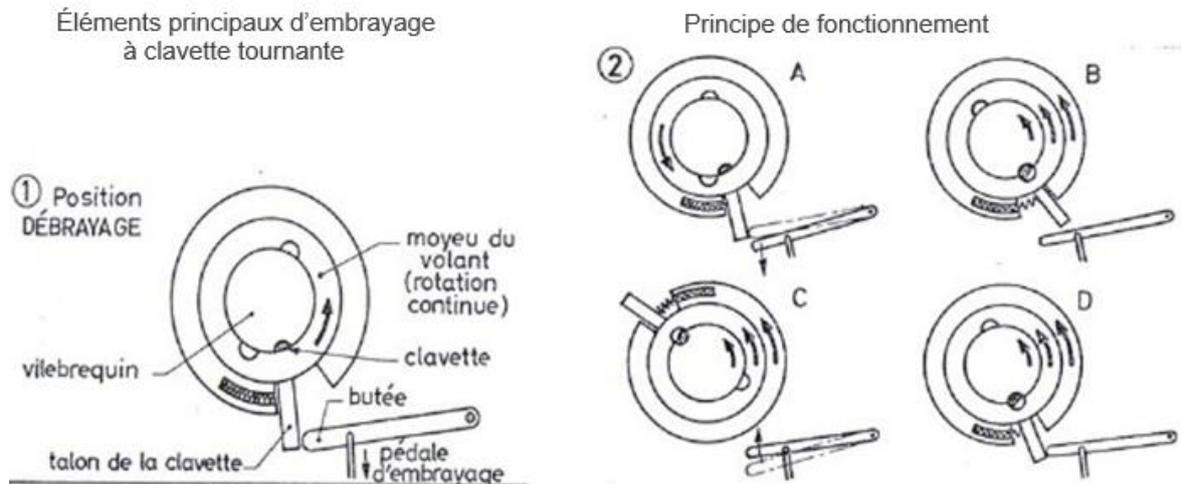
### III.3.3 L'Embrayage

Il s'agit d'un actionneur, qui a pour rôle, la transmission de la mise en mouvement, ou, l'arrêt d'un mécanisme. Dans une presse, l'embrayage fait la liaison entre, le moteur et le mécanisme de commande du coulisseau.

Dans l'industrie, on distingue deux (02) types d'embrayage dans les diverses presses :

#### III.3.3.1 Embrayage à Clavette Tournante

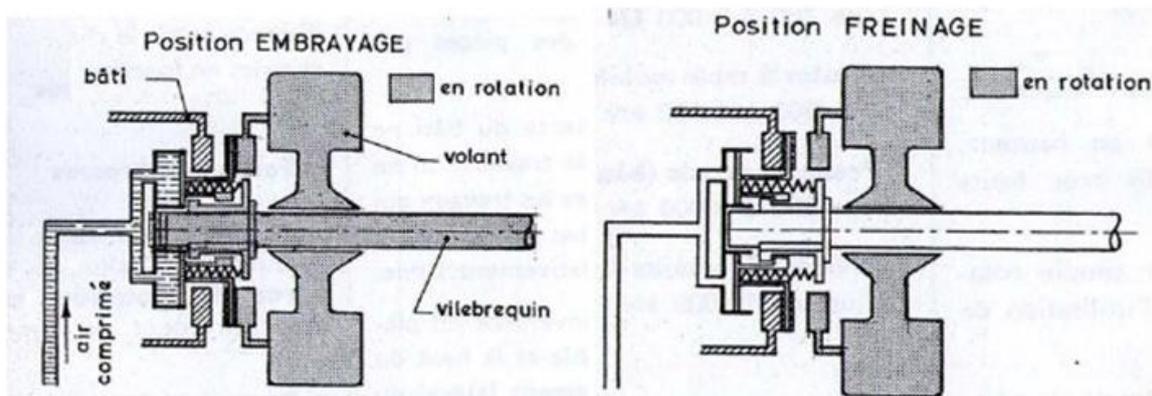
Il s'agit d'un embrayage dans lequel l'organe d'entraînement est une clavette, montée sur le vilebrequin, et, s'engageant, par rotation, dans des encoches du volant. Lorsque la butée s'éclipse, la clavette est sollicitée par un ressort, elle tourne et s'engage dans l'encoche du volant et provoque l'entraînement du vilebrequin.



**Figure 15 : Système d'Embrayage à Clavette Tournante.**

**III.3.3.2 Embrayage à Friction à Commande Électropneumatique**

Dans ce cas, l'embrayage se fait lorsqu'un piston pousse une série de disques de friction, contenant des clavettes sur l'arbre contre le volant. Par l'intermédiaire d'un système électrique, et, en manque de pression, les disques de friction sont déplacés par des ressorts de rappel. Ces derniers commandent le freinage à chaque tour du vilebrequin.



**Figure 16 : Système d'embrayage à Friction à Commande Électropneumatique.**

**III.4 Les outils de Presses : [8]**

L'outil de presse est l'un des équipements essentiels d'une presse, il s'agit d'une construction mécanique de précision, supposée indéformable. En général, il est composé

d'une partie mobile supérieure bridée sur le coulisseau, et, d'une partie inférieure fixe bridée sur la table de la presse. Cet ensemble, parfaitement guidé, permet de travailler la tôle par des opérations successives de découpage, pliage, cambrage, emboutissage..., de façon à obtenir la pièce désirée.

### III.4.1 Éléments Principaux des outils de Presses

Les principaux éléments d'un outil de presse sont composés, de deux (02) blocs essentiels :

- Bloc mobile : Il porte le poinçon,
- Bloc fixe: Il porte la matrice.

#### III.4.1.1 Le Poinçon

Le poinçon est un outil de presse qui permet de laisser une empreinte sur un flan, selon sa forme géométrique. Cette empreinte prise sur le flan est due à la géométrie du poinçon. La vérification du poinçon à la compression, et, au flambement est nécessaire, pour déterminer la longueur idéale pour que le poinçon puisse résister aux efforts de coupe.

#### III.4.1.2 La Matrice

La matrice est la partie inférieure de l'outil, il s'agit de la partie creuse, support de l'empreinte du poinçon. Cette empreinte représente la forme à créer, réalisée à partir d'un matériau robuste, qui résiste aux chocs, pour éviter toute déformation. À son axe, la matrice comporte un trou aux formes et dimensions du poinçon, auquel on ajoute un jeu de quelques dixièmes de millimètres. La matrice est dépendante du poinçon, elle sert d'appui à la tôle, et, elle réduit les déformations dues au cisailage.

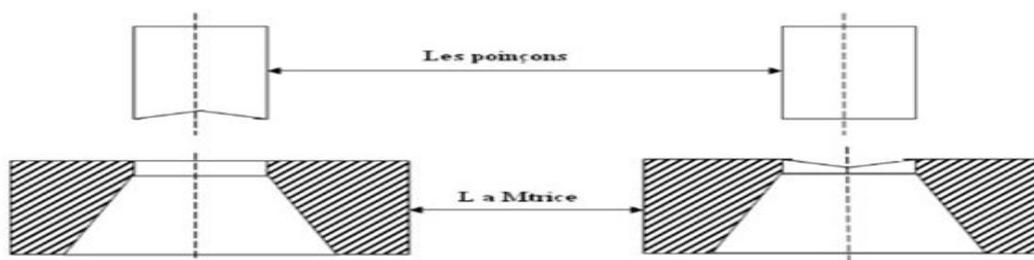
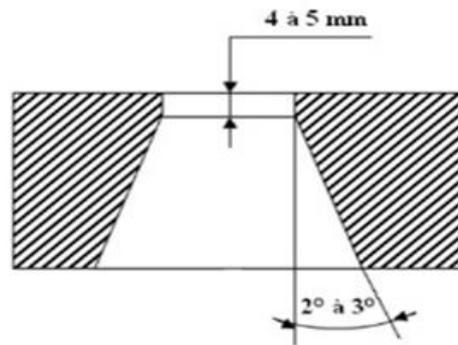


Figure 17 : L'Ensemble Poinçon - Matrice.

### III.4.1.3 La Dépouille

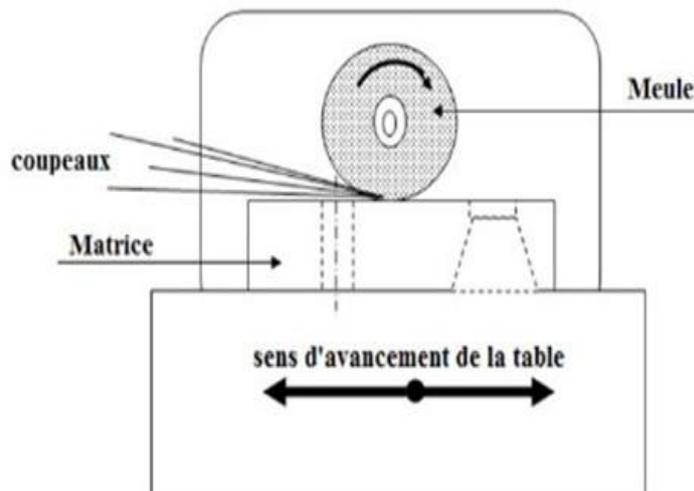
Au-dessous de la partie active de la matrice, un dégagement de matière (dépouille) est nécessaire pour éviter l'entassement des chutes laissées lors du poinçonnage-découpage. Sur 4 à 5 mm de la partie active de la matrice, l'affûtage est permis. Avec une dépouille de 2 à 3°.



**Figure 18 : Dimensions d'une Dépouille.**

### III.4.1.4 L'Affûtage

Lorsque les arêtes coupantes d'un outil s'arrondissent et forment des rayons, à l'aide d'une rectifieuse, on affûte les surfaces usées de la matrice et du poinçon par une rectification plane. On élimine ainsi, les rayons formés sur les arêtes coupantes de l'outil, dans le but d'avoir des arêtes vives.



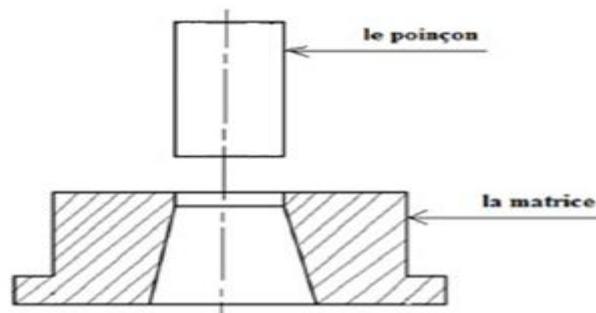
**Figure 19 : Principe d'un Affûtage**

**III.4.2 Différents Types d'Outils de Presse :**

**III.4.2.1 Outils à Découper :**

**a- Outil à Découvert Simple :**

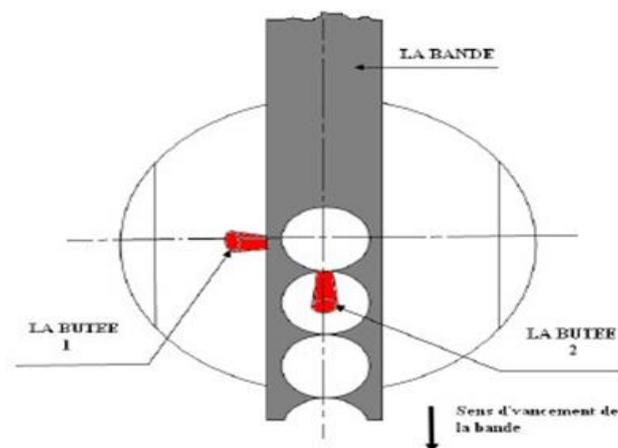
L'outil à découvert simple, simplement constitué, d'un seul poinçon et d'une seule matrice. Il est conçu pour des travaux à petites unités, ainsi, il décrit bien le principe de découpage, mais ne peut - être employé dans les travaux de série, à cause de la remontée, de la bande de tôle avec le poinçon. [7]



**Figure 20 : Géométrie de l'Outil à Découvert Simple.**

**b- Outil à Découvert à Butées**

L'outil à découvert à butées a pour procédé de découpage des flans circulaires, dont deux (02) butées, placées soigneusement, pour assurer un découpage, réussi. L'une a pour guidage la bande de tôle, et, l'autre butée assure le contrôle de l'avance du flan.



**Figure 21 : Outil à Découvert à Butées.**

### III.4.2.2 Outil à Contre-plaque

Il existe deux(02) types d'outils à contre-plaque

#### a. Outil à Contre-plaque à Engrenages :

Employé parfois sur des outils à suivre, le système d'engrenage a pour rôle, de faire avancer le flan par l'intermédiaire d'un engrenage, dont celui-ci tourne en frottant sur la surface du flan, l'entraîne, et, le fait avancer suivant, sa longueur. À Chaque coup de la presse, la bande est déplacée et accrochée à l'engrenage par l'ajout précédent

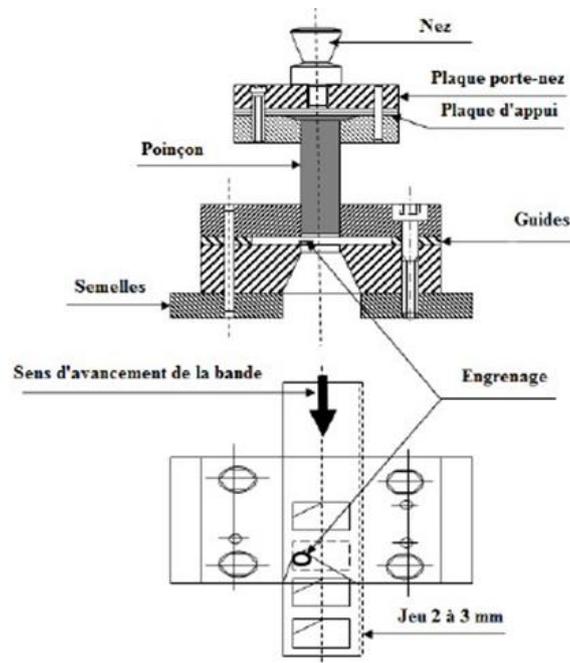


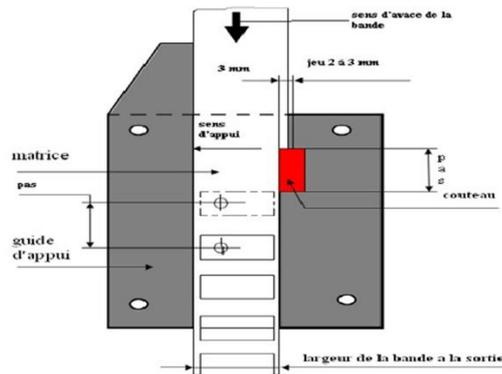
Figure 22 : Principe de l'Outil à Contre-plaque à Engrenage.

#### b. Outil à Contre-plaque à Couteau

Dans ce cas, l'engrenage est supprimé. Par l'intermédiaire d'un poinçon de pas dit « Couteau », ce dernier a pour rôle, d'assurer l'avance du flan. La longueur du pas est égale à la longueur du couteau, ainsi le déplacement du flan est donné, entre deux (02) coups successifs, de la presse. La bande est translattée et bute sur un guide appelé « Butée », le couteau se détache de la bande, il suffit ensuite de déplacer la bande jusqu'à la butée contre le guide, pour avoir un pas plus précis.

Le couteau ne travaillant que d'un côté, les risques de grippage et de coinçage, sont plus importants. Il convient donc de n'utiliser cette technique, que pour les pièces de faible épaisseur (2mm maxi pour limiter les efforts).

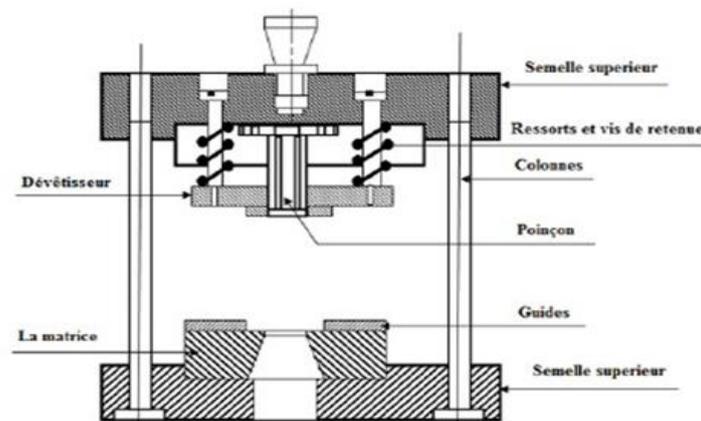
Afin d'augmenter la longévité de l'outillage, la butée est parfois remplacée avantageusement, par un grain (pièce rapportée) en acier trempé. On réduit ainsi l'usure du guide.



**Figure 23 Système d'Outil à Contre - Plaque à Couteau.**

### III.4.2.3 Outil à Presse à Bande

C'est un outil qui possède des colonnes. En remplaçant la contre-plaque par un serre-flan ou presse-bande (revêtisseur), afin de maintenir la bande de tôle, lors des opérations de (découpage, emboutissage, ...etc.), et d'éviter ainsi, toute déformation, de la bande et d'assurer la qualité du produit. Le guidage de l'outil à presse-bande joue un rôle important, en guidant le poinçon et la matrice dans le même centre d'inertie, cela est assuré par des paires de colonnes de guidage, selon les dimensions de l'outil.



**Figure 24 : Outil à Presse à Bande.**

### III.4.2.4 Outil Suisse

L'outil suisse est utilisé essentiellement, pour réaliser des pièces plates de précision, de faible ou de forte épaisseur. La particularité de cet outil est que plusieurs opérations de découpage sont réalisées, sur le même coup de presse, et sur le même poste, sans nécessiter l'avance de la bande, comme pour l'outil, à suivre. Dans ce cas, un coup de presse sur le même poste permet la réalisation de l'ensemble, de la pièce.

Il découpe et poinçonne la pièce en un seul coup de presse. Le transfert d'un poste à l'autre est supprimé, dans le but d'empêcher, l'altération de la précision. Il s'agit d'un outil à revêtisseur inversé. Le poinçon est sur la partie inférieure, et, la matrice sur la partie supérieure. L'imprécision de l'avance manuelle de la bande, n'affecte pas la pièce. La pièce finie reste dans la matrice, et, elle est extraite, en haut de course par un éjecteur. Cela a pour avantage, l'obtention de cotes d'ajourage et de détourage, plus précises. En effet, ces cotes ne dépendent que des cotes outils (pas d'imprécisions dues à l'avance de la bande). La planéité de la pièce est également supérieure, à celle qui pourrait être obtenue sur un outil à suivre, afin d'obtenir un meilleur équilibre des efforts de découpage.

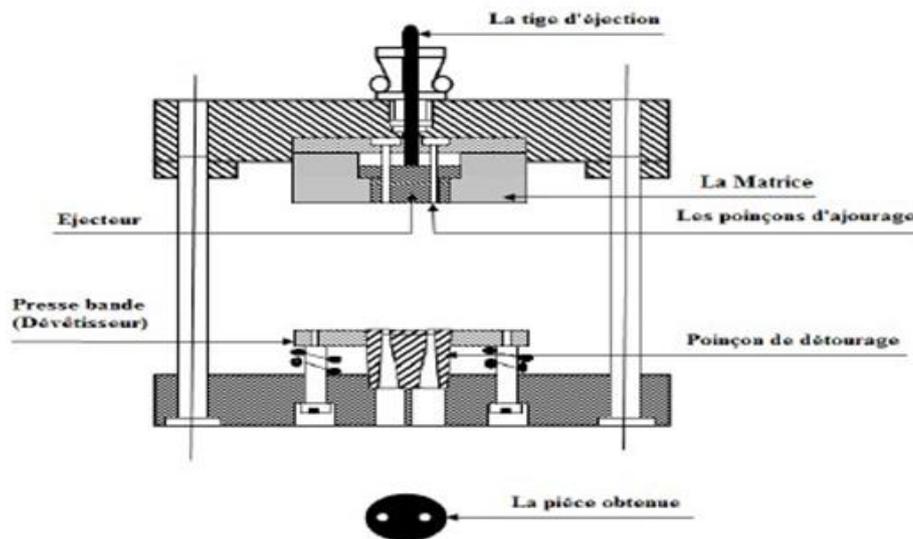


Figure 25 : Principe d'un Outil Suisse.

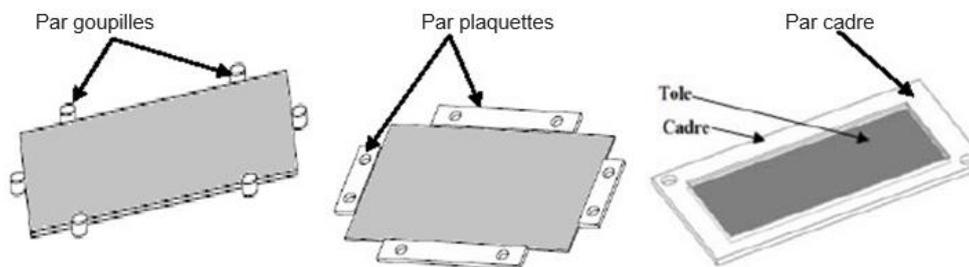
### III.4.2.5 Outil de Reprise

L'outil de reprise fait partie d'un ensemble de plusieurs outils, chacun d'eux, réalise une ébauche de mise en forme de la pièce, à fabriquer. Ces ébauches se succédant une à une, permettent d'obtenir, la pièce finale. On distingue souvent ces outils par les opérations principales réalisées : découpage, cambrage ou pliage, emboutissage, détourage...

Il est utilisé pour reprendre des opérations sur un flan déjà découpé. Généralement, il se monte sur des presses à commande manuelle. Le flan est guidé, et, mis en position dans un drageoir. Ce dernier est guidé, de différentes façons (voir la Figure. III.45), par

- Un cadre.
- Des plaquettes de positionnement.
- Des goupilles de positionnement.

Ce type d'outil est principalement utilisé pour les pièces de petites et moyennes séries



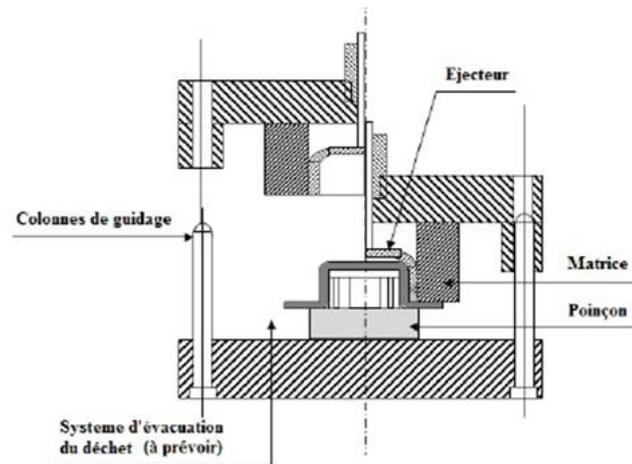
**Figure 26 : Guidage du flan sur un Outil de Reprise par diverses façons.**

### III.4.2.6 Outils de Détourage

L'outil de détourage a pour rôle, le détourage des pièces obtenues après emboutissage, en enlevant la matière excédentaire (collerettes ou bords irréguliers). Pour cela, on distingue trois (03) types d'outils de détourage :

#### *a. Détourage Normal*

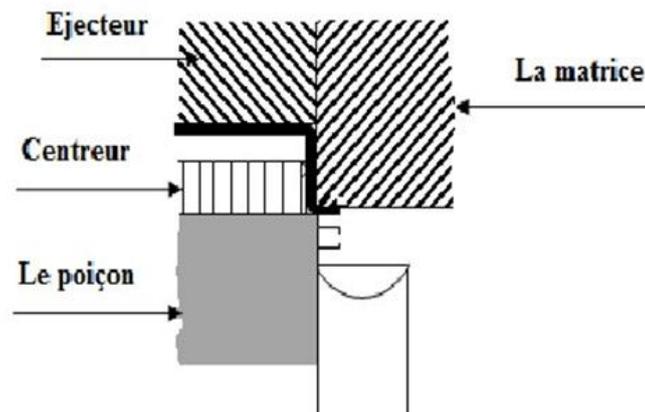
Dans le détourage normal, le centreur est reporté, dont le but est de permettre l'affutage du poinçon par rectification plane, après le démontage. La pièce est dégagée de la matrice par un éjecteur, avec un effort d'éjection qui s'exerce sur la partie résistante à l'évacuation. (Voir la Figure III.46).



**Figure 27 : Outils de Détourage Normal.**

**b. Détourage à Ras**

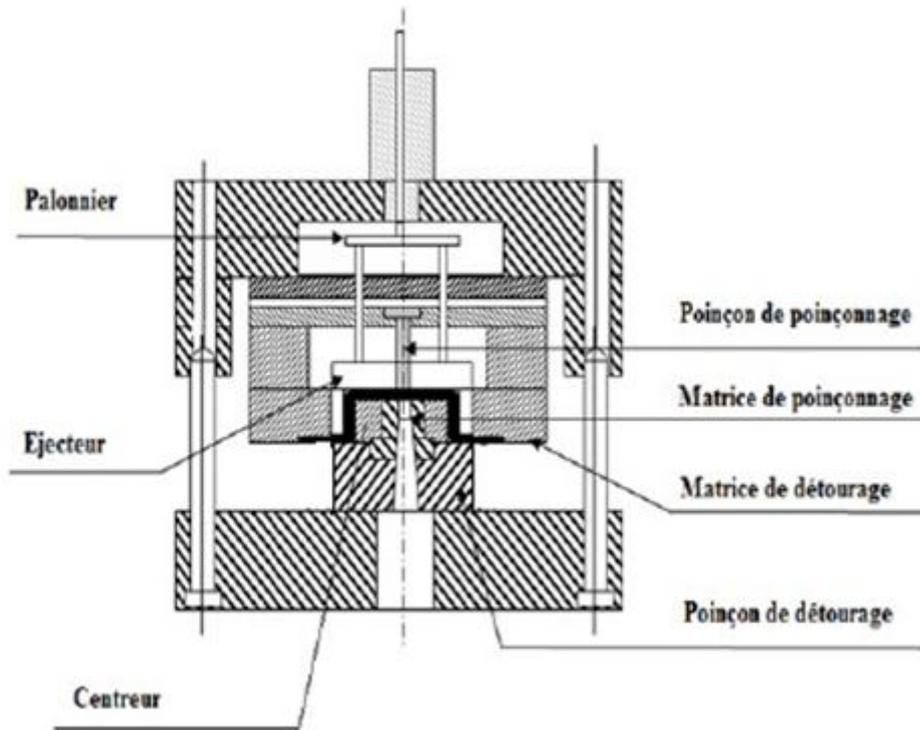
Il est nécessaire d'effectuer une passe de calibrage avant le détourage, afin d'obtenir un rayon minimal à l'endroit de la coupe.



**Figure 28 : Outils de Détourage à Ras.**

**c. Détourage-Poinçonnage**

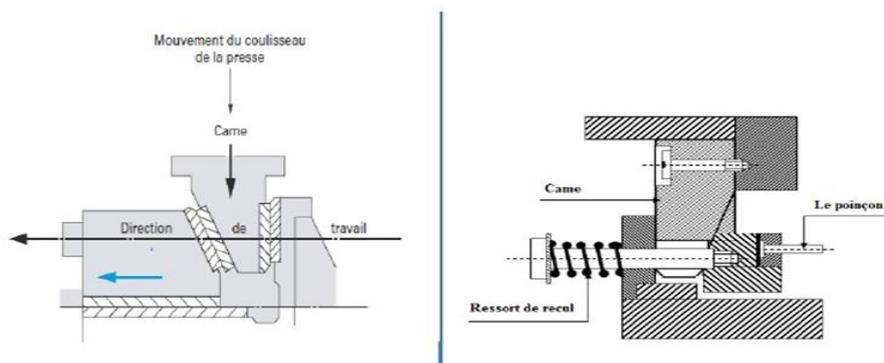
Le palonnier est nécessaire, pour que le poinçon soit dans l'axe de la tige d'éjection.



**Figure 29 : Outils de Détourage-Poinçonnage.**

#### **III.4.2.7 Outils à Came**

Cette conception permet d'ajouter un mouvement particulier à l'outil dont la direction est différente de la direction verticale du coulisseau de la presse, le coulisseau fait un mouvement vertical, qui est repris par une came qui pousse à son tour un coulisseau propre à l'outil dans la direction perpendiculaire. Les cames sont utilisées dans les outils de Poinçonnage ou de cambrage lorsque plusieurs opérations sont simultanées. L'outil avec poste à came peut se trouver sur un outil à suivre, un outil transfert, et plus généralement, dans tous les types d'outils. Il ne s'agit donc pas ici, à proprement parler, d'un véritable type d'outil.



**Figure 30 : Schéma de principe d'un Outil à came**

### III.4.2.8 Outils d'Emboutissage

L'outil d'emboutissage, nous permet de former, et, laisser une empreinte creuse sur un flan, par déformation plastique des métaux en feuille. On distingue deux (2) types d'outils d'emboutissage :

#### a. Outil d'emboutissage 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 réalisés sont peu profonds et ne nécessitent pas d'importants efforts de serrage (voir la Figure.III.50). Cet outil est également appelé, outil d'emboutissage par passe à Travers. Le poinçon entraîne la pièce formée à travers la matrice. Au cours de l'opération, les parois de l'embouti augmentent légèrement l'épaisseur, de la sortie de la matrice. À la remontée du coulisseau de la presse, la pièce est décrochée du poinçon par la face inférieure de la matrice.

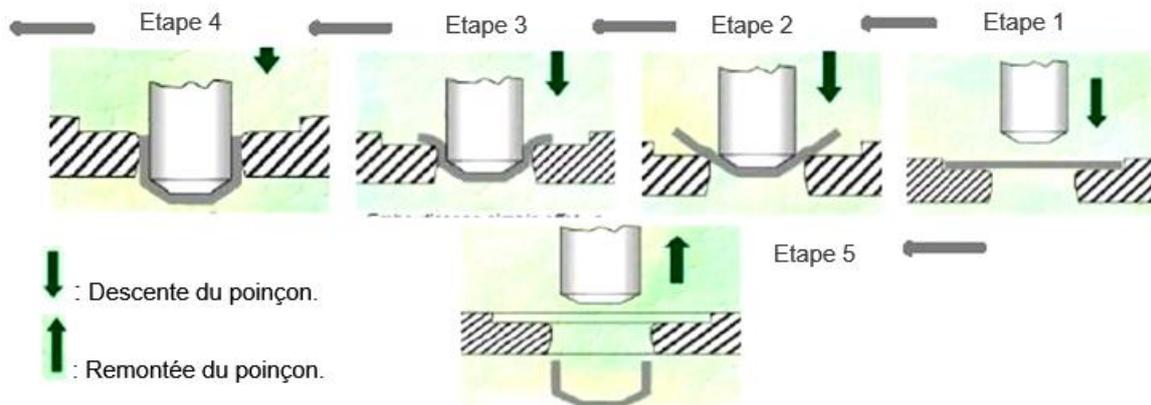


Figure 31 : Principe du travail d'un Outil d'Emboutissage Sans Serre-Flan.

#### b. Outil d'Emboutissage à Serre-Flan :

On distingue deux (2) types d'outils d'emboutissage à serre-flan

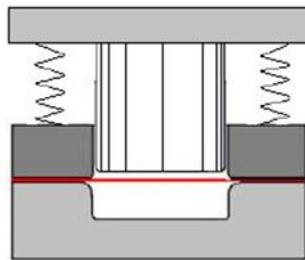
##### ➤ Outil placé sur presse à simple effet :

L'outil est monté sur une presse à simple effet, composé d'un poinçon, une matrice et d'un serre-flan. Ce dernier est souvent actionné par des paires de ressorts de rappels, qui servent à amortir et absorber le choc dû, à l'effort appliqué par la presse.

### CHAPITRE III : généralités sur les différentes presses mécaniques et leurs équipements

Dans ce cas, l'outil est inversé, le poinçon et le serre-flan sont situés à la partie inférieure de l'outil, par contre la matrice, est située à la partie supérieure de cet outil. À la fin de l'emboutissage, la pièce finie (emboutie) reste accrochée à la matrice, et, est poussée par des éjecteurs placés en haut de l'outil d'emboutissage.

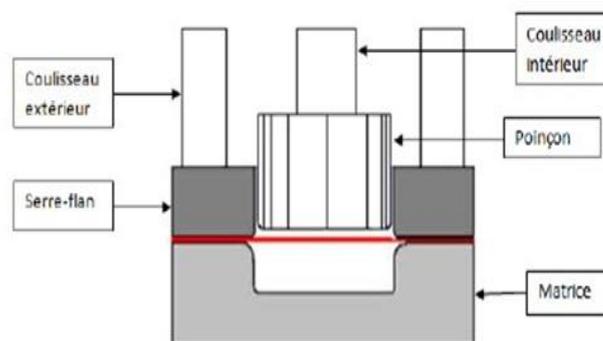
Cette technique de formage est la plus répandue dans l'industrie. Ici, les emboutis sont très profonds et les efforts d'emboutissage sont importants. Un serrage très efficace est nécessaire pour ce type d'emboutissage.



**Figure 32 : Outil d'Emboutissage à Serre-Flan, placé sur une Presse à Simple Effet.**

#### ➤ *Outil placé sur Presse à Double Effets :*

La presse à double effets comporte deux (2) coulisseaux (intérieur et extérieur). Dans ce cas, le coulisseau extérieur porte le serre-flan. Ce dernier maintient la tôle pendant que le poinçon fixé au coulisseau intérieur, déforme le métal.



**Figure 33 : Outil d'Emboutissage à Serre-Flan, placé sur une Presse à Double Effets.**

### III.4.2.9 Outil de Cambrage

Dans l'industrie, il existe divers modèles d'outils de cambrage, on distingue alors trois (03) types de ces derniers :

#### a. Outil de Cambrage en V :

L'outil de cambrage en V est composé d'un poinçon et d'une matrice, généralement, utilisé, pour obtenir des pièces en forme de cornière, formants l'angle de la pièce à réaliser (le V), équipé aussi d'un drageoir. Ce dernier est fixé sur la matrice, qui centre le flan à cambrer.

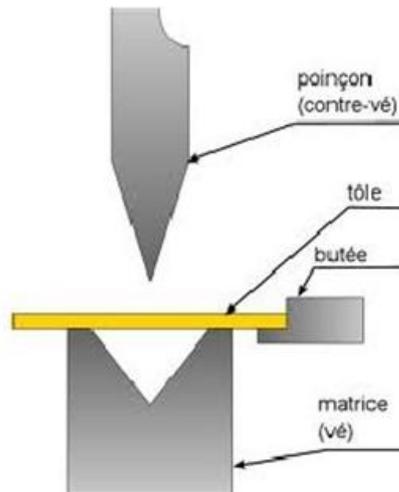


Figure 34 : Exemple d'Outil de Cambrage en V.

#### b. Outil de cambrage en U

En appliquant le même principe que celui du cambrage en V, l'outil de cambrage en U comporte presque les mêmes éléments que le précédent. Ils ne diffèrent que par la forme du poinçon, et de la matrice. Cet outil relève simultanément les deux ailes de U. Il travaille par symétrie.

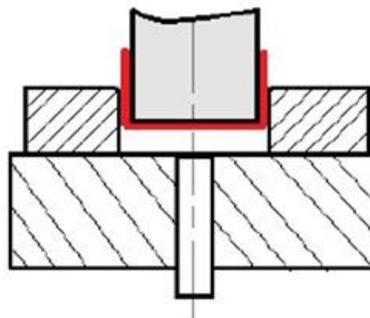


Figure 35 : Exemple d'Outil de Cambrage en U.

### c. Outil de Cambrage en Équerre

Utilisé pour le cambrage à 90°, il se compose d'un poinçon, d'une matrice et d'un fond de matrice, qui joue le rôle d'un éjecteur.

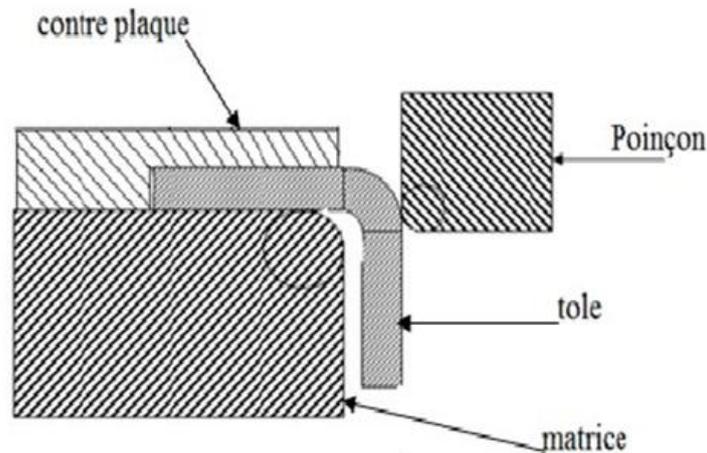


Figure 36 : Exemple d'Outil de Cambrage en Équerre.

#### III.4.3 Outil à Suivre :

Cet outil, encore appelé « outil à suite » ou « outil progressif », permet de réaliser à chaque coup de presse, une pièce (ou plusieurs) terminée (s), au sens de sa mise en forme.

Dans ce cas, toutes les étapes de la mise en forme de la pièce (découpage, emboutissage, pliage), sont réalisées successivement avec le même outil, et, sur la même bande.

La Figure III.56 Montre, la pose sur la partie basse de l'outil, de la bande associée sur laquelle peuvent être visualisées, les différentes opérations, de mise en forme.

L'outil se monte sur une presse automatique (Figure III56.), équipée d'un dispositif de déroulage de bobine de tôle, d'un redresseur pour engager dans l'outil, une bande plate et d'un aménage (dispositif de pinçage/d'épincage de la tôle) permettant l'avance, à la cadence de la presse, de la bande dans l'outil.

L'évacuation automatique des pièces est, le plus souvent, réalisée, en utilisant le poids des pièces. Ensuite, ces pièces sont avancées jusqu'aux bacs, dans lesquels elles tombent. [8]

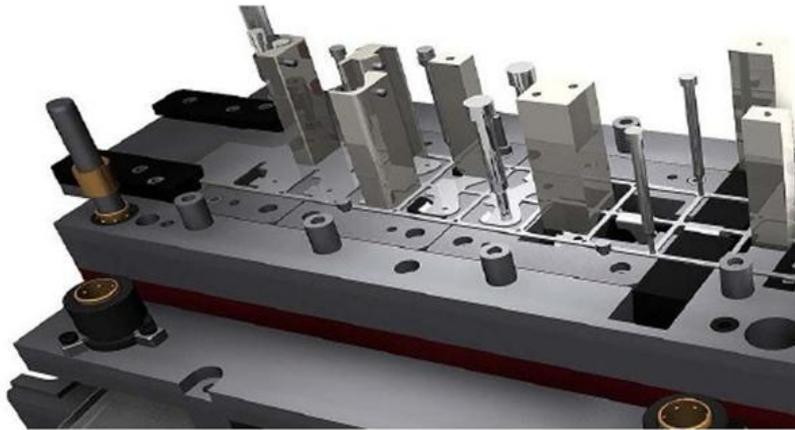


Figure 37 : Exemple d'un Outil à Suivre avec sa mise en bande.

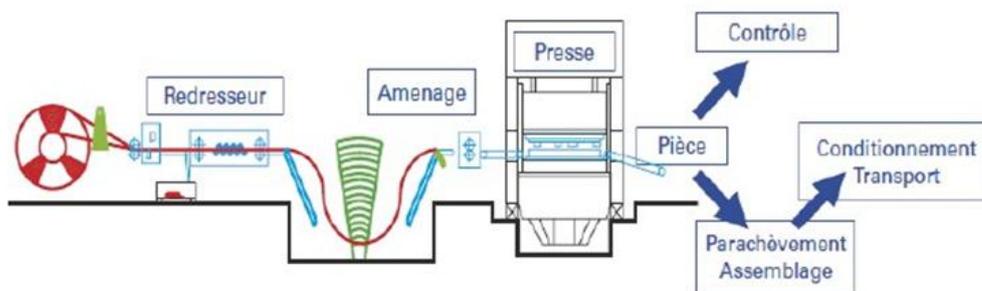


Figure 38 : Schéma d'une Presse Automatique

### III.5 Montage des Outils sur les Presses

Le montage des outils sur les différentes presses, se fait suivant diverses méthodes :

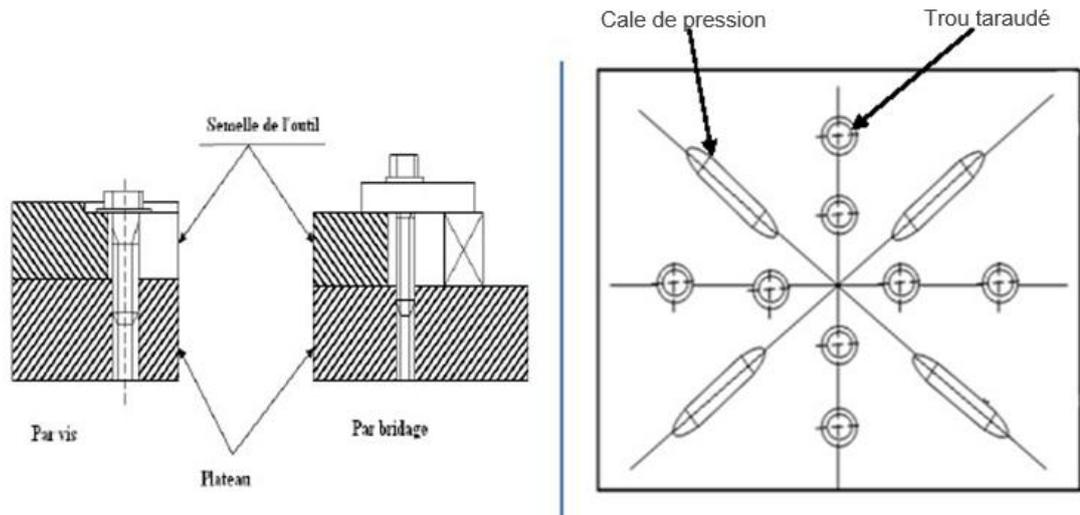
#### III.5.1 Petite Presse

##### ➤ *Partie inférieure de l'outil*

Le plateau des presses présente des trous taraudés, cela permet une fixation des semelles, et ça varie d'une presse à l'autre (dépend des constructeurs).

On distingue deux (2) manières de fixations des semelles sur le plateau (Figure III.57) :

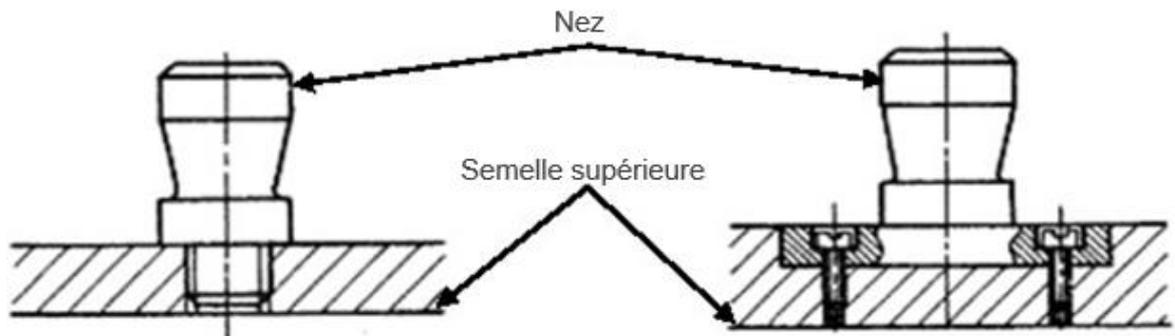
- Fixation par vis.
- Fixation par bridage.



**Figure 39 : Système de fixation**

➤ **Partie supérieure de l'outil**

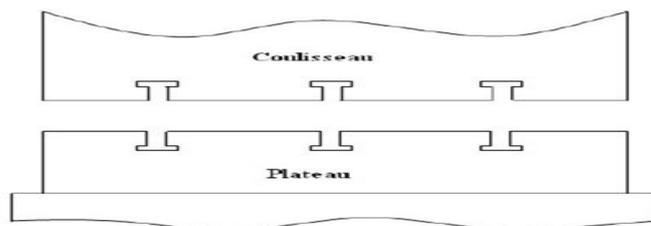
La partie supérieure de l'outil peut se fixer avec un nez, qui sera monté dans le trou lisse du coulisseau, ainsi, il est serré par le chapeau, puis bloquer par une vis de pression. Cette dernière agit sur la partie tronconique du nez. Les outils longs peuvent être aussi, fixés par les trous des oreilles du coulisseau, comme le montre la Figure. III. ci-dessous.



**Figure 40 : Système de fixation de la partie supérieure de l'outil.**

**III.5.2 Grosse Presse**

La semelle du coulisseau et le plateau de la presse portent des rainures en T. Les semelles de l'outil sont fixées par des boulons ou par des brides.



**Figure 41 : Coulisseau et plateau rainurés sur les Grosses Presses.**

### III.6 Conclusion

Ce chapitre nous permet d'avoir un aperçu global sur les différents types de presses, leur principe de fonctionnement, et leurs équipements, tels que les différents outils de presses, ainsi que les différents mécanismes entrants. Ce qui nous donnera des idées sur la conception des outils de presses, aussi l'amélioration des systèmes, et les mécanismes montés dans ces machines.

# CHAPITRE IV

## ÉTUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL D'EMBOUTISSAGE

**Partie 1. Calculs et dimensionnements**

Théoriquement, on devrait pouvoir emboutir à des profondeurs très grandes, limitées uniquement par le flambage de poinçon. Pratiquement, on est limité par la longueur de la course et la puissance des presses ; les difficultés de fabrication et les déchets augmentent avec la profondeur à obtenir. Ni l'un ni l'autre de ces conditions ne nous empêche de réaliser notre pièce (cache) sachant que ces dimensions sont très importantes par rapport à sa profondeur minime réalisable en une seule passe.

**5.1. Calcul de l'effort d'emboutissage :**

Trop de facteurs rentent en jeu pour qu'il soit possible de déterminer rapidement et avec exactitude l'effort à exercer sur le poinçon pour obtenir un embouti de diamètre et d'épaisseur donnée. Il est toutefois possible de connaître le maximum de cet effort. En effet, pour qu'un embouti se forme, il faut que le fond de cet embouti résiste à la pression du poinçon ; donc la résistance à l'arrachement du fond, sa valeur maximal correspond à la charge de rupture par traction du métal de la section motrice de l'embouti, il est régit par la formule suivante [1] :

$$F = \pi \times d \times e \times R \times K \tag{IV-1}$$

$$K = f(d/D) \tag{IV-2}$$

F : effort d'emboutissage (daN)

d : diamètre de poinçon (mm)

D : diamètre de flan (mm)

R : résistance à la traction de la tôle (daN/mm<sup>2</sup>)

e: épaisseur de la tôle

$$K = f\left(\frac{d}{D}\right) = f\left(\frac{p_P}{p_F}\right)$$

|               |      |      |      |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| $\frac{d}{D}$ | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 |
| K             | 1    | 0.86 | 0.72 | 0.60 | 0.50 | 0.40 |

**Tableau 1 : Tableau de détermination du coefficient K en fonction de (d)/D**

P<sub>p</sub>: Périmètre de poinçon

P<sub>f</sub>: Périmètre de flan

$$P_f = (680 + 620) \times 2$$

|   |
|---|
| <b><math>P_f = 2600 \text{ mm}</math></b> |
|---|

$P_p$  = périmètre de la pièce + les périmètres des embouts

$$P_p = 1985.51 + 2073.72 = 4059.23 \text{ mm}$$

$$f\left(\frac{d}{D}\right) = f\left(\frac{P_p}{P_f}\right) = \frac{4059.23}{2600} = 1.56 \Rightarrow K = 0.4$$

$$\text{Donc: } F = \pi \cdot d \cdot e \cdot R \cdot K = P_p \cdot e \cdot R \cdot K$$

$$F = 4059.23 \times 0.7 \times 0.5 \times 0.4 = 39780.454 \text{ daN}$$

$$F = 39011.29 \text{ Kg} = 39 \text{ Tonnes}$$

## 5.2. Choix de la presse :

Les dimensions de la pièce et de l'outil ont conduit au choix de la presse de  $\geq 40$  tonnes qui assure un effort plus important que l'effort nécessaire pour l'emboutissage mais cette décision a été prise au niveau de l'entreprise par apport au moyen qu'ils existent à l'atelier donc ils nous ont obligé de choisir la presse hydraulique T29 : [11]

- force de fermeture réglable: 65 à 650 tonnes
- force d'ouverture : 58 tonnes
- nombre de cylindre piston : 01
- course de plan mobile : 1100mm
- ouverture maximale entre les plans : 1400mm
- dimension utile des plans (table, coulisseau) : (2000×1500) mm
- ouverture entre les montants :(2100×700) mm
- hauteur du plan du travail (table) :850mm
- dimension d'encombrement :
  - base : (3300×2450) mm
  - hauteur or de terre : 6500mm
  - poids 85tonne

**5.3. Calcul de l'effort du Serre flan :**

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

Pour des raisons de sécurité on prend 7%

$$F_{\text{serre - flan}} = 7\% \times F_{\text{total}}$$

Application numérique :

$$F_{\text{serre - flan}} = 0.07 \times 397800.454$$

$$F_{\text{serre - flan}} = 2784.631 \text{ DaN}$$

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

**5.4 Calcul des efforts de compression :****5.4.1. Effort de compression de la matrice se calcule comme suite :**

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

$\sigma_{\text{com}}$  : effort de compression ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

F : effort totale d'emboutissage (MPa)

S : section du poinçon

La condition de résistance de compression est :

$$\sigma_{\text{com}} < Re$$

Re : la limite élastique du matériau (Re de XC 48=550 MPa)

Application numérique

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

$$\sigma_{\text{com}} = \frac{397800.454}{216934.02}$$

$$\sigma_{\text{com}} = 1.833 \text{ MPa}$$

Donc la condition de résistance de la compression est

$$\sigma_{\text{com}} \leq Re$$

$$1.833 < 550 \text{ MPa}$$

**5.4.2. Effort de compression du poinçon :**

$$\sigma_{com} = \frac{F}{S}$$

Application numérique :

$$\sigma_{com} = \frac{397800.454}{227160.57}$$

$$\sigma_{com} = 1.75 \text{ MPa}$$

La condition de résistance de compression est :

$$\sigma_{com} \leq Re$$

$$1.75 < 550 \text{ MPa}$$

**5.4.3. Effort de compression de la semelle inférieure :**

$$\sigma_{com} = \frac{F}{S}$$

$$\sigma_{com} = \frac{397800.454}{725464.19}$$

$$\sigma_{com} = 0.5483 \text{ MPa}$$

**Partie 2. Conception de l'outil d'emboutissage****Introduction :**

Après avoir découpé le flan du cache nécessaire dans la première phase de la réalisation avec l'outil de découpage, on procède à la deuxième phase qui donne la première forme du cache, un emboutissage avec un outil à flan ; on réalise l'emboutissage pour l'ensemble du cache en profondeur ainsi que les embouts avec toutes leurs formes (7 au total); ce qui conduit au calcul d'emboutissage de l'ensemble.

L'opération est réalisée sur une profondeur de 37.3 mm en une seule passe [1]

**2. Montage de l'outil**

L'ensemble de matrice poinçon qui compose l'outil est monté fermier sur la presse pour assurer le centrage des deux parties. La partie mobile de l'outil est fixée à la partie supérieure de la presse, sans dit que l'autre partie fixée est monté sur la partie inférieure.

### ***3. Description de l'outil d'emboutissage :***

C'est un outil à flan (avec serre-flan), il se compose de deux parties comme pratiquement tous les outils de presse, partie supérieure et partie inférieure à base de principe matrice poinçon

#### ***3.1. Partie supérieure***

Elle est composée essentiellement de deux principaux éléments, le poinçon et la semelle, c'est la partie mobile de l'outil.

##### ***3.1.1. La semelle***

Elle est fixée directement à la presse par des vis, elle porte à son tour le poinçon elle est faite en acier XC65

##### ***3.1.2. Le poinçons***

Fixée à la semelle supérieure de l'outil par des vis c'est la partie active d'outil faite en acier XC48

##### ***3.1.3. Les boules de levage***

Elle sert à faciliter le démontage de la partie supérieure de l'outil avec le monte charge de l'atelier pour les travaux d'entretien et de maintenance.

#### ***3.2. Partie inférieure***

C'est la partie immobile de l'outil, elle est fixée sur la presse par des vis de fixation elle est composée de :

##### ***3.2.1. Semelle***

Elle supporte tous les éléments de cette partie, elle est faite en XC65.

##### ***3.2.2. La matrice***

C'est l'empreinte de l'embouti, elle comporte un ajourage aux dimensions extérieures de la pièce, elle est faite en fonte dure ou acier, elle est également dotée des lames rapportées sur la partie intérieure pour les grandes séries des pièces, la matrice doit avoir les dimensions suffisantes pour résister sans se déformer, elle est en acier dur XC48.

##### ***3.2.3. La porte matrice***

Elle porte la matrice, elle est posée sur des chandelles pour assurer un jeu de passage pour l'éjecteur automatique

##### ***3.2.4. Les colonnes de guidage***

Ils sont composés des deux embases ; embase supérieure fixée sur la semelle de haut et embase inférieure fixée sur la semelle de bas et comporte la colonne de guidage, le tout sert au guidage de l'outil lors de l'opération d'emboutissage, les embases sont en fonte ou en acier ordinaire et les colonnes sont en acier de cémentation Z200C12.

**3.2.5. Les butées**

Elles ont pour but le bon positionnement de flan avant de l'emboutir, il y'a principalement six butées, d'entre eux sont fixes elles sont en acier XC65

**3.2.6. Le serre flan :**

Serre a sérer le flan sur la matrice avant l'emboutir il est fait en acier XC65\*

**4. Principe de fonctionnement**

Le flan posée sur la matrice, positionnée par les butées qui sont fixées sur le serre flan, se dernier la fait monter par les chandelles de la presse et est frappée par le poinçon de la partie supérieure actionnée par le vérin hydraulique, la forme finale de l'emboutie est donnée par l'ensemble matrice, poinçon , ce dernier est actionné par des vérins hydrauliques, il a pour but d'éjecter la tôle après avoir donné la forme à la partie inférieure de l'emboutie .

# CONCLUSION GENERALE

## Conclusion Générale

---

De nos jours le travail de tôle et sa mise en forme occupe une place grandissante dans l'industrie de divers domaines tel que l'automobile ou l'électroménager qui connaissent une grande concurrence sur le marché mondial vu le progrès technologique que connaissent ces secteurs, et de ce fait les changements de design deviennent une nécessité.

Les entreprises nationales de différents secteurs industriels enregistrent un énorme retard sur le plan du développement technologique vu la stratégie suivie. Le manque des moyens humains et matériels consacrés pour ce domaine à savoir la formation, le finance, l'implication des universités et des centres de recherche.....etc. cause une incompétence.

La conception d'un produit a pour but de satisfaire les conditions techniques, les besoins du client ainsi qu'améliorer la compétitivité. Dans ce contexte, nous avons réalisé une étude de conception pour un cache d'une cuisinière ainsi que les outils de travail de tôles.

Afin de faire une conception concrète, nous avons passé par une présentation de différentes méthodes de travail de tôles pour choisir les mieux adaptées pour notre cas. Nous avons après dimensionné la tôle utilisée comme cache. Le dimensionnement de l'outil d'emboutissage est réalisé en fonction de la machine disponible au niveau de l'atelier de l'entreprise pour ne pas faire appel à un nouvel investissement.

Nous tenons à noter que cette étude nous a permis aussi de nous familiariser et de nous initier au domaine de l'industrie et de la conception mécanique, en particulier la conception assistée par ordinateur (CAO).

Cette étude nous a permis aussi d'enregistrer un progrès dans la maîtrise de logiciel SolidWorks et de maîtriser en pratique toutes les connaissances acquises durant notre cursus universitaire.

En fin, nous espérons que l'entreprise ENIEM prend notre étude en considération, en la mettant en épreuve pour porter de nouveau, car nous sommes convaincus qu'elle lui sera un apport positif.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIE

---

- [1] A.Belaiche –M Akili, Etude et conception d une porte métallique inferieure d un réfrigérateur ENIEM 300D, Mémoire de DEUA UMMTO 2010.
- [2] Y.Haddadou, étude et conception d'un outil à bande pour la réalisation d'une rondelle de fixation de la vitre intérieure du four de la cuisinière ENEIM, mémoire de fin d étude UMMTO 2016.
- [3] HALLOUMI Anouar, Modélisation mécanique et thermique du procédé de laminage asymétrique, Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des Mines, Saint-Etienne, 17 Janvier 2011.
- [4] : CHAMEKH Abdessalem, Optimisation des procédés de mise en forme par réseaux de neurones artificiels, Thèse de doctorat, École Nationale d'Ingénieurs de Monastir Tunisie, 16 Février 2007.
- [5] 2491-Emboutissage, [http:// :fr.scribd.com](http://fr.scribd.com).
- [6] : MAKICH Hamid, Étude théorique et expérimentale de l'usure des outils de découpe ; Influence sur la qualité des pièces découpées, Thèse de doctorat, UFR des sciences et techniques de l'université de Franche-Comté, 19 Janvier 2011.
- [7] : S. LARBI PACHA, S.HIDER, Étude et conception d'un outil à suivre à bande, Thèse d'ingéniorat, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Année 2012.
- [8] : SNDL : Techniques de l'ingénieur.
- [9] : [WWW.rocdacier.com/cour d'emboutissage](http://WWW.rocdacier.com/cour_d_emboutissage).
- [10] : [WWW.LaSCo.de/umformtechnik/media/harchive2/technische\\_informationen/tiefzichpressen\\_f.pdf](http://WWW.LaSCo.de/umformtechnik/media/harchive2/technische_informationen/tiefzichpressen_f.pdf).
- [11] : Documents E.N.I.E.M

## Annexes

Le choix d'un matériau pour une application donnée nécessite une assurance sur sa durabilité dans les conditions de son emploi, en particulier environnementales. Ceci est particulièrement vrai pour les systèmes destinés à travailler à températures élevées, et, dans des atmosphères corrosives. De tous les alliages métalliques, les aciers sont parmi les plus couramment employés dans les applications industrielles.

Acier XC48 : Acier carbone a teneur plus élève que pour les aciers utilisée en mécanique générale de par sa bonne usinabilité et ses caractéristiques mécaniques.

Apte pour traitements thermiques ex : l'huile 820-860°C

Acier XC65 : Acier fin au carbone pour traitements thermiques.

Il est utilisé pour la réalisation de pièce d'usures, moule pour matières plastique, ressort butées, engrenages, cames, traitement de trempe à l'huile : 830°C +/- 10°C

Acier Z200C12 : Acier à 12% de Chrome, résistant à l'usure tenue à la coupe élevée.

Il est utilisé pour les outils ex : outil de découpage à rendement très élevé pour la découpe des tôles au silicium jusqu'à 1 mm dépresseur et de tôle douce jusqu'à 4 mm outil d'ébavurage ou de refendage jusqu'à 4 mm outil d'emboutissage ....etc.

Milieu de trempe à huile à 80°C.

Acier XC42 : Equivalente à la nuance c35 avec une meilleure aptitude au traitement

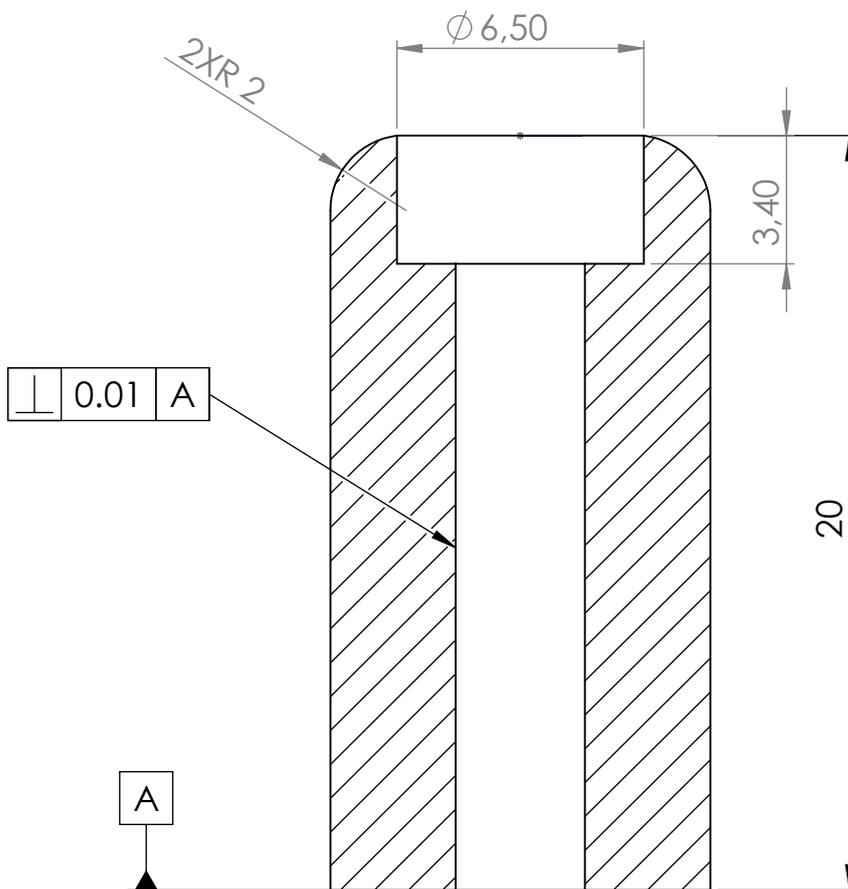
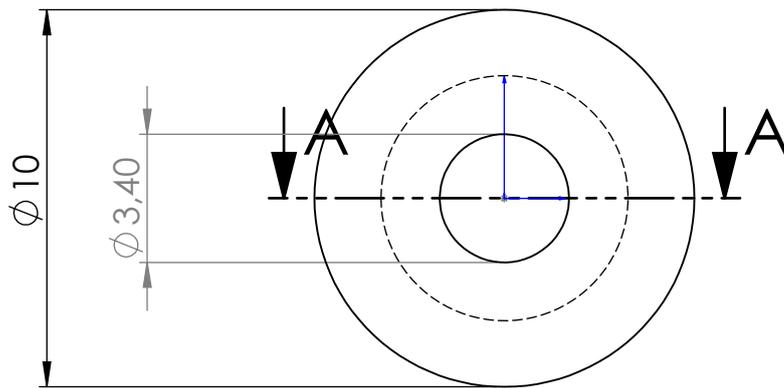
| Construction des outils et Matériaux       |  |  |
|--|--|--|
| Pour des outils de moyenne et grande série |  |  |
| Matière                                    | Observation  | Emploi                                     |
| Acier XC42                                 | Acier mi-dur   | Porte matrice, Les embases                 |
| Acier XC65                                 | Acier dur  | Serre flan, Butée de Guidage, les semelles |
| Acier Z 200 C 12                           | Grande résistance à l'usure.<br>Pas de déformation appréciable à la trempe | Colonnes de guidages                       |
| Acier XC48                                 | Acier mi-dur   | Noyau, matrice                             |

## Annexes

---

thermique, acier au carbone souvent utilisé en mécanique générale de par sa bonne usinabilité et ses caractéristiques mécaniques

Apte au traitement thermique, utilisé pour les pièces soumises au choc et nécessitant une assez bonne résistance

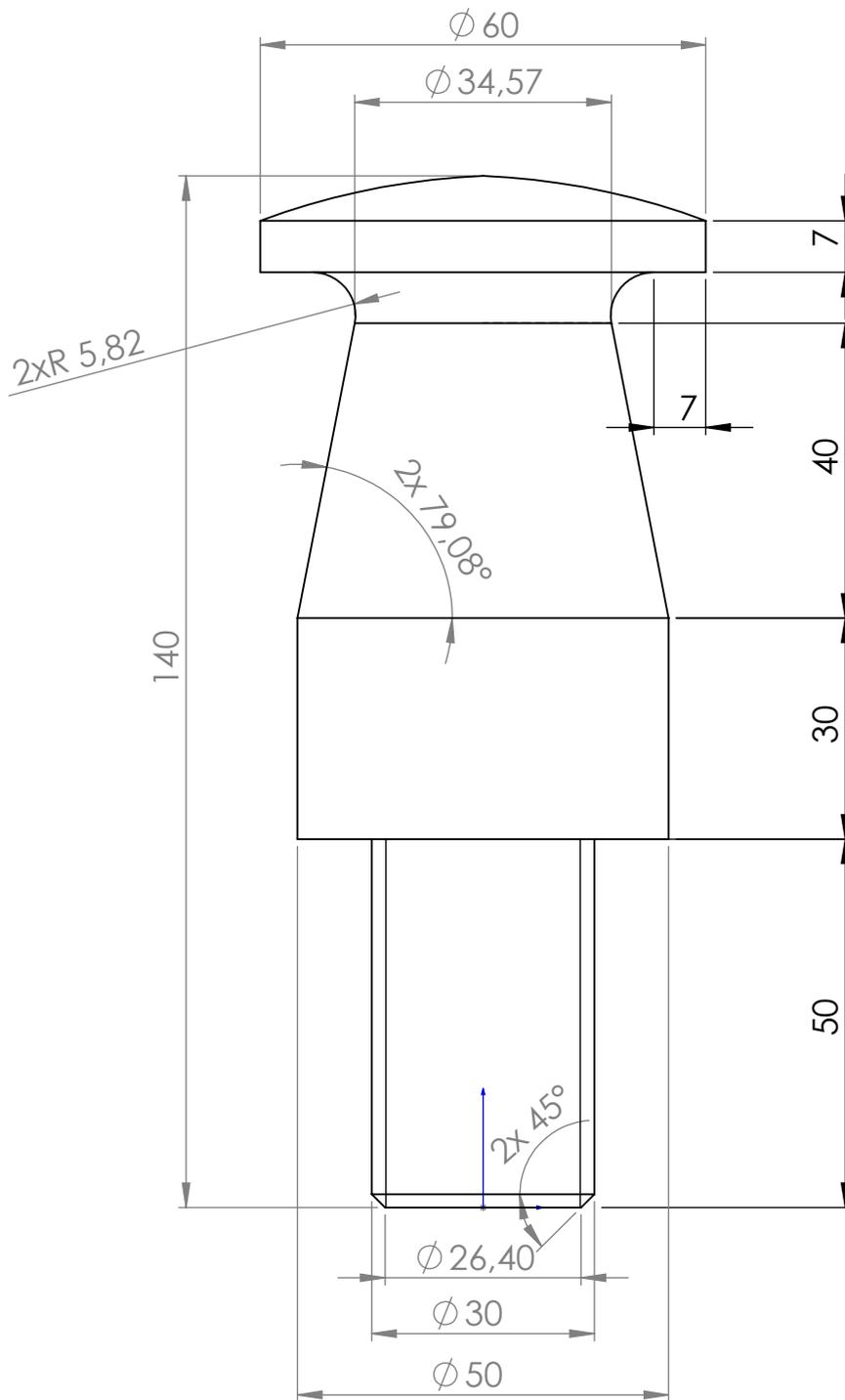


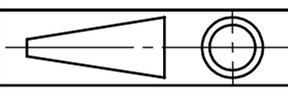
COUPE A-A

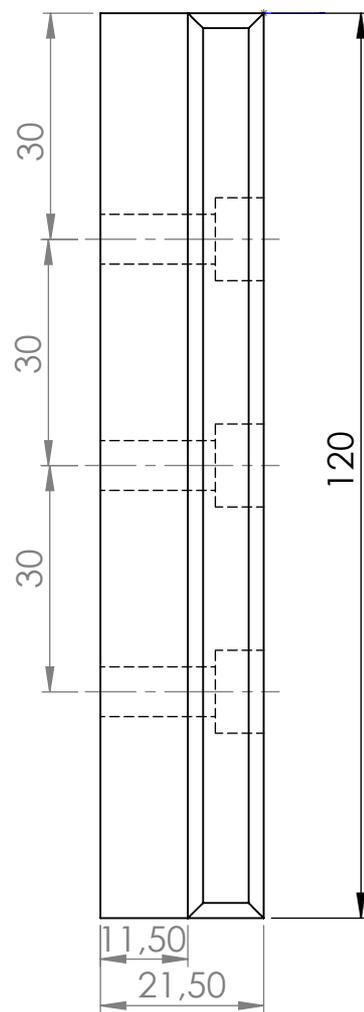
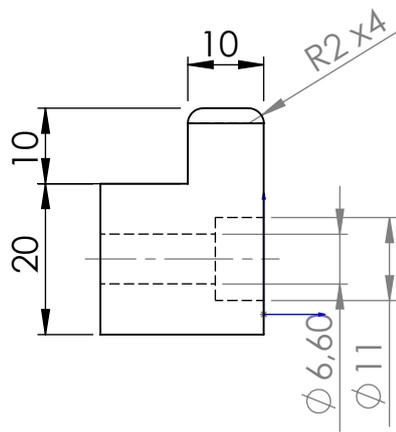
ECHELLE 5 : 1

IT=0.01 sauf  
indiqué

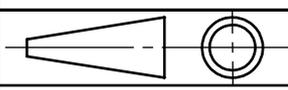
|             |     |                              |                              |             |
|-------------|-----|------------------------------|------------------------------|-------------|
| 13          | 4   | Butee De Guidage             | XC65                         |             |
| Rep         | Nbr | Désignation                  | Matière                      | Observation |
| Echelle 5:1 |     | <b>OUTIL D'EMBOUITISSAGE</b> | Aouidad Ihab<br>Bessati Idir |             |
|             |     |                              | Promotion 2018               |             |
| A 4         |     | UMMTO - FGC - GM             | M2 FMP                       |             |

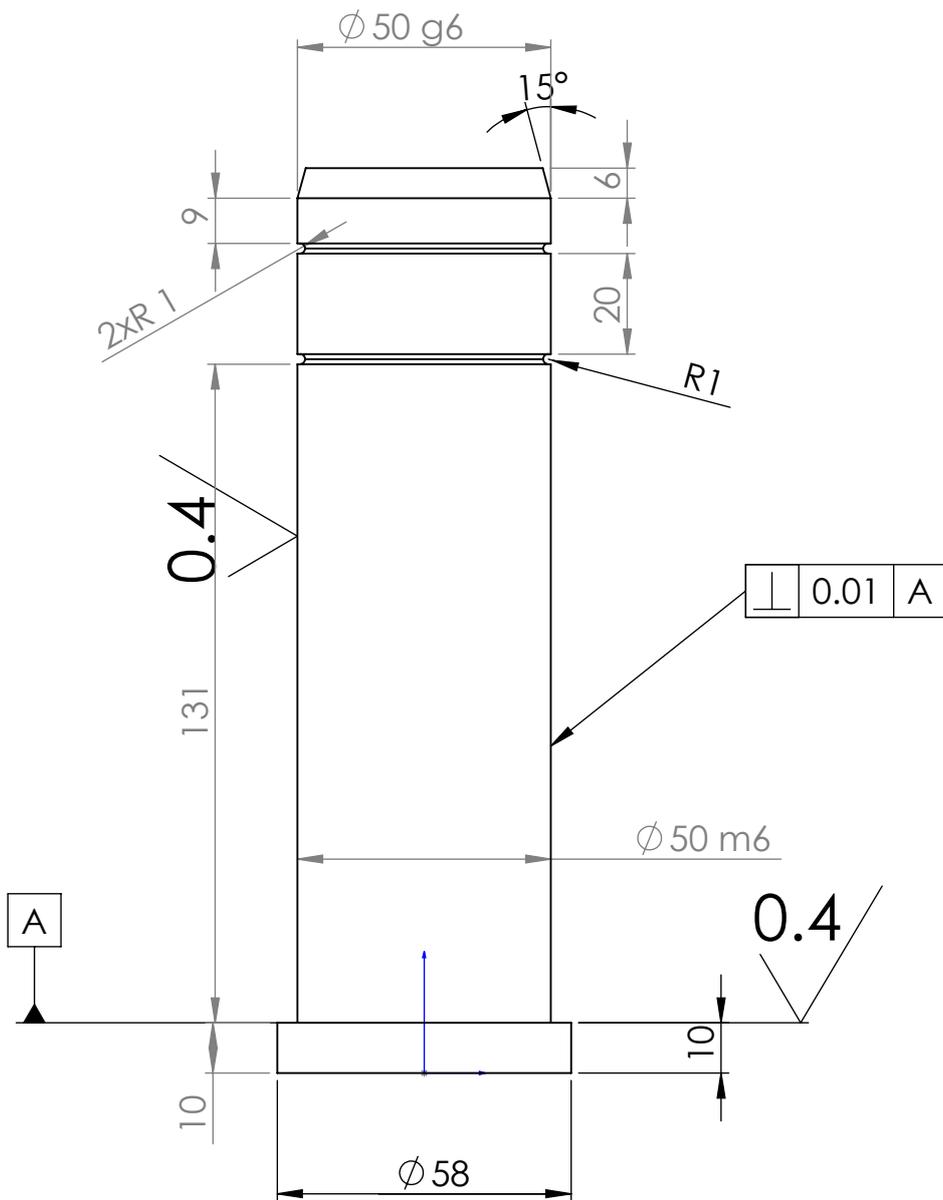


|  |     |                             |         |                              |
|--|-----|-----------------------------|---------|------------------------------|
| 19   | 4   | Boule de levage             | XC65    |                              |
| Rep  | Nbr | Désignation                 | Matière | Observation                  |
| Echelle 1:1  |     | <b>OUTIL D'EMBOUTISSAGE</b> |         | Aouidad Ihab<br>Bessafi Idir |
|  |     |                             |         | Promotion 2018               |
| A 4  |     | UMMTO - FGC - GM            |         | M2 FMP                       |

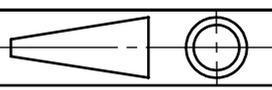


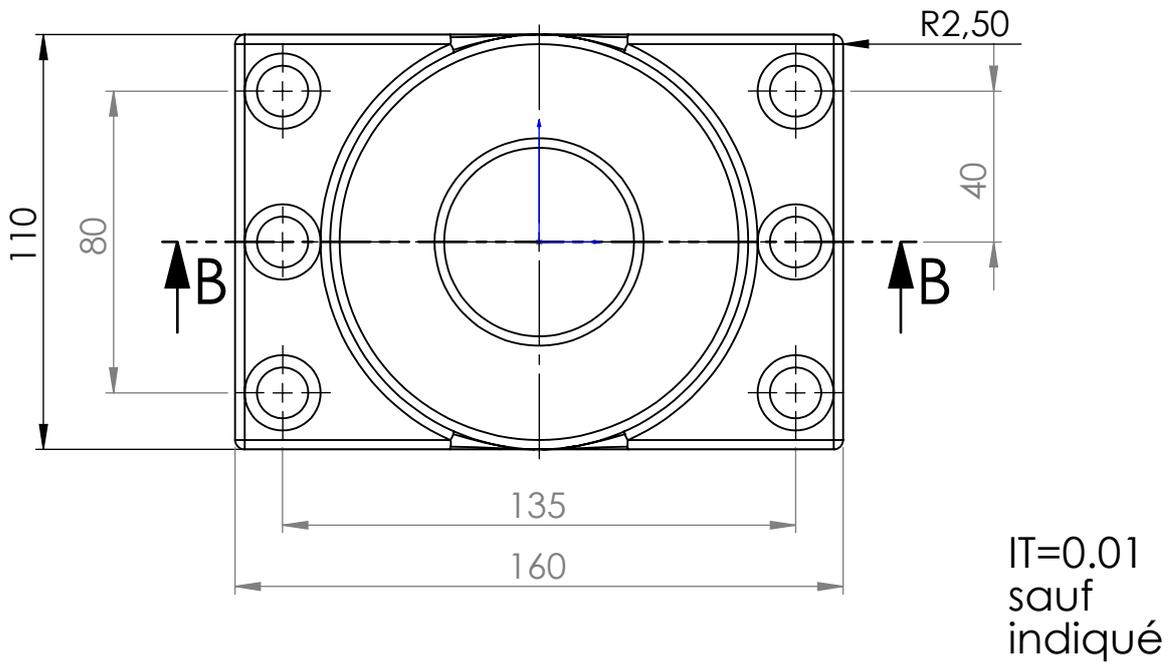
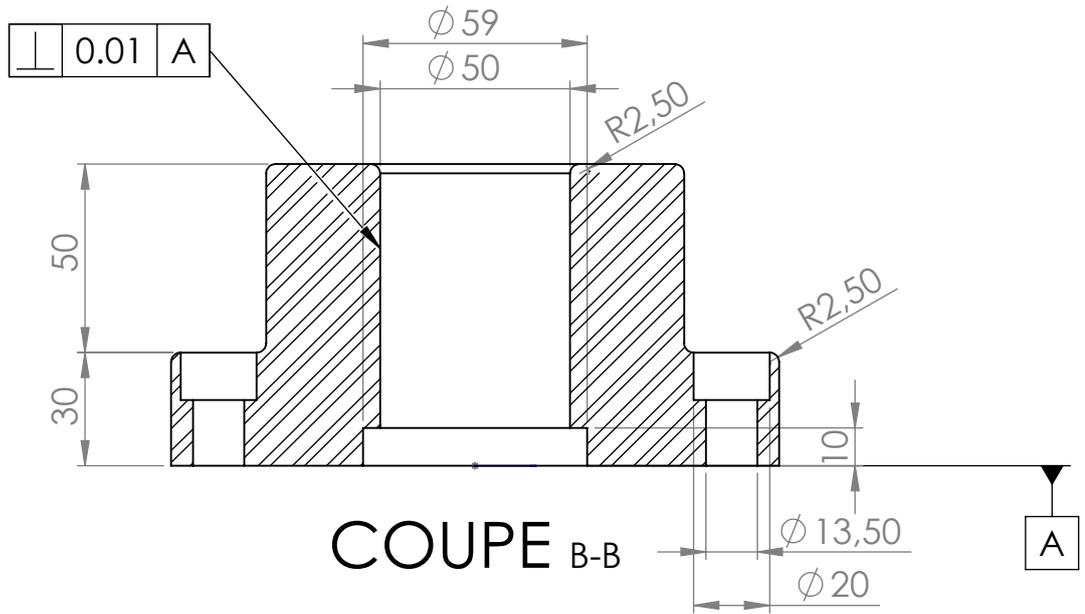
IT =0.01  
sauf  
indiqué

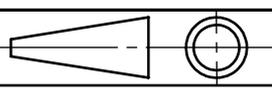
|  |     |                              |         |                              |
|--|-----|------------------------------|---------|------------------------------|
| 12   | 2   | Butée De Guidage             | XC65    |                              |
| Rep  | Nbr | Désignation                  | Matière | Observation                  |
| Echelle 1:1  |     | <b>OUTIL D'EMBOUITISSAGE</b> |         | Aouidad Ihab<br>Bessati Idir |
|  |     |                              |         | Promotion 2018               |
| A 4  |     | UMMTO - FGC - GM             |         | M2 FMP                       |

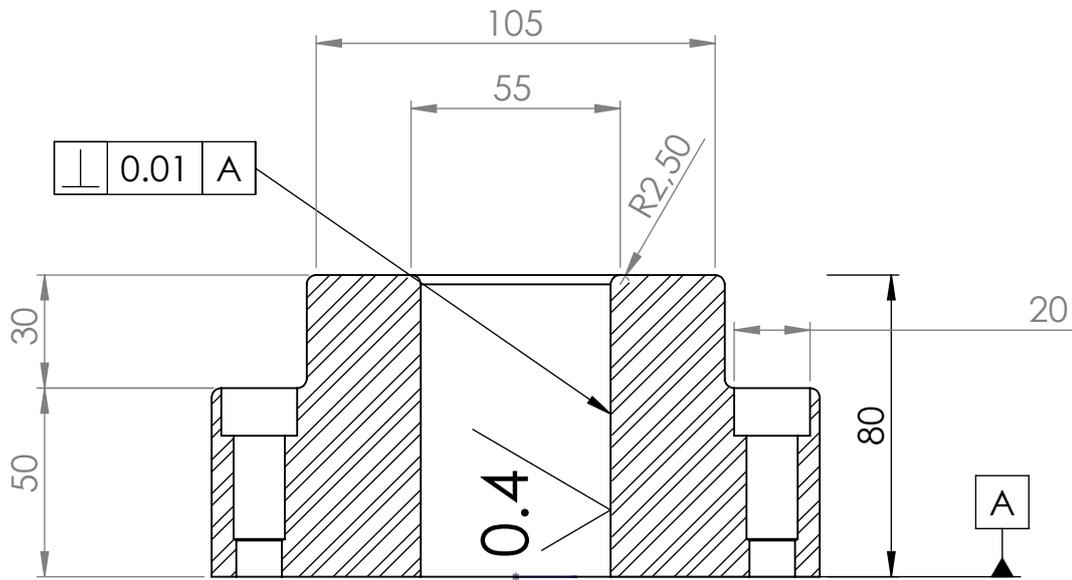


IT=0.01  
sauf  
indiqué

|  |     |                             |                          |             |
|--|-----|-----------------------------|--------------------------|-------------|
| 9  | 4   | Colonne De Guidage          | Z200 c12                 |             |
| Rep  | Nbr | Désignation                 | Matière                  | Observation |
| Echelle 2:3  |     | <b>OUTIL D'EMBOUTISSAGE</b> | Aoudad Ihab Bessati Idir |             |
|  |     |                             | Promotion 2018           |             |
| A 4  |     | UMMTO - FGC - GM            | M2 FMP                   |             |

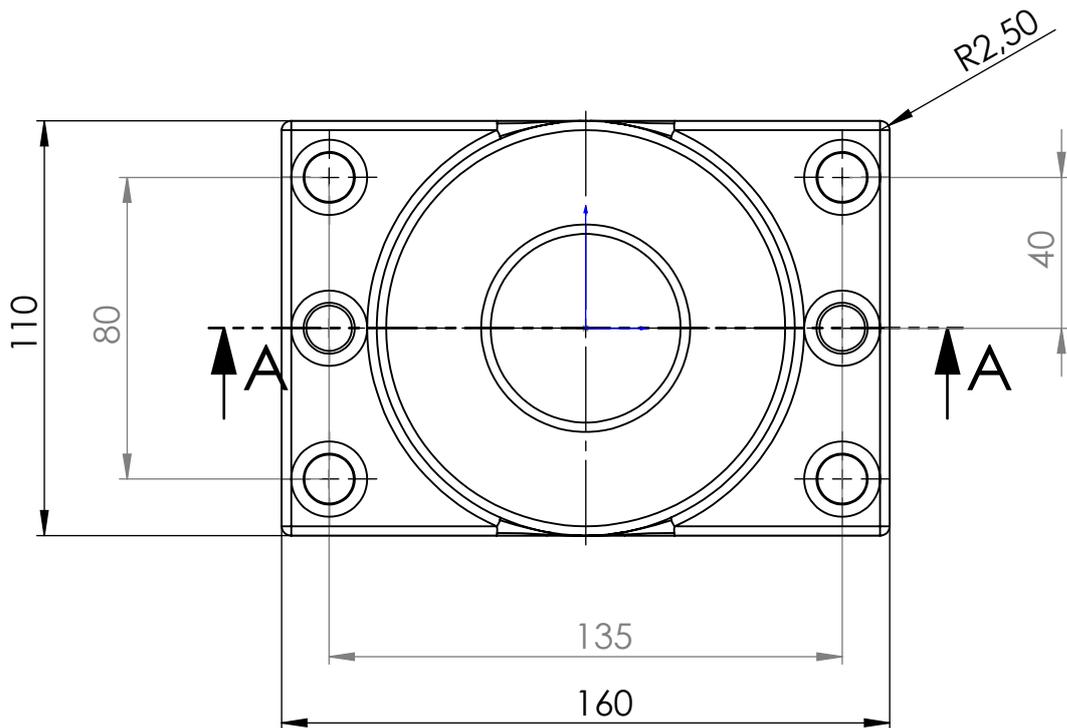


|  |     |                             |                           |             |
|--|-----|-----------------------------|---------------------------|-------------|
| 8  | 4   | Embase Inferieure           | XC42                      |             |
| Rep  | Nbr | Désignation                 | Matière                   | Observation |
| Echelle 1 : 2  |     | <b>OUTIL D'EMBOUTISSAGE</b> | Aouidad Ihab Bessati Idir |             |
|  |     |                             | Promotion 2018            |             |
| A 4  |     | UMMTO - FGC - GM            | M2 FMP                    |             |

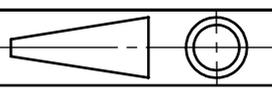


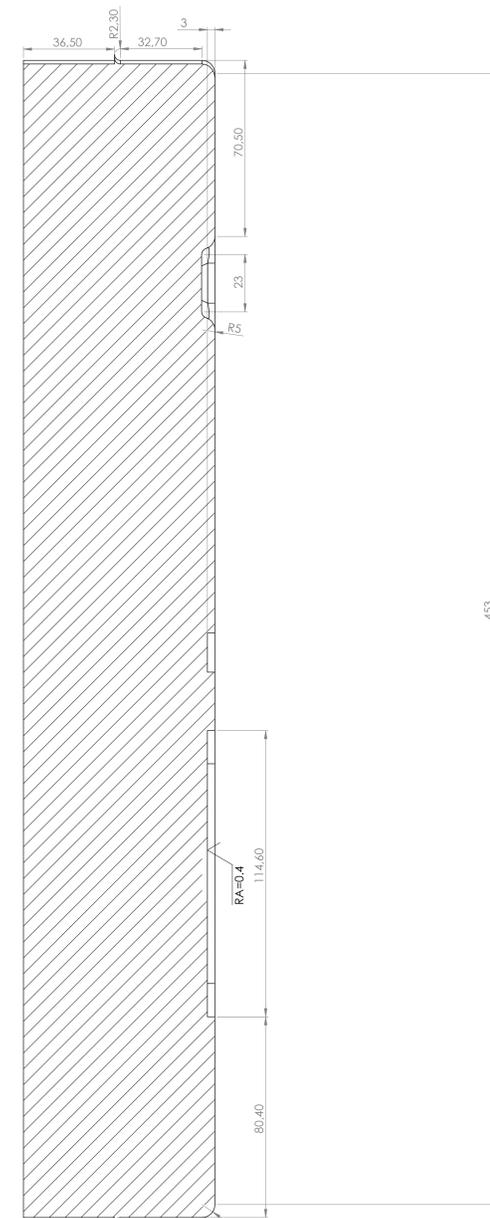
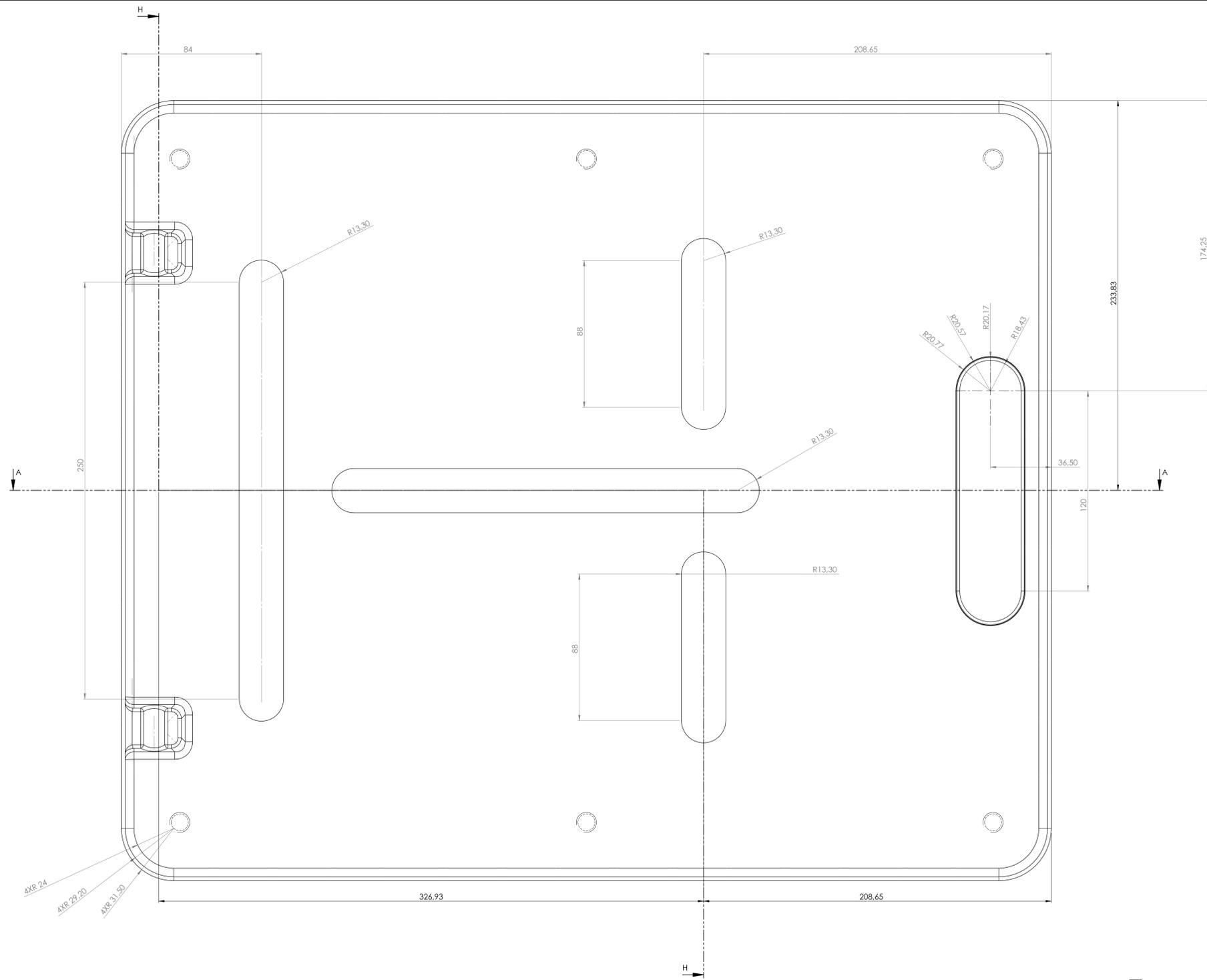
## COUPE A-A

ECHELLE 1 : 2

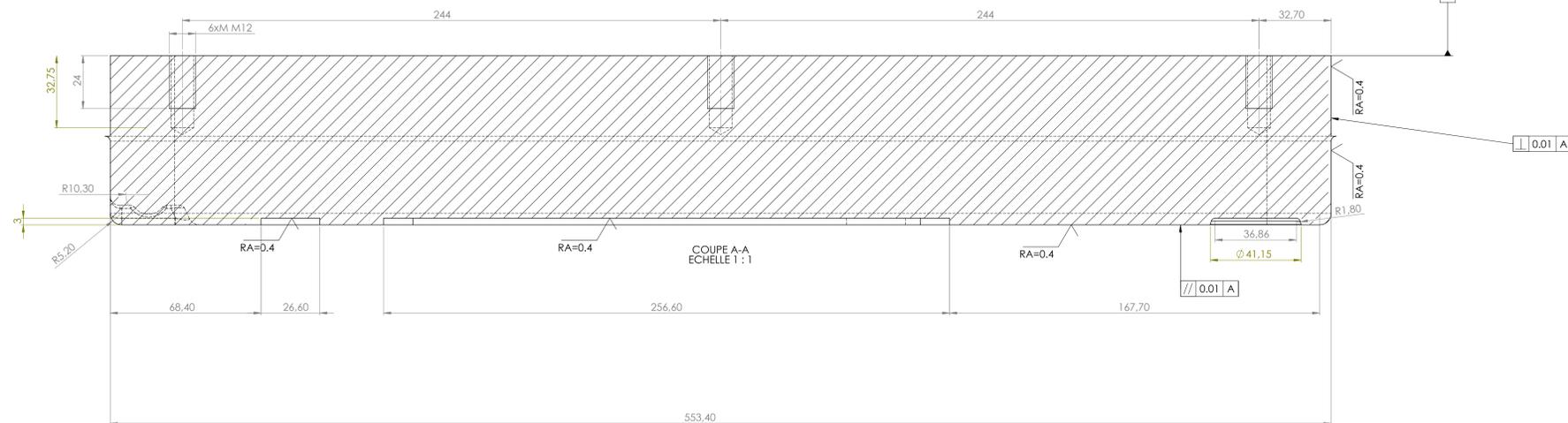


IT=0.01  
sauf  
indiqué

|  |     |                                |         |                           |
|--|-----|--------------------------------|---------|---------------------------|
| 18   | 4   | Embase superieure              | XC42    |                           |
| Rep  | Nbr | Désignation                    | Matière | Observation               |
| Echelle 1 : 2  |     | <h3>OUTIL D'EMBOUITISSAGE</h3> |         | Aouidad Ihab Bessati Idir |
|  |     |                                |         | Promotion 2018            |
| A 4  |     | UMMTO - FGC - GM               |         | M2 FMP                    |



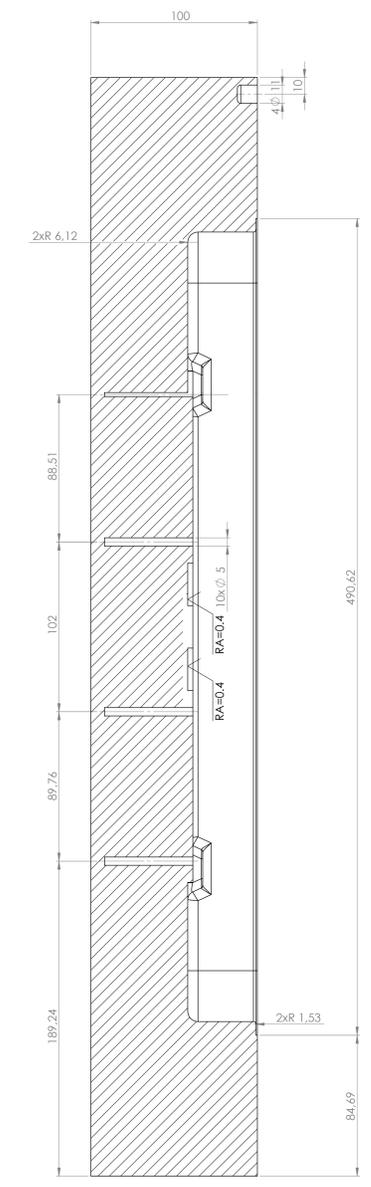
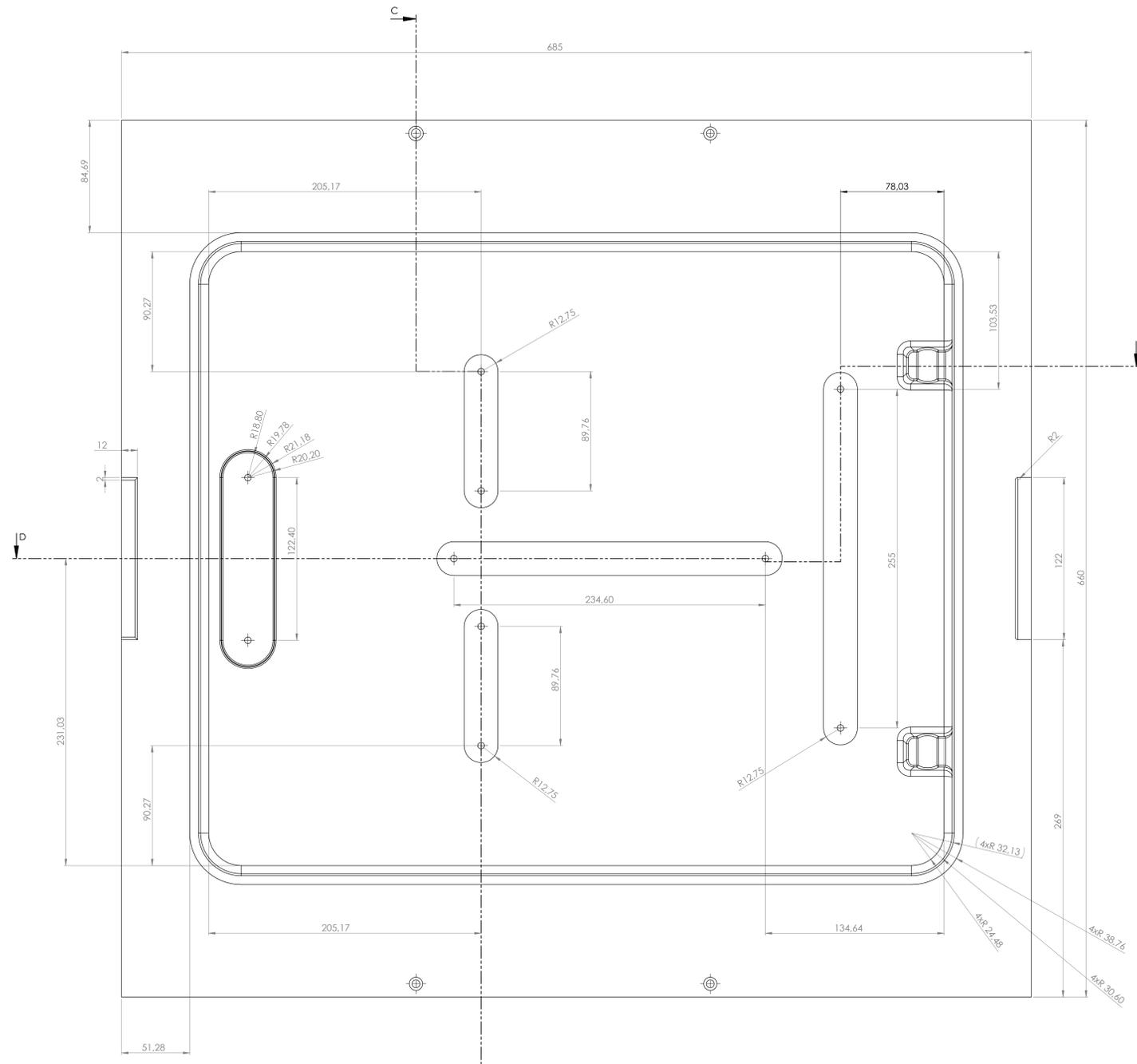
COUPE H-H  
ECHÉLLE 1 : 1



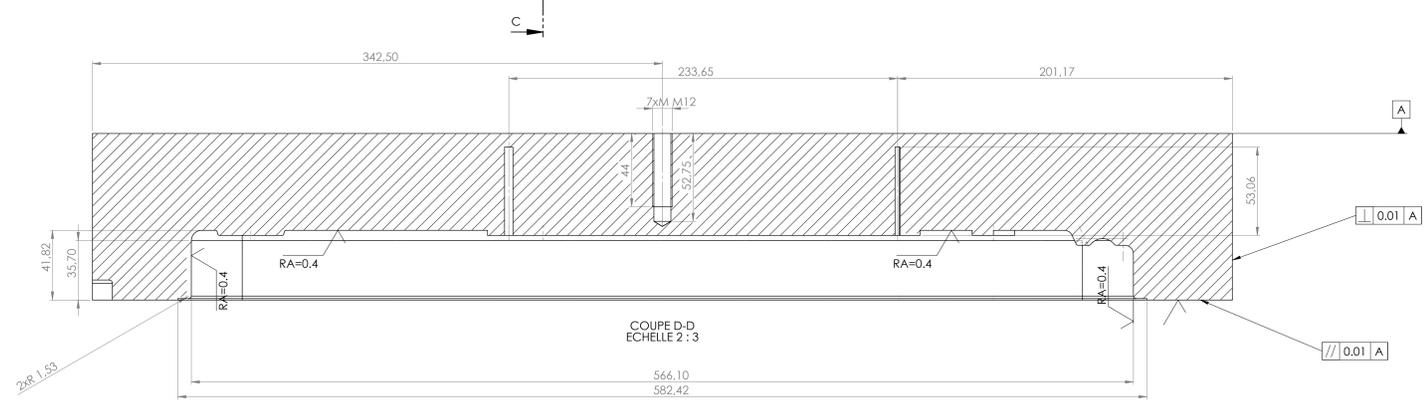
COUPE A-A  
ECHÉLLE 1 : 1

IT= 0.01 sauf indiqué

|             |   |                             |         |                              |
|-------------|---|-----------------------------|---------|------------------------------|
| 6           | 1 | Matrice                     | XC48    |                              |
| Rep.Nbr     |   | Désignation                 | Matière | Observation                  |
| Echelle:1:1 |   | <b>Outil d'emboutissage</b> |         | Aouidad Ihab<br>Bessafi Idir |
| A0          |   | UMMT0-FGC-GM                |         | Promotion 2018<br>M2 FMP     |



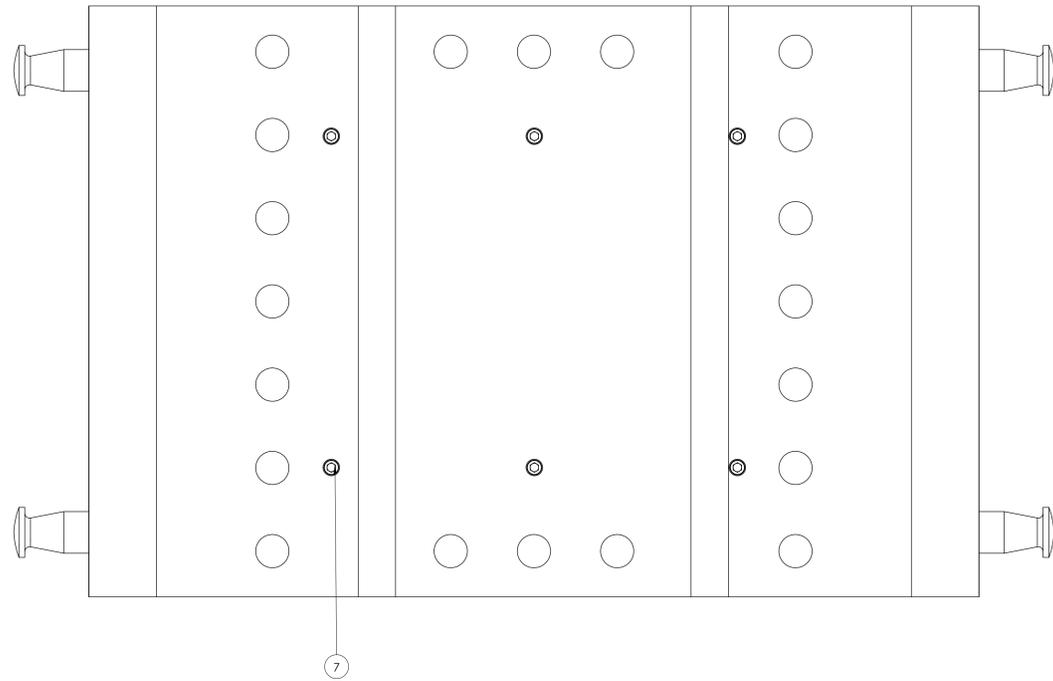
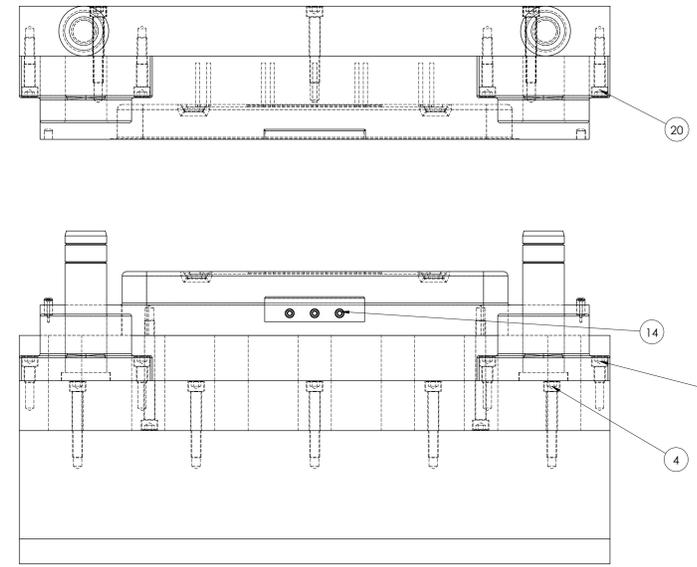
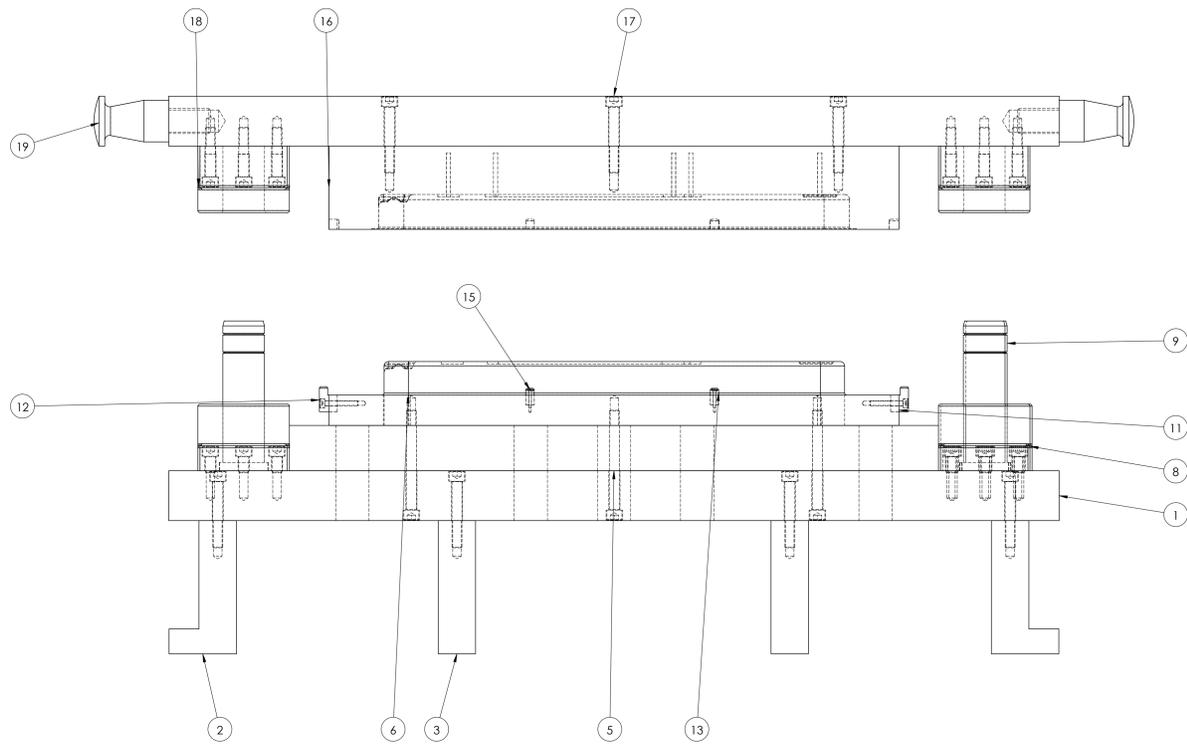
COUPE C-C  
ECHELLE 2:3



COUPE D-D  
ECHELLE 2:3

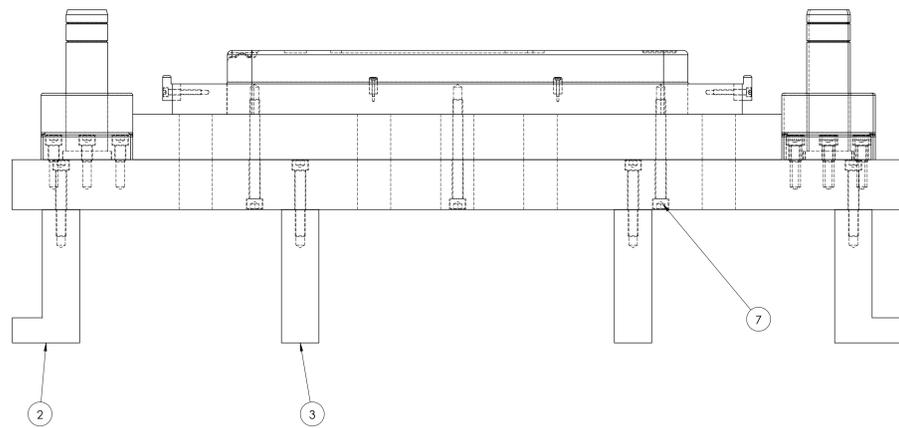
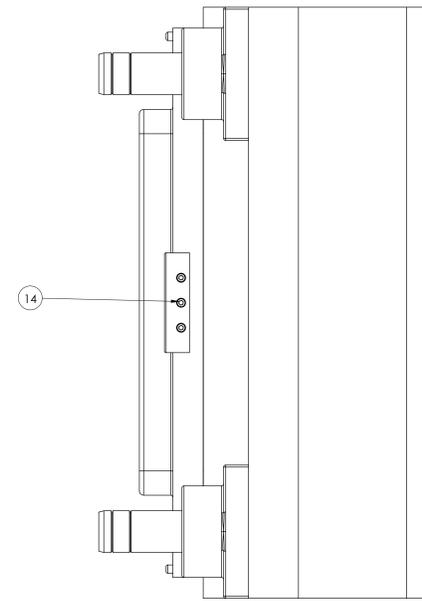
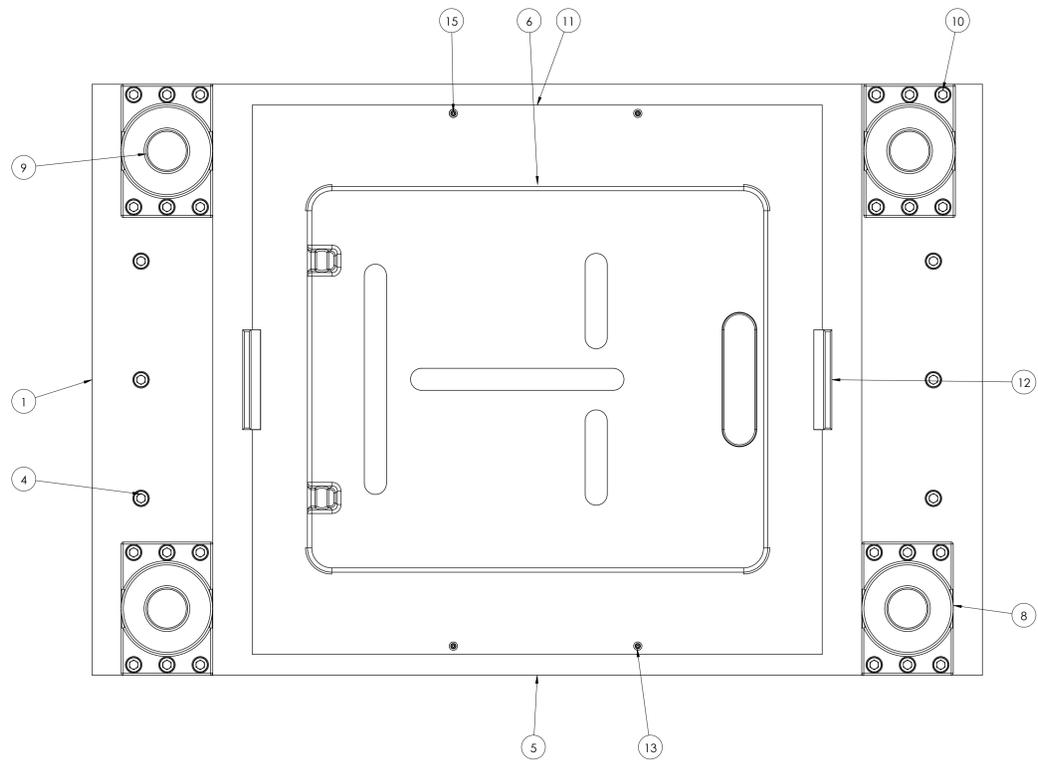
IT= 0.01 sauf indiqué

|             |   |                      |         |                              |
|-------------|---|----------------------|---------|------------------------------|
| 16          | 1 | Noyeau               | XC48    |                              |
| Rep.Nbr     |   | Désignation          | Matière | Observation                  |
| Echelle:2:3 |   | Outil d'emboutissage |         | Aouidad Ihab<br>Bessali Idir |
|             |   |                      |         | Promotion 2018               |
| A0          |   | UMMTO-FGC-GM         |         | M2 FMP                       |



| No. ARTICLE | NUMERO DE PIECE                   | DESCRIPTION   | QTE |
|-------------|-----------------------------------|---------------|-----|
| 1           | semmelle interieur                | Acier xc65    | 1   |
| 2           | fasseau                           | Acier xc 65   | 2   |
| 3           | fasseaux                          | Acier xc 65   | 2   |
| 4           | ISO 4762 M12 x 80 --- 80N         |               | 27  |
| 5           | porte matrice                     | Acier XC65    | 1   |
| 6           | Matrice                           | Acier xc48    | 1   |
| 7           | ISO 4762 M12 x 120 --- 120N       |               | 6   |
| 8           | embase inferieure                 | Acier xc45    | 4   |
| 9           | colonne de guidage D50<br>5eme op | Acier Z200C12 | 4   |
| 10          | ISO 4762 M12 x 20 --- 20N         |               | 24  |
| 11          | serre flan                        | Acier xc 65   | 1   |
| 12          | butte de guidage                  | Acier xc 65   | 2   |
| 13          | Pièce3 butee de guidage           | Acier xc 65   | 4   |
| 14          | ISO 4762 M6 x 40 --- 40N          |               | 6   |
| 15          | ISO 4762 M3 x 20 --- 20N          |               | 4   |
| 16          | noyau                             | Acier xc48    | 1   |
| 17          | semelle superieur                 | Acier XC65    | 1   |
| 18          | embase supérieure                 | Acier XC45    | 4   |
| 19          | boule de levage                   | Acier xc 65   | 4   |
| 20          | ISO 4762 M12 x 60 --- 60N         |               | 24  |

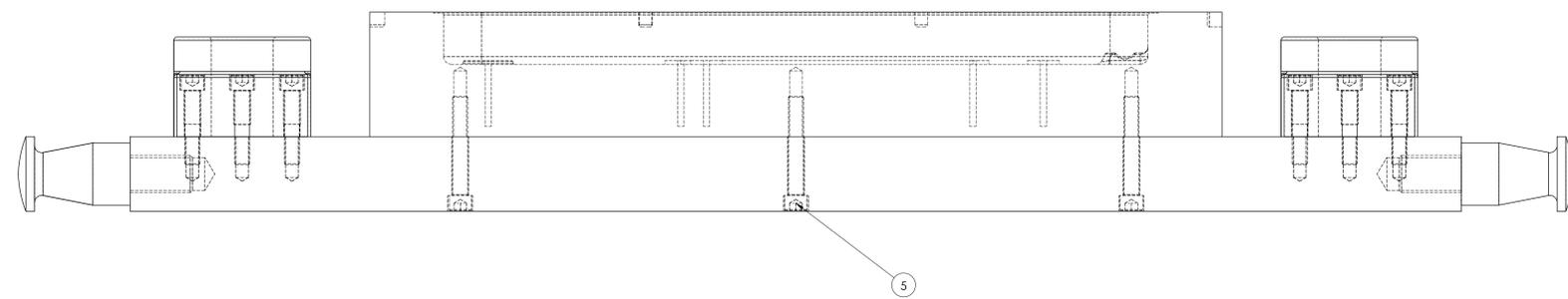
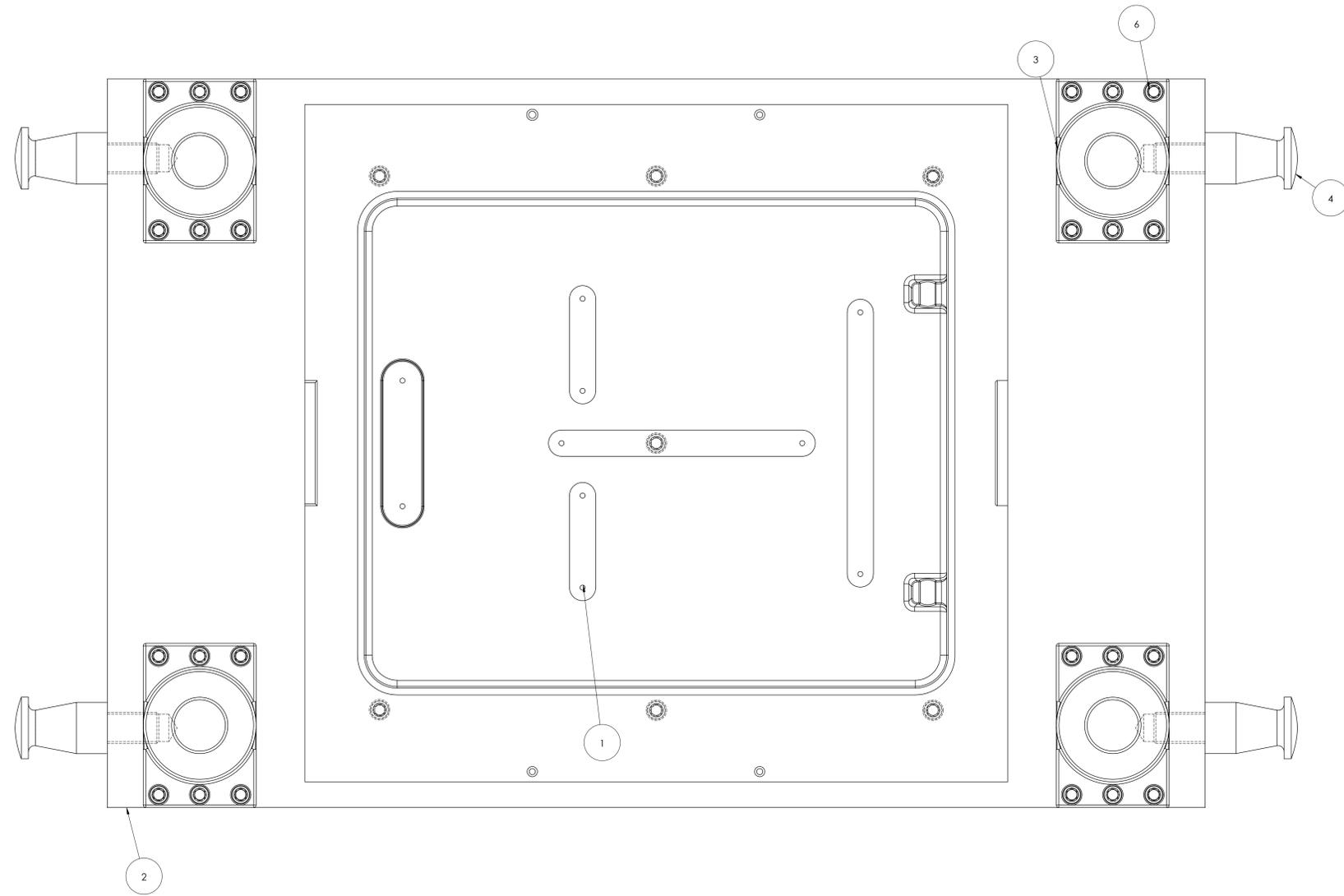
| 1           | Outil Final                 |         | Observation                  |
|-------------|-----------------------------|---------|------------------------------|
| Rep.Nbr     | Désignation                 | Matière | Observation                  |
| Echelle:1:3 | <b>Outil d'emboutissage</b> |         | Aouidad Ihab<br>Bessafi Idir |
| A0          |                             |         | UMMTO-FGC-GM                 |



| No. ARTICLE | NUMERO DE PIECE                 | DESCRIPTION   | QTE |
|-------------|---------------------------------|---------------|-----|
| 1           | semelle inferieur               | Acier xc65    | 1   |
| 2           | tasseau                         | Acier xc 65   | 2   |
| 3           | tasseaux                        | Acier xc 65   | 2   |
| 4           | ISO 4762 M12 x 80 --- 80N       |               | 20  |
| 5           | porte matrice                   | Acier XC65    | 1   |
| 6           | Matrice                         | Acier xc48    | 1   |
| 7           | ISO 4762 M12 x 120 --- 120N     |               | 6   |
| 8           | embase inferieure               | Acier xc45    | 4   |
| 9           | colonne de guidage D50 Serie op | Acier Z200C12 | 4   |
| 10          | ISO 4762 M12 x 20 --- 20N       |               | 24  |
| 11          | serre flan                      | Acier xc 65   | 1   |
| 12          | butte de guidage                | Acier xc 65   | 2   |
| 13          | Pièce3 butee de guidage         | Acier xc 65   | 4   |
| 14          | ISO 4762 M6 x 40 --- 40N        |               | 6   |
| 15          | ISO 4762 M3 x 20 --- 20N        |               | 4   |

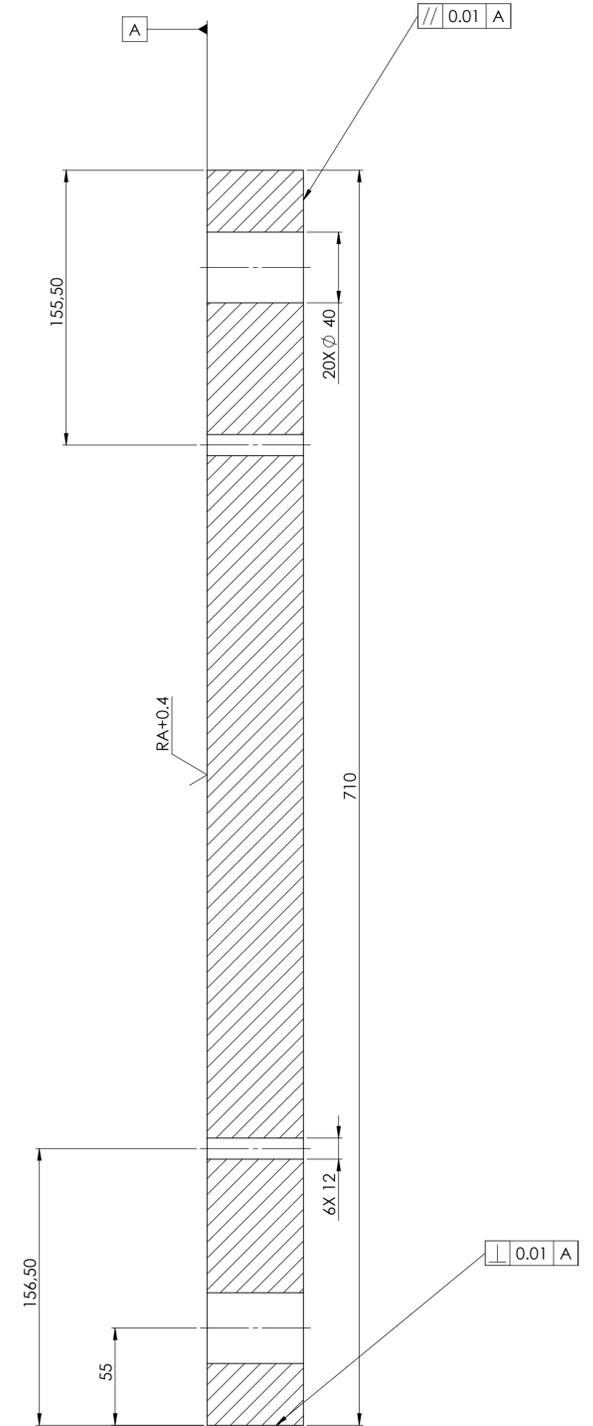
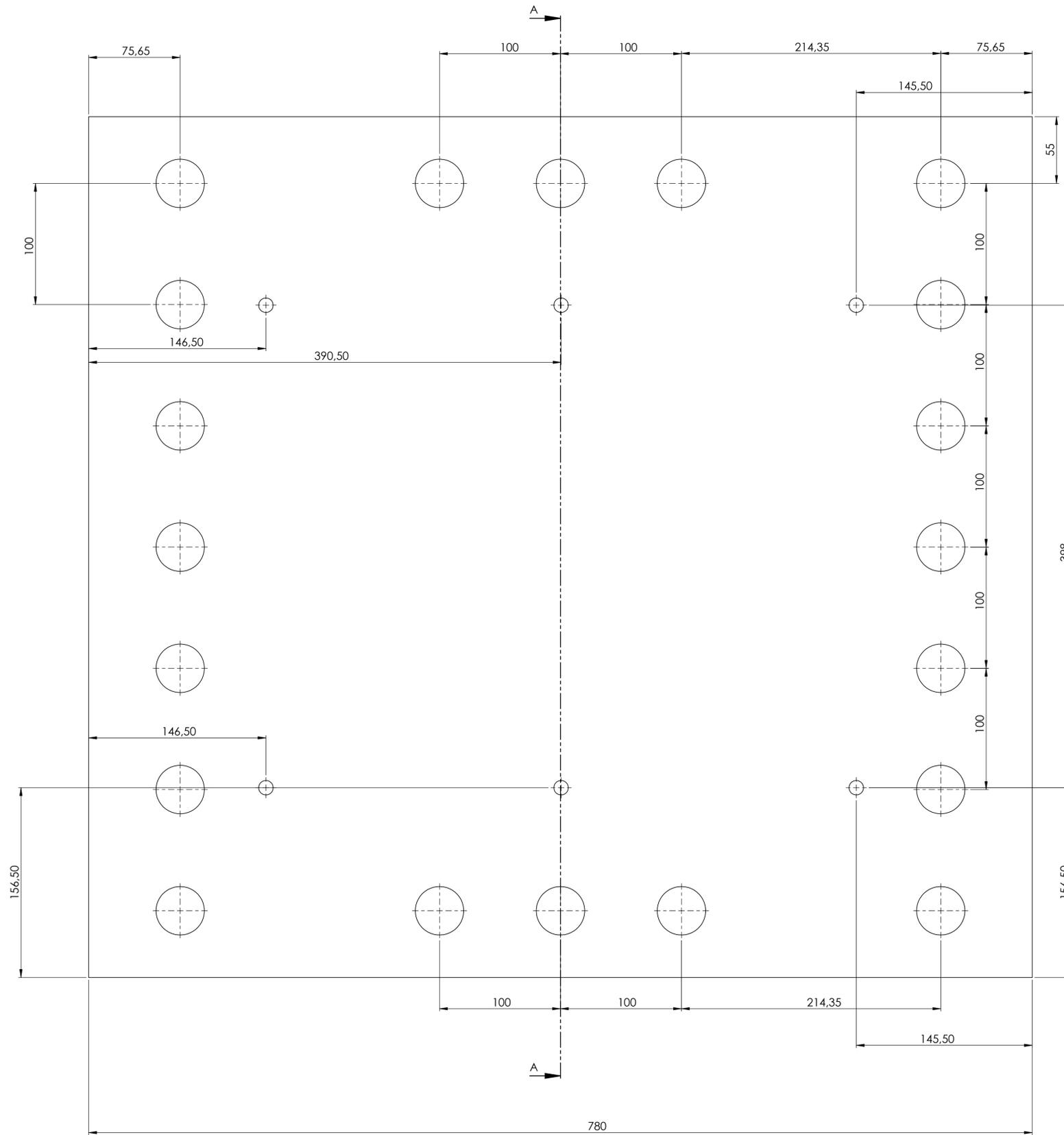
| Rep.Nbr     | Désignation       | Matière | Observation               |
|-------------|-------------------|---------|---------------------------|
| 1           | Partie inferieure |         |                           |
| Echelle 1:3 |                   |         | Aouidad Ihab Bessati Idir |
|             |                   |         | Promotion 2018            |
| A0          | UMMTO-FGC-GM      |         | M2 FMP                    |

**Outil d'emboutissage**



| No. ARTICLE | NUMERO DE PIECE           | DESCRIPTION | QTE |
|-------------|---------------------------|-------------|-----|
| 1           | noyau                     | Acier xc48  | 1   |
| 2           | semelle superieur         | Acier XC65  | 1   |
| 3           | embase supérieure         | Acier XC45  | 4   |
| 4           | boule de levage           | Acier xc 65 | 4   |
| 5           | ISO 4762 M12 x 80 --- 80N |             | 7   |
| 6           | ISO 4762 M12 x 60 --- 60N |             | 24  |

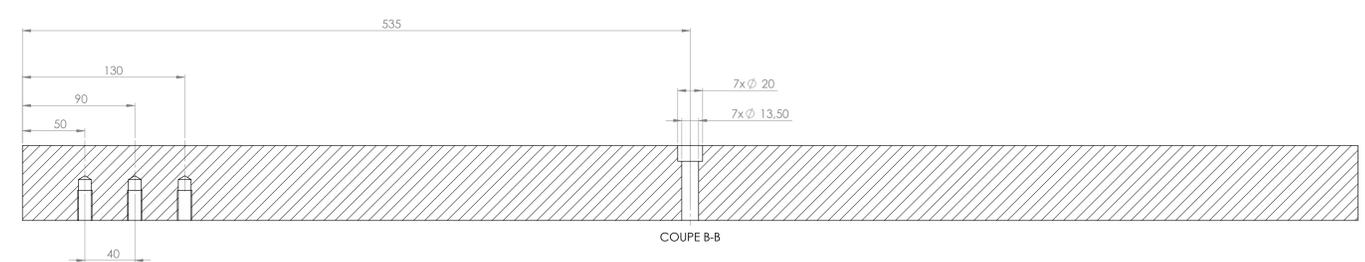
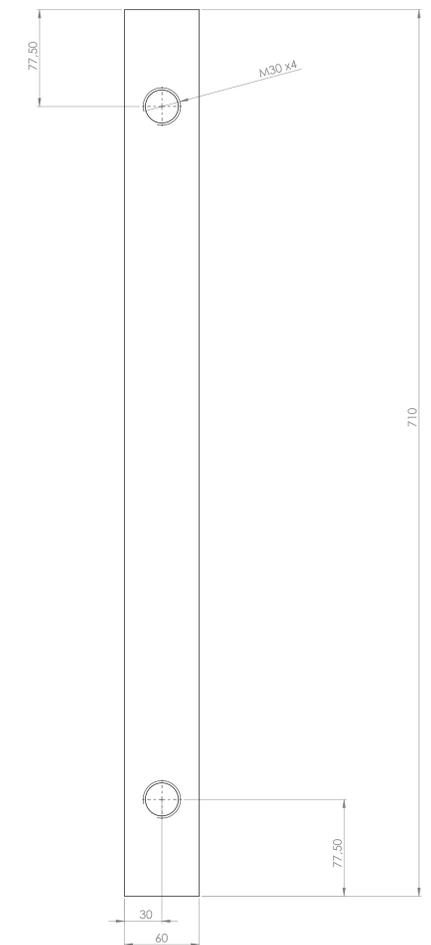
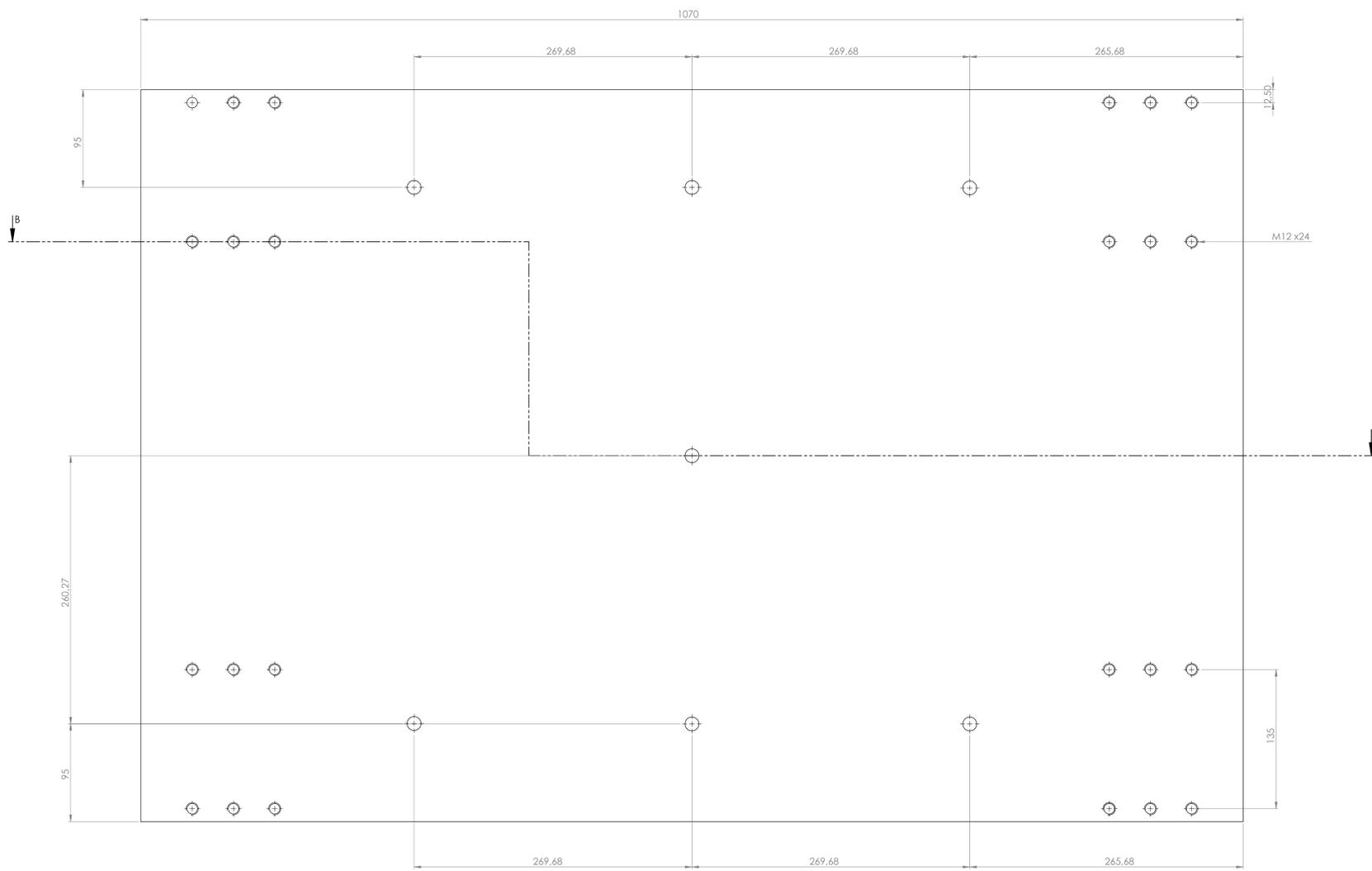
| Partie supérieure |                             |         |                           |
|-------------------|-----------------------------|---------|---------------------------|
| Rep. Nbr          | Désignation                 | Matière | Observation               |
| Echelle 1:2       | <b>Outil d'emboutissage</b> |         | Aouidad Ihab Bessafi Idir |
|                   |                             |         | Promotion 2018            |
| A0                | UMMTO-FGC-GM                |         | M2 FMP                    |



COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 2  
IT= 0.01 sauf indiqué

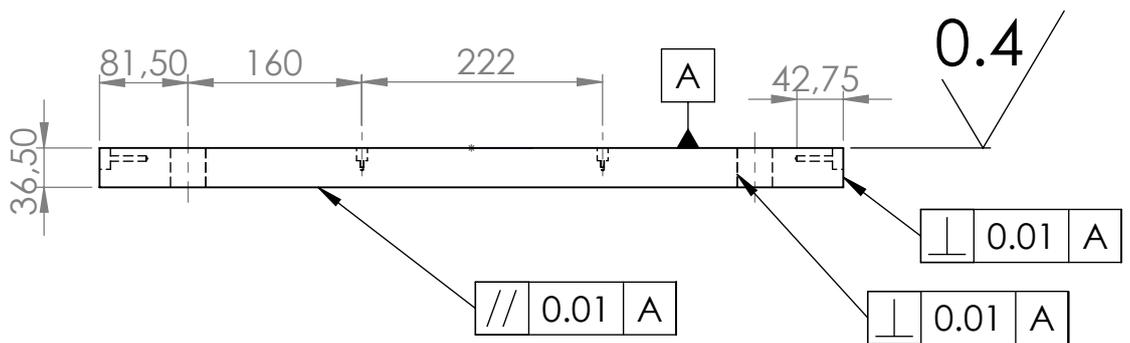
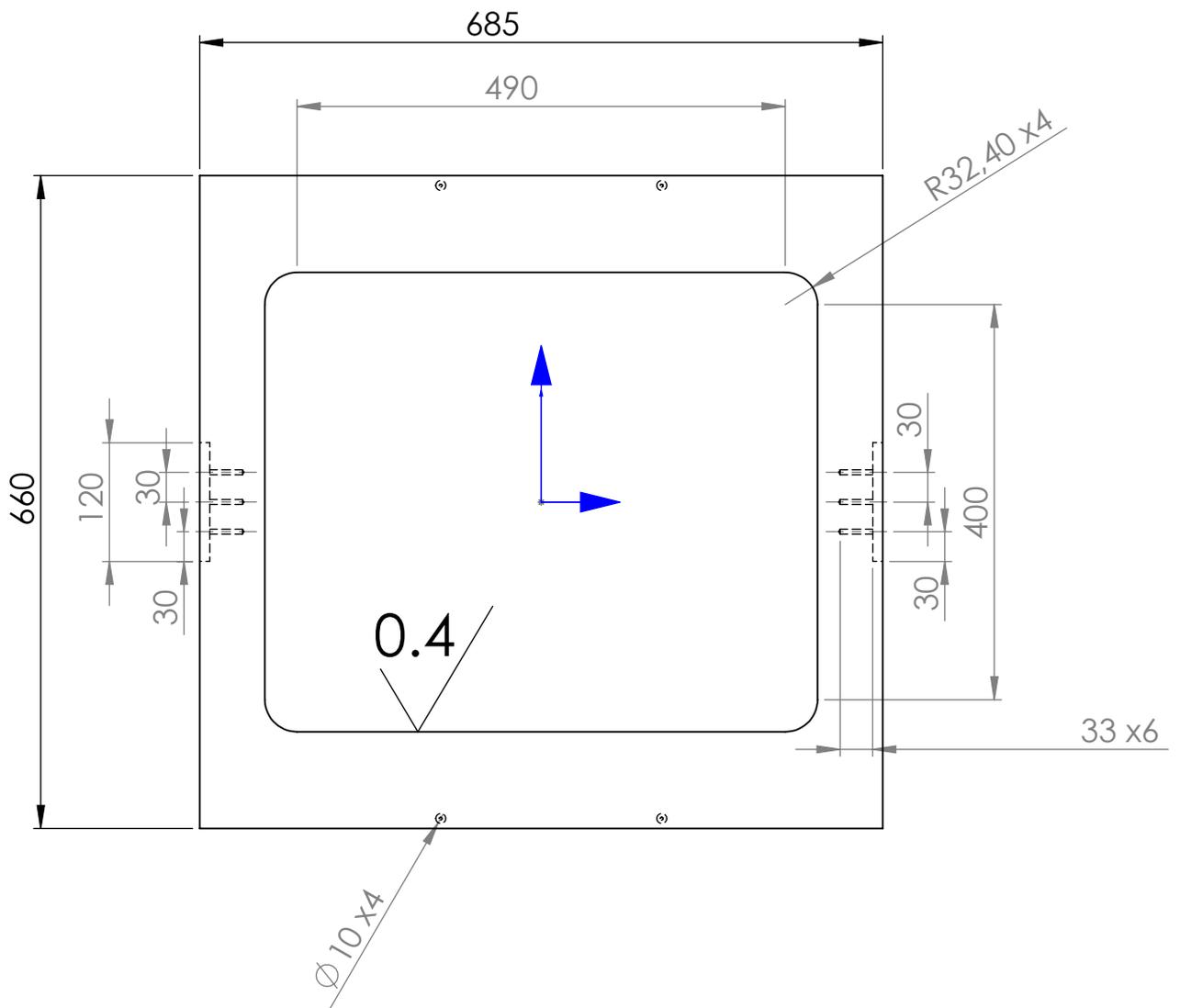
|         |   |                      |         |                           |
|---------|---|----------------------|---------|---------------------------|
| 5       | 1 | Porte matrice        | XC42    |                           |
| REP NBR |   | DESIGNATION          | MATIERE | OBSERVATION               |
|         |   | Outil d'emboutissage |         | Aouidad ihab Bessati idir |
|         |   | FGC GM UMMTO         |         | Promotion 2018            |
|         |   |                      |         | M2 FMP                    |



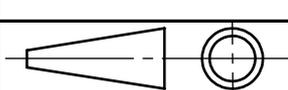


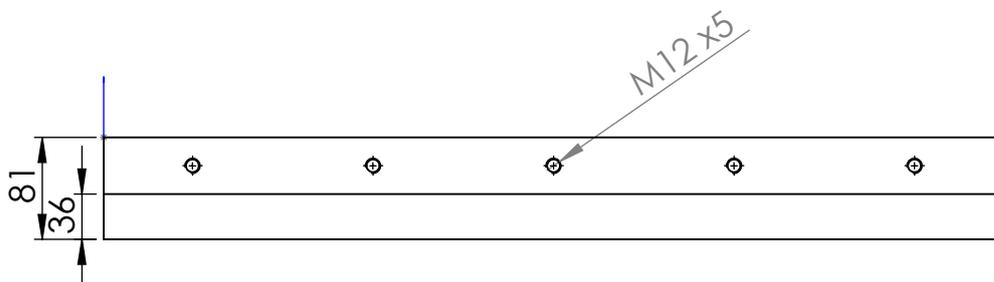
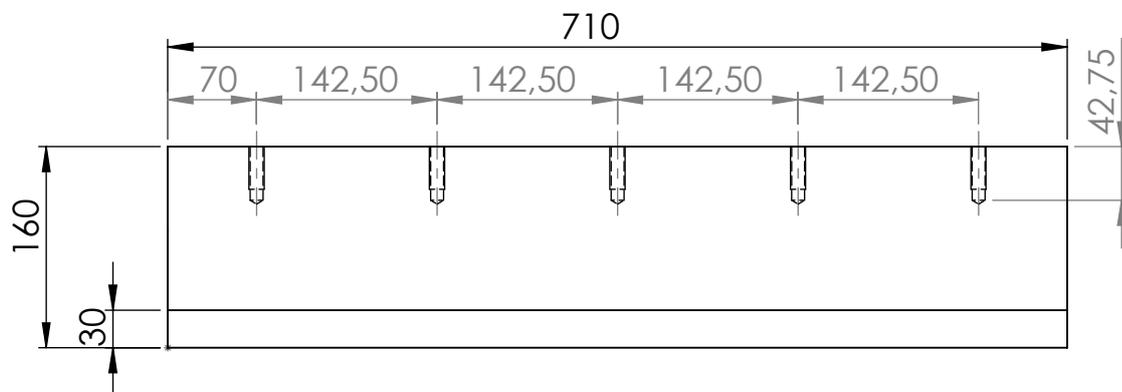
IT=0.01 sauf indiqué

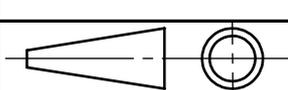
|             |   |                             |         |                           |
|-------------|---|-----------------------------|---------|---------------------------|
| 17          | 1 | Semelle superieure          | XC65    |                           |
| Rep. Nbr    |   | Désignation                 | Matière | Observation               |
| Echelle 1:2 |   | <b>Outil d'emboutissage</b> |         | Aouidad Ihab Bessafi Idir |
|             |   |                             |         | Promotion 2018            |
| A0          |   | UMMTO-FGC-GM                |         | M2 FMP                    |

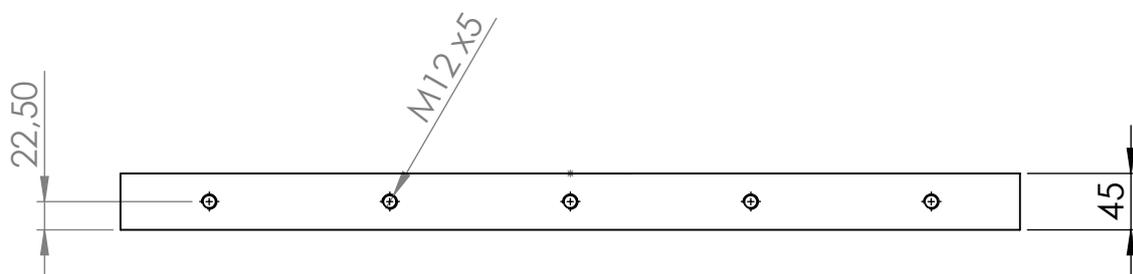
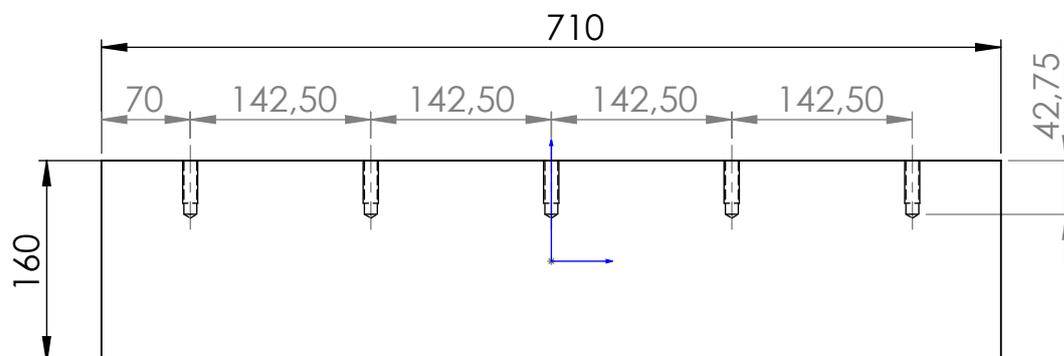


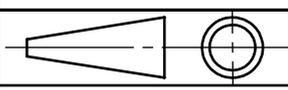
IT= 0.01  
sauf  
indiqué

| 11   | 1   | Serre flan                   | XC65    |                              |
|--|-----|------------------------------|---------|------------------------------|
| Rep  | Nbr | Désignation                  | Matière | Observation                  |
| Echelle 1:7  |     | <b>OUTIL D'EMBOUITISSAGE</b> |         | AOUIDAD IHAB<br>BESSATI IDIR |
|  |     |                              |         | Promotion 2018               |
| A 4  |     | UMMTO - FGC - GM             |         | M2 FMP                       |



|  |     |                              |         |                              |
|--|-----|------------------------------|---------|------------------------------|
| 2  | 2   | Tasseau                      | XC65    |                              |
| Rep  | Nbr | Désignation                  | Matière | Observation                  |
| Echelle 1:6  |     | <b>OUTIL D'EMBOUITISSAGE</b> |         | Aouidad Ihab<br>Bessati Idir |
|  |     |                              |         | Promotion 2018               |
| A 4  |     | UMMTO - FGC - GM             |         | M2 FMP                       |



|  |     |                              |         |                              |
|--|-----|------------------------------|---------|------------------------------|
| 3  | 2   | Tasseau                      | XC65    |                              |
| Rep  | Nbr | Désignation                  | Matière | Observation                  |
| Echelle 1:6  |     | <b>OUTIL D'EMBOUITISSAGE</b> |         | Aouidad Ihab<br>Bessati Idir |
|  |     |                              |         | Promotion 2018               |
| A 4  |     | UMMTO - FGC - GM             |         | M2 FMP                       |