

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DE MOULOUD MAMMERI TIZI-OUZOU



FACULTÉ DE GÉNIE DE LA CONSTRUCTION

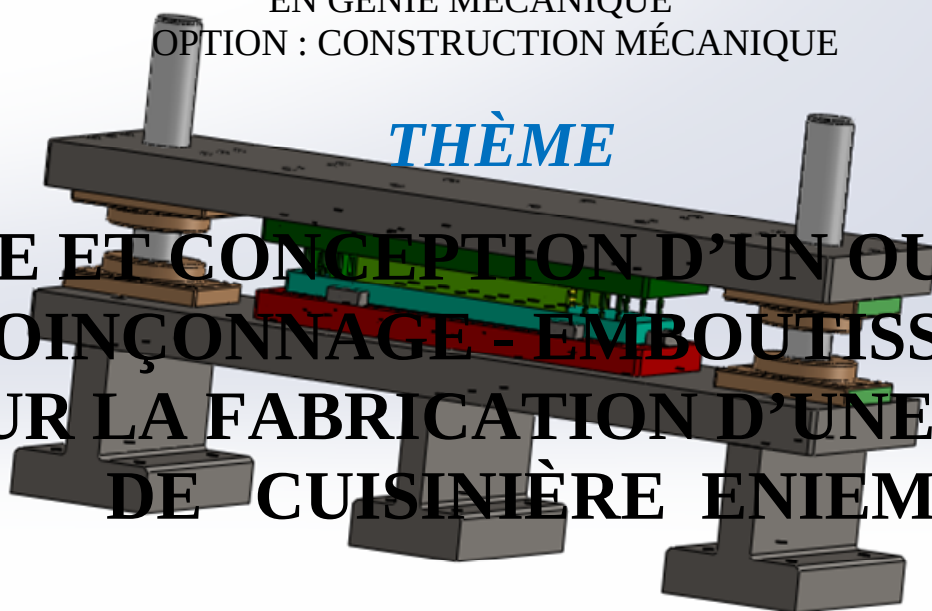
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE

**MÉMOIRE  
DE FIN D'ÉTUDES**

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER ACADÉMIQUE  
EN GÉNIE MÉCANIQUE  
OPTION : CONSTRUCTION MÉCANIQUE

**THÈME**

**ÉTUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE  
POINÇONNAGE - EMBOUTISSAGE  
POUR LA FABRICATION D'UNE PIÈCE  
DE CUISINIÈRE ENIEM**



**PRÉSENTÉ PAR :**

**Mr. OULD BEN HEMMOU Chabane  
M<sup>lle</sup>. ABDERRAHMANI Fahima**

**PROPOSÉ PAR :**  
**ENIEM**

**DIRIGÉ PAR :**  
**Mr. BEHTANI AMAR  
M<sup>me</sup> DJOUAHIR FETTA**

**PROMOTION 2017/2018**

## **Remercîments**

*Avant tout nous remercions dieu qui nous a donné le courage, la volonté la patience pour pouvoir franchir toute les épreuves difficiles afin d'arriver a ce mémoire.*

*Ce mémoire de fin d'étude est témoin de notre reconnaissance à nos professeurs qui nous ont fait apprécier la richesse des études.*

*Nous tenons à remercier tout le personnel de l'entreprise ENIEM et surtout les ingénieurs, **M<sup>lle</sup>. DJERRA** et **M<sup>r</sup>. SAADI** pour l'importance et la confiance qui nous ont fait accorder pendant toute la période de stage pratique.*

*Un grand merci pour **M<sup>me</sup>. DJOUAHIR** qui nous a aider et orienter pendant ce travail.*

*Nous tenons à remercier notre promoteur **M<sup>r</sup>. BAHTANI** pour son aide et son orientation tout au long de ce travail.*

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

*Merci à nos familles et tous nos amis (es) étudiants de Bastos.*

***Merci à vous tous***

## ***Dédicaces***

***Je dédie ce modeste travail à :***

***La mémoire de ma grand-mère et tous ceux que j'aurais aimé être la.***

***A mes chers parents***

***A mes frères et sœurs et ma fiancée***

***A toute ma famille, mes amis (es) qui m'ont toujours soutenus.***

***Chabane Ould ben hammon***

## ***Dédicaces***

***Je dédie ce travail à :***

***La mémoire de mon très cher grand-père «VAVA MOUH» et ma chère amie (tassadit).***

***Ma chère grand-mère.***

***Mes très chères parents qui sont toujours à mes cotés.***

***Lyes qui m'a toujours soutenue.***

***Mes sœurs et frères.***

***Toute ma famille et Tout mes am(e)s qui m'ont toujours soutenue.***

***Fahima Abderrahmani***

## **Liste des figures**

Figure I.1 : Bobinage de tôle.

Figure I.2 : Bobine de tôle.

Figure I.3 : le laminage.

Figure I.4 : principe de fonctionnement des cylindres de laminage.

Figure I.5 : Le laminage de la tôle à chaud.

Figure I.6 : Le laminage de la tôle à froid.

Figure I.7 Le découpage.

Figure I.8 : Le poinçonnage.

Figure I.9: L'encochage.

Figure I. 10 : Le détournage.

Figure I. 11:Le crevage.

Figure I. 12 : Le cisailage.

Figure I. 13 : Le grignotage.

Figure I. 14 : Le poinçonnage.

Figure I. 15: Le poinçon et ses composantes.

Figure I. 16 : Jeu entre le poinçon et la matrice.

Figure I.17:L'emboutissage.

Figure I. 18:L'opération de l'emboutissage à chaud.

Figure I. 19 : Le pliage.

Figure I. 20 : Le pliage en V.

Figure I. 21: Le pliage en frappe.

Figure I. 22 : Le pliage en air.

Figure I. 23 : Le pliage en U.

Figure I. 24: Le pliage en L.

Figure I. 25: Le rayon intérieur de pliage.

Figure I. 26 : Le retour élastique.

Figure II.1 : La microstructure du fer à  $T < 910^{\circ}\text{C}$ .

Figure II.2 : La microstructure du fer à  $910^{\circ}\text{C} < T < 1394^{\circ}\text{C}$ .

Figure II.3 : La microstructure du fer à  $T > 1394^{\circ}\text{C}$ .

Figure II.4 : diagramme d'équilibre fer-carbone.

Figure II.5 : Microstructures des aciers en fonction du pourcentage de carbone.

Figure III.1 : Les éléments poinçon et matrice de l'outil de presse.

Figure III.2 : La dépouille dans la partie active de la matrice.

Figure III.3 : Le principe d'affutage.

Figure III.4 : La presse hydraulique.

Figure III.5 : Presse pneumatique.

Figure III.6 : Presse mécanique.

Figure III.7 : Presse à col de cygne.

Figure III.8 : Presse à arcade.

Figure III.9 : Presse à colonnes.

Figure III.10 : Presse à double effet.

Figure IV.1-cornière de fixation des verres de porte cuisinière.

Figure IV.2-emplacement de la cornière sur la porte de cuisinière.

Figure IV.3- Ressort de charges extra fortes couleur jaune Réf.358.

Figure IV.4- Catalogue Rabourdin Ressorts charges extra fortes couleur jaune Réf.358.

Figure IV.5 : position des centres de gravité.

## Liste des tableaux

Tableau II.1-caractéristiques du fer

Tableau II.2-caractéristiques du carbone

Tableau II.3-les facteurs multiplicateur en fonction de l'élément d'alliage

Tableau II.4-désignation des aciers faiblement alliés.

Tableau II.5-la teneur en carbone de différents types d'acier, leur résistance mécanique et leurs propriétés

Tableau II.6- désignations des aciers d'usage général et leurs emplois.

Tableau II.7- désignations des aciers fortement alliés.

Tableau IV.1- Cahier de charge de la pièce (cornière).

Tableau IV.2- composition chimique du matériau de la pièce.

Tableau IV.3-caractéristiques mécaniques du matériau de la pièce.

Tableau IV.4-choix de coefficient k en fonction de  $\frac{P_{\text{poinçon5}}}{P_{\text{flan}}}$ .

Tableau IV.5 caractéristiques de la presse TP-60 Col de cygne.

Tableau IV.6 : Longueurs libres de flambage en fonction du type de liaisons.

Tableau IV.7-Centre d'inertie des efforts de poinçon.

## Liste des symboles

$\mathbf{G}_{\text{comp}}$  : Effort de compression.

$\mathbf{F}_{\text{Tp}}$  : Effort de poinçonnage.

$\mathbf{S}$  : section du poinçon.

$\mathbf{R_e}$  : La limite élastique du poinçon.

$\mathbf{e}$  : Épaisseur de la tôle.

$\mathbf{p_{cr}}$  : Charge critique du flambement.

$\mathbf{E}$  : Module d'élasticité ou module de Yong.

$\mathbf{I}$ : Moment d'inertie.

$\mathbf{l}$  : Longueur libre de flambement.

$\mathbf{P_{poinçon}}$  : Périmètre du poinçon.

$\mathbf{R_m}$  : La résistance de la tôle.

$\mathbf{F_{Te}}$  : Effort d'emboutissage.

$\mathbf{P_{flan}}$  : Périmètre du flan.

$\mathbf{L}$  :longeur de la ligne de pliage.

$\mathbf{R_c}$ :resistance de la tole au cisaillement.

$\mathbf{P}$  : Pression

$\mathbf{F}$  : Force

$\mathbf{S}$  : Surface

$\mathbf{F_{ressort}}$  : Effort de ressort

$\mathbf{F_{Serre-flan}}$  : Effort de serre flan.

$\mathbf{K}$  : Raideur de ressort.

$\mathbf{X}$  : La course en **mm** Raideur de ressort

$\mathbf{p_{cr}}$  : La charge critique

$\mathbf{F_{Tpresse}}$  : Effort totale de la presse



# Sommaire

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

## Présentation de l'entreprise

|                                                                  |          |
|------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1 .Présentation de l'entreprise.....</b>                      | <b>2</b> |
| <b>2. Constitution de l'entreprise.....</b>                      | <b>2</b> |
| <b>3 .Principales missions et activités de l'entreprise.....</b> | <b>3</b> |
| 3.1. La direction générale (D.G)... ..                           | 3        |
| 3.2. L'unité froide (U.F) .....                                  | 3        |
| 3.3. L'unité cuisson (U.CUIS) .....                              | 3        |
| 3.4 L'unité climatisation (U.C.L). .....                         | 3        |
| 3.5 L'unité sanitaire (U.S) .....                                | 3        |
| 3.6 La filiale FILAMP .....                                      | 3        |
| <b>4. organisation de l'entreprise .....</b>                     | <b>4</b> |
| <b>5. Les technologies utilisées par l'ENIEM. ....</b>           | <b>5</b> |
| <b>6. Politique de l'entreprise ENIEM. ....</b>                  | <b>5</b> |
| 6.1. Politique qualité. ....                                     | 5        |
| 6.1.1. Engagement de la direction.....                           | 6        |
| 6.1.2. Les objectifs de l'ENIEM. ....                            | 6        |
| 6.2. Politique environnementale de l'ENIEM. ....                 | 6        |

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

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| <b>I .1-introduction</b>                                    | 7  |
| <b>I .2 -Obtention de la tôle</b>                           | 7  |
| I.2.1 –Définition                                           | 7  |
| <b>I.2.2- le procédé de laminage</b>                        | 8  |
| I.2.2.1-Définition                                          | 8  |
| I.2.2.2- Le laminoir                                        | 9  |
| I.2.2.3 Le laminage à chaud                                 | 9  |
| I.2.2.4 Les tôle laminées à froid                           | 9  |
| <b>I .3-Procédés de mise en forme des pièces mécaniques</b> | 10 |
| <b>I .3.1 Découpage</b>                                     | 10 |
| I .3.1.1-Définition                                         | 10 |
| I .3.1.2-Principe                                           | 10 |
| I .3.1.3 quelques types de découpage                        | 11 |
| a- Poinçonnage                                              | 11 |
| b-Ajourage                                                  | 11 |
| c-Encochage                                                 | 11 |
| d-Détourage                                                 | 11 |
| e-Crevage                                                   | 11 |
| f-Cisaillage                                                | 12 |
| g-Grignotage                                                | 12 |
| <b>I .3.2 -Poinçonnage</b>                                  | 12 |
| I .3.2.1-Définition et principe                             | 12 |
| I .3.2.2-Avantages et inconvénients du poinçonnage          | 13 |
| I.3.2.3- Les outils de poinçonnage                          | 13 |
| I.3.2.3-Contraintes sur les poinçons                        | 14 |
| I.3.2.4-Effort de poinçonnage                               | 15 |

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| I.3.2.5-le jeu de découpage.....                                        | 15        |
| <b>I .3.3- L’emboutissage.....</b>                                      | <b>16</b> |
| I.3 .3.1- Définition .....                                              | 16        |
| I.3 .3.2-L’outillage de procédé d’emboutissage... ..                    | 17        |
| I.3 .3.3-Les métaux utilisés dans l’emboutissage... ..                  | 17        |
| I.3 .3.4-Principe de l’emboutissage.....                                | 17        |
| I .3.3.5-Les techniques d’emboutissage.....                             | 18        |
| <b>a- Emboutissage à froid.....</b>                                     | <b>18</b> |
| a.1-Les avantages et Les inconvénients de l’emboutissage à froid .....  | 19        |
| <b>b - Emboutissage à chaud.....</b>                                    | <b>19</b> |
| b.1- Les avantages et Les inconvénients de l’emboutissage à chaud ..... | 19        |
| <b>c-Emboutissage avec outils simple effet .....</b>                    | <b>20</b> |
| <b>d- Emboutissage avec outils double effet... ..</b>                   | <b>20</b> |
| <b>e- Emboutissage multi-passes .....</b>                               | <b>20</b> |
| <b>I.3 .3.6-Les différentes utilisations de l’emboutissage.....</b>     | <b>20</b> |
| <b>I.3 .3.7-Effort de l’emboutissage .....</b>                          | <b>20</b> |
| <b>I .3.4- Le pliage .....</b>                                          | <b>21</b> |
| I .3.4.1 Définition et principe .....                                   | 21        |
| I .3.4.2 Différents techniques de pliage .....                          | 21        |
| a- Le pliage en V(en presse plieuse).....                               | 21        |
| b-Pliage en frappe.....                                                 | 22        |
| c- Le pliage en l’air.....                                              | 22        |
| d-Le pliage en U ... ..                                                 | 22        |
| e-Le pliage en L ... ..                                                 | 23        |
| I .3.4.3 -Le rayon de pliage.....                                       | 23        |
| I .3.4.4- Rayon minimum de pliage.....                                  | 23        |
| I .3.4.5 - Le rayon de la matrice de pliage.....                        | 24        |
| I .3.4.6- Pliage des tôles épaisses... ..                               | 24        |
| I .3.4.7- Le retour élastique .....                                     | 24        |

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| I .3.4.8- Le jeu de pliage.....    | 24        |
| I .3.4.9- L'effort de pliage ..... | 25        |
| <b>I .4- Conclusion.....</b>       | <b>25</b> |

## **Chapitre II. Généralités et caractérisations des aciers**

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>II.1-Introduction.....</b>                                                  | <b>26</b> |
| <b>II.2-Généralités sur les aciers .....</b>                                   | <b>26</b> |
| <b>II.2.1-Définition .....</b>                                                 | <b>26</b> |
| <b>II.2.2-La microstructure de l'acier .....</b>                               | <b>26</b> |
| II.2.2.1-Caractéristiques du fer et du carbone .....                           | 27        |
| a-Caractéristiques du fer .....                                                | 27        |
| b-caractéristiques du carbone .....                                            | 29        |
| II.2.2.2-Alliage fer-carbone .....                                             | 29        |
| II.2.2.3- diagramme d'équilibre fer-carbone .....                              | 30        |
| II.2.2.4-Les phases d'acier à partir de diagramme d'équilibre fer-carbone..... | 31        |
| a-ferrite $\alpha$ .....                                                       | 32        |
| b-cémentite ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) .....                                    | 32        |
| c-l'austenite $\gamma$ .....                                                   | 32        |
| d -la ferrite $\delta$ .....                                                   | 32        |
| e -la perlite.....                                                             | 32        |
| f -la lédéburite.....                                                          | 32        |

|                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| II.2.2.5-Le système fer – carbone dans l’industrie .....  | 33        |
| II.2.2.6-les éléments d’addition .....                    | 33        |
| II.2.2.7-influence des éléments d’addition .....          | 33        |
| 1) Les éléments gamma gènes ... ..                        | 33        |
| 2) Les éléments alpha gènes .....                         | 34        |
| II.2.2.8-Traitements thermiques des aciers .....          | 34        |
| a- L'austénitisation.....                                 | 34        |
| b- La Trempe .....                                        | 34        |
| c- Le Revenu.....                                         | 35        |
| <b>II.3-classification des aciers .....</b>               | <b>35</b> |
| <b>II.3.1-Aciers non alliés.....</b>                      | <b>35</b> |
| <b>II.3.2-Aciers alliés.....</b>                          | <b>35</b> |
| <b>II.3.2.1-aciers faiblement alliés... ..</b>            | <b>35</b> |
| -Désignations des aciers faiblement alliée... ..          | 36        |
| <b>a- Les aciers d’usage général ou ordinaires ... ..</b> | <b>37</b> |
| a.1-Utilisation des aciers d’usage général .....          | 38        |
| a.2-Les désignations des aciers d’usage général .....     | 38        |
| <b>b- Les aciers à outils .....</b>                       | <b>39</b> |
| b.1-Propriétés des aciers à outils.....                   | 39        |
| <b>c- Les aciers de traitement thermique... ..</b>        | <b>39</b> |
| <b>II.3.2.2-aciers fortement allié .....</b>              | <b>39</b> |
| <b>a- Les aciers inoxydables... ..</b>                    | <b>40</b> |
| a.1-Domaine d’utilisations des aciers inoxydables.....    | 40        |

|                                                     |           |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| <b>a.2-Classement des aciers inoxydables .....</b>  | <b>41</b> |
| a.2.1-Les aciers ferritiques, (magnétique) .....    | 41        |
| a.2.2-Les aciers martensitiques, (magnétique) ..... | 41        |
| a.2.3-Les aciers austénitiques, (amagnétique) ..... | 41        |
| <b>II.3- Conclusion .....</b>                       | <b>42</b> |

## **Chapitre III. Généralités sur les presses et leurs outils**

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>III .1 -Introduction .....</b>                                       | <b>43</b> |
| <b>III .2-Définition .....</b>                                          | <b>43</b> |
| <b>III .3 - les outils de presses.....</b>                              | <b>43</b> |
| III .3.1 - définition.....                                              | 43        |
| III .3.2.les principaux éléments de l'outil de presse.....              | 44        |
| a- La matrice .....                                                     | 44        |
| b- Le poinçon .....                                                     | 44        |
| c- La dépouille.....                                                    | 44        |
| d- L'affûtage .....                                                     | 45        |
| <b>III .4 Les presses selon le mode de transmission d'énergie.....</b>  | <b>45</b> |
| <b>III .4.1 -Presse hydraulique.....</b>                                | <b>45</b> |
| III .4.1.1 -Définition .....                                            | 45        |
| III .4.2-principe de fonctionnement.....                                | 45        |
| III .4.1.3 - Avantages et inconvénients de la presses hydraulique ..... | 46        |
| III .4.1.4 - Types des presses hydrauliques.....                        | 46        |
| <b>III .4.2 - La Presse pneumatique.....</b>                            | <b>46</b> |
| III .4.2.1 – Définition et principe .....                               | 46        |
| III .4.2.2 – caractéristiques de presse pneumatique .....               | 47        |

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| <b>III .4.3 - La Presse mécanique</b> .....                           | 47 |
| III .4.3.1 - Définition .....                                         | 47 |
| III .4.3.2- Principe de Fonctionnement de la presse mécanique .....   | 48 |
| a- Mécanisme de commande.....                                         | 48 |
| b- Système bielle manivelle .....                                     | 48 |
| c- Système excentrique.....                                           | 48 |
| d- Système à genouillère .....                                        | 49 |
| a- Système à came .....                                               | 49 |
| f-L’embrayage... ..                                                   | 49 |
| <b>III .5 Les types de presse selon la forme de bâti</b> .....        | 49 |
| III .5.1 presse à col de cygne... ..                                  | 49 |
| III .5.5-presses à arcade.....                                        | 50 |
| III .5.2-presse à colonnes ... ..                                     | 51 |
| III .5.4-presses à montants droits... ..                              | 52 |
| III .5.3-presses à table mobile et bigorne.....                       | 52 |
| <b>II .6 Les types de presse selon le nombre de coulisseaux</b> ..... | 52 |
| III .6.1- Simple effet .....                                          | 52 |
| III .6.2- Double effet .....                                          | 52 |
| III .6.3- Triple effet .....                                          | 53 |
| <b>III .7 Les différents types d’outils de presses</b> ... ..         | 53 |
| <b>III.7.1 Outil à découper</b> .....                                 | 53 |
| a- Outil simple découvert ... ..                                      | 53 |
| b- Outil buté a découvert .....                                       | 53 |
| <b>III .7.2 Outils à emboutissage</b> ... ..                          | 53 |
| Outil d’emboutissage sans serre flan.....                             | 53 |
| -Outil a serre-flan sur une presse à simple effet.....                | 53 |

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| -Outil a serre-flan sur une presse à double effet..... | 53        |
| <b>III .7.3 Outils de détourage.....</b>               | <b>53</b> |
| a- Détourage normale.....                              | 54        |
| b- Détourage à ras .....                               | 54        |
| c- Détourage –poinçonnage.....                         | 54        |
| <b>III .7.4 Outil de pliage.....</b>                   | <b>54</b> |
| a- Outil de pliage en V.....                           | 54        |
| b- Outil de pliage en U.....                           | 54        |
| c- Outil de pliage en équerre.....                     | 54        |
| <b>III .7.5 Outil contre plaque ...</b>                | <b>54</b> |
| a- Outil contre plaque à engrenage...                  | 54        |
| b- Outil contre plaque à coteau.....                   | 54        |
| III .7.6-Outil de presse à band.....                   | 55        |
| III .7.7-Outil suisse.....                             | 55        |
| III .7.8-Outil à came.....                             | 55        |
| III .7.9-Outil de reprise.....                         | 55        |
| III .7.10-Outil à suivre ou utile à suite.....         | 56        |
| III .8-montage des outils sur les presses.....         | 56        |
| III .8.1-petites presses.....                          | 56        |
| III .8.2-grosses presses .....                         | 56        |
| <b>III .9-conclusion.....</b>                          | <b>56</b> |



## **Chapitre IV. Étude et conception de l'outil emboutissage - poinçonnage**

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>IV. 1- Introduction</b> .....                                           | 57 |
| <b>IV .2-but de projet</b> .....                                           | 58 |
| <b>IV .3-Le cahier des charges</b> ... ..                                  | 58 |
| IV .3.1-Définition .....                                                   | 58 |
| IV .3.2 – caractéristiques de matériau de la pièce à réaliser... ..        | 58 |
| IV .3.3-composition chimique du matériau en pourcentage (%).....           | 59 |
| IV .3.4 -caractéristiques mécaniques du matériau .....                     | 59 |
| IV .3.5-L'emplacement de la pièce .....                                    | 59 |
| <b>IV .4-Étude de l'outil</b> .....                                        | 60 |
| <b>IV .4.1- Calculs des efforts de poinçonnage</b> ... ..                  | 60 |
| a-Effort de poinçon charnière $F_1$ .....                                  | 60 |
| b-Effort de poinçon d'aération $F_2$ .....                                 | 60 |
| c- Effort de poinçon de trou de fixation de la charnière $F_3$ (6 mm)..... | 61 |
| d-Effort de poinçon de trou de fixation de la pièce $F_4$ (5 mm) ... ..    | 61 |
| e-Calcul d'effort total de poinçonnage.....                                | 61 |
| <b>IV.4.2-Calculs de l'effort d'emboutissage</b> .....                     | 61 |
| a-Périmètre de poinçon d'emboutissage $P_{poinçon5}$ .....                 | 62 |
| b-Calcul de périmètre du flan $P_{flan}$ .....                             | 62 |
| c -Le choix de coefficient $K$ .....                                       | 63 |
| d-Effort de l'emboutissage.....                                            | 63 |
| e-Calcul de l'effort de serre-flan .....                                   | 63 |

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>IV .4.3-Choix de la presse...</b>                                     | <b>63</b> |
| <b>IV.4.4-Choix de ressort d'outil de presses...</b>                     | <b>64</b> |
| a-Calcul de l'effort de ressort.....                                     | 64        |
| b-Calcul de rigidité des ressorts... ..                                  | 66        |
| <b>IV .4.5 calcul de résistance des poinçons au flambement.....</b>      | <b>66</b> |
| a-calculs de résistance de poinçon charnière ... ..                      | 67        |
| b- poinçon de fixation de charnière (6 mm) ... ..                        | 67        |
| c- poinçon de trou de fixation de la pièce (5 mm) ... ..                 | 68        |
| d- poinçon d'aération.....                                               | 68        |
| e- calcul de résistance de poinçon d'emboutissage.....                   | 69        |
| <b>IV .4.6 calcul de résistance des poinçons à la compression ... ..</b> | <b>69</b> |
| a- poinçon de fixation de charnière (6 mm) ... ..                        | 69        |
| b-poinçon de trou de fixation de la pièce (5 mm) ... ..                  | 70        |
| c-poinçon d'aération.....                                                | 70        |
| d-poinçon de fixation de charnière.....                                  | 70        |
| e-poinçon d'emboutissage.....                                            | 70        |
| <b>IV.5-Calcul de barycentre de l'outil .....</b>                        | <b>70</b> |
| <b>IV.6–conception de l'outil .....</b>                                  | <b>72</b> |
| <b>IV.7- Conclusion.....</b>                                             | <b>73</b> |
| <b>Détails de l'outil emboutissage poinçonnage.....</b>                  | <b>74</b> |
| <b>Conclusion générale .....</b>                                         | <b>75</b> |

## **Introduction générale**

L'entreprise nationale des industries de l'électroménager (ENIEM) se trouve aujourd'hui en concurrence de marché qui est devenu de plus en plus exigeant; et comme La satisfaction durable du client constitue l'objectif principal de cette entreprise, alors elle a mis en œuvre et développer un système de management de qualité conforme au référentiel international ISO 9001/2008, sous cette certification l'entreprise est soumise à des contrôles de qualité, et Elle s'engage également à maintenir une amélioration continue de la qualité de sa gamme de produits, en effectuant des changement sur ces derniers.

Cette amélioration ne pourra être réalisée sans la maitrise des logiciels de conception et de fabrication et surtout la maitrise des outils technologiques actuels, et aussi l'utilisation des machines à commande numérique.

Au niveau de bureau d'études et de développement de L'unité cuisson, l'entreprise nous a confié la tâche d'étudier et de concevoir un nouveau outil de poinçonnage-emboutissage ,pour la fabrication des cornières (pièce pour la contre porte de cuisinière), ce qui porte des modifications sur l'emplacement de verre d'intérieur qui sera placé entre les deux cornières une a gauche et l'autre a droite ,ce nouveau modèle évitera la dégradation et la corrosion de la porte et donne un design plus attirant , très confort et pratique a l'utilisation .

Cette étude et conception de l'outil demande de satisfaire certains exigences comme : la durée de vie, un prix bas de revient et un montage /démontage facile.

Notre travail est planifié comme suite :

Après une introduction générale et la présentation de l'entreprise ENIEM, le premier chapitre étudie l'obtention de la tôle et les procédés de mise en forme des pièces mécaniques.

Les généralités et les caractéristiques des aciers ont été traitées dans le deuxième chapitre.

Pour le troisième chapitre on va voir des généralités sur les différentes presses et leurs outils.

Et enfin le quatrième chapitre qui est consacré à l'étude et la conception de l'outil, les différents calculs, le choix de la presse à utiliser pour réaliser notre pièce à partir d'une tôle détournée.

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

# **Présentation de l'entreprise**

## **1 .Présentation de l'entreprise**

Née après la restriction de l'entreprise mère **SONELEC** (Société nationale de fabrication et de montage des appareils électriques et électroniques) le 02 janvier 1983, l'Entreprise Nationale de l'Industrie Électroménagère) **ENIEM** est l'une des plus importantes entreprises industrielles de production du pays, le leader de l'électroménager en Algérie, sa mission est consistée en conception, la fabrication et la commercialisation des produits électroménagers notamment

- Les appareils réfrigérants et de cuisson.
- Les équipements de climatisation.
- Les petits appareils ménagers.

Aujourd'hui elle a une très importante gamme de production sont :

- Les réfrigérateurs petits et grands modèles (R.P.M et R.G.M).
- Le congélateur vertical.
- Le combiné.
- Cousinière à 4 et 5 feux.
- Climatiseurs.

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

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

## **2. Constitution de l'entreprise**

L'entreprise ENIEM est constituée de :

- La direction générale (**D.G**).
- L'unité froide (**U.F**).
- L'unité cuisson (**U.CUIS**).
- L'unité climatisation (**U.C.L**).
- L'unité prestation technique (**U.P.T**).
- L'unité commerciale (**U.C**).
- L'unité sanitaire (**U.S**).
- La filiale **FILAMP**.

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

#### **3.1-La direction générale (D.G)**

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

#### **3.2L'unité froide (U.F)**

Sa mission est de produire et développer les produits froids domestiques, ses activités sont :

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

#### **3.3 L'unité cuisson (U.CUIS)**

Sa mission est de produire et développer la cuisson a gaz électrique ou mixte et tous produits de technologie similaire, ses activités sont :

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

#### **3.4 L'unité climatisation (U.C.L)**

Sa mission est de développer les produits de climatisation, ses activités sont :

- La Transformation.
- Le Traitement de surfaces.
- Assemblage.

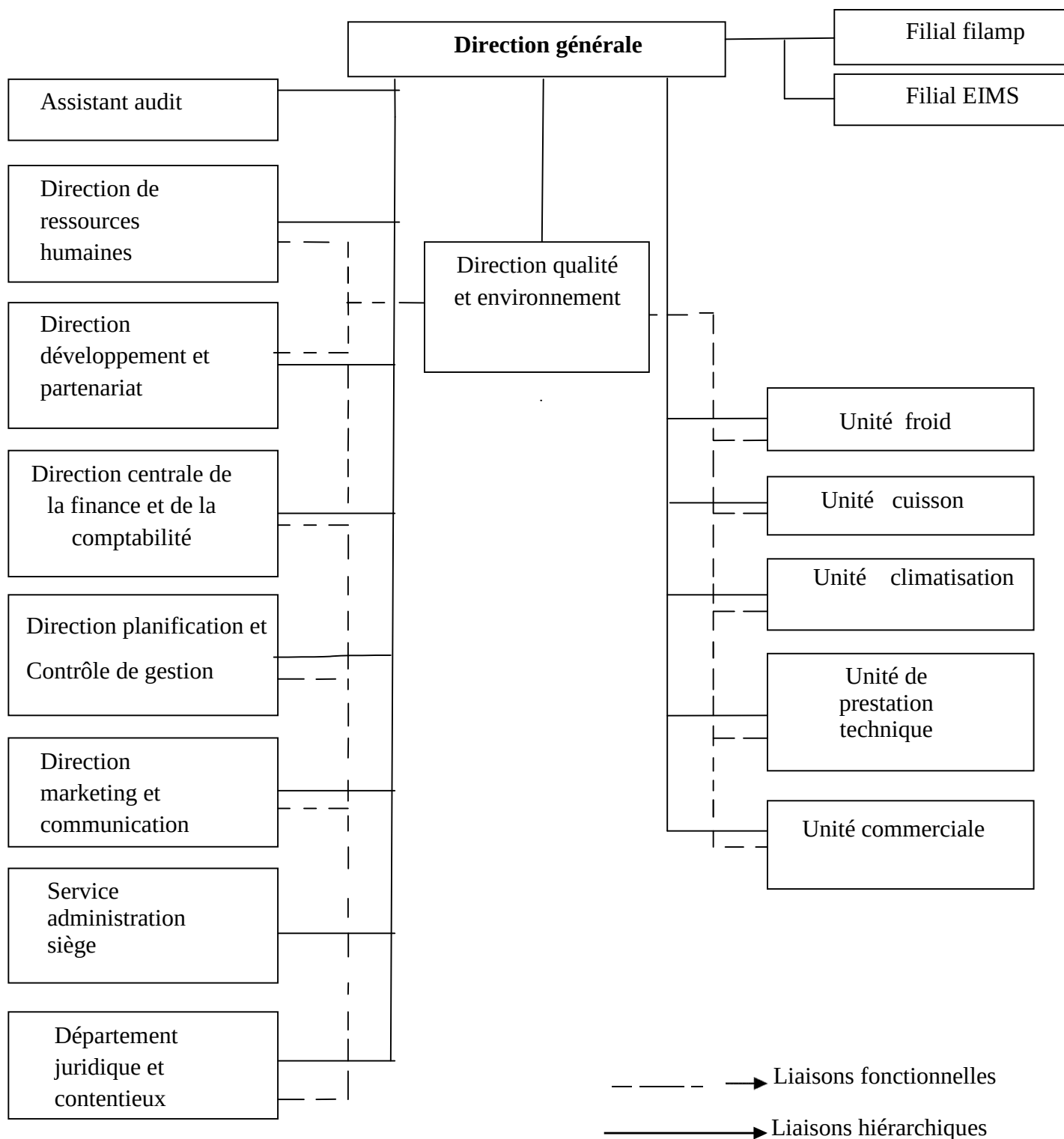
#### **3.5 L'unité sanitaire (U.S)**

En 2000 l'unité sanitaire de Miliana est acquise par l'entreprise ENIEM, cette unité ne rentre pas dans le champ de certificat de l'entreprise, sa mission est de produire et développer les produits sanitaires (Baignoire, Lavabos...).

#### **3.6 La filiale FILAMP**

Démarrer en février 1979, l'unité lampe de Mohammedia (U.L.M.) est devenue une filiale à 100% ENIEM en 01janvier1997, sa mission est de fabriquer des lampes d'éclairage domestiques ainsi que des lampes de réfrigérateurs.

#### 4. ORGANISATION GÉNÉRALE DE L'ENTREPRISE ENIEM



## **5. Les technologies utilisées par l'ENIEM**

Toutes les technologies de l'ENIEM sont importées dans le cadre de l'exploitation des licences et des copies de fabricants et fournisseurs étrangers. Elle se trouve, en effet, dépendante de l'extérieur en ce qui concerne l'assistance technique qui lui revient très chère. En revanche, l'ENIEM possède comme avantage, l'exploitation des licences de grandes marques étrangères.

Les technologies utilisées dans chaque domaine d'activité de l'entreprise, ainsi que le pays d'origine peuvent être résumés dans le tableau suivant

| <b>Produits de l'ENIEM</b>                                      | <b>Technologies</b> | <b>Pays d'origine</b> |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Réfrigérateurs 200 et 240 litres                                | BOSCH               | Allemagne             |
| Congélateurs bahut 350 et 480 litre et réfrigérateur 520 litres | LEMATIC             | Liban                 |
| Reste des réfrigérateurs                                        | TOSHIBA             | Japon                 |
| Cuisinières                                                     | TECHNOGAZ           | Italie                |
| Climatiseurs                                                    | AIR WELL            | France                |

D'après les responsables de l'environnement de l'ENIEM, les technologies utilisées au sein de l'ENIEM sont les mêmes depuis près de vingt ans. Elles n'ont pas été changées car elles répondaient aux normes internationales en matière de qualité et de respect de l'environnement. Par ailleurs, l'utilisation de la peinture liquide a été substituée par une autre technologie moins polluante et plus économique, celle de la peinture en poudre. Ce remplacement a été fait durant l'année 2010 et a apporté ses fruits durant les deux années 2011 et 2012.

## **6. Politique de l'entreprise ENIEM**

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

### **6.1-Politique qualité**

La satisfaction durable du client constitue l'objectif principal de l'ENIEM, cette dernière a mis en œuvre et développer un système de management de qualité conforme au référentiel international ISO 9001/2008.

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



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

### **6.1.1. Engagement de la direction**

Dans le but de mettre en ouvre la politique de l'ENIEM, la Direction Générale s'engage à :

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

### **6.1.2. Les objectifs de l'ENIEM**

Afin de réussir ses missions précitées, l'ENIEM se fixe les objectifs suivants :

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

## **6.2. Politique environnementale de l'ENIEM**

La dimension environnementale est de nos jours une question d'actualité. Elle intéresse la plupart des organismes notamment les entreprises industrielles lesquelles ont un impact environnemental préoccupant (rejets atmosphériques, déchets liquides et solides,... etc.).

La mise en place d'un système de management environnemental s'avère une voie royale pour réduire et maîtriser ces impacts. La certification environnementale de type ISO 14001 est le modèle de référence pour l'application du système de management environnemental (SME).

L'ENIEM se base sur la prévention de toute pollution, la préservation des ressources, la sensibilisation et la formation, la responsabilisation et l'implication de son personnel.

Pour cela, elle a décidé de s'engager dans une démarche volontaire d'amélioration continue, en mettant en place un système de management environnemental, selon le référentiel ISO 14001/2004 Cette politique environnementale de l'ENIEM s'inscrit dans le développement durable en intégrant un management proactif dans le domaine de la protection de l'environnement et la direction générale met a disposition, les moyens nécessaire pour la réussite de ce projet.

# **Chapitre I**

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

## **I .1-introduction**

Inventées en 1829 par H.R Palmer, la tôle est l'un des premiers matériaux de couverture métallique utilisé dans le secteur de la construction. Elle est obtenue par un procédé quand appelle le laminage.

Grace à sa densité élevée, sa légèreté, la tôle garantit la facilité de son transport et ses multiples possibilités d'utilisation grâce à la variété disponibles sur le marché, pour la toiture, les produits d'électroménagers, le sol, les cloisons, les rampes d'escalier,...etc.

Enfin, ce matériau ne nécessite qu'un minimum d'entretien. Étant donné que son point faible est la rouille, il suffit d'opter pour une tôle inoxydable ou d'appliquer une peinture spéciale anti rouille.

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

Comme chaque matériau a ses propriétés physiques et chimiques qui le différencient des autres matériaux, alors ces techniques nécessitent la maîtrise parfaite des paramètres expérimentaux (composition du matériau, température, pression, vitesse de refroidissement, l'influence de procédé sur ses dimensions .....Etc.).

Parmi ces procédés nous citerons : le pliage, l'emboutissage, le poinçonnage, découpage...etc.

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

## **I .2 -Obtention de la tôle**

### **I.2.1 –Définition**

Les tôles sont des produits plats tirés des brames par laminage à chaud, C'est-à-dire que les plaques d'acier, issues de la coulée, sont réchauffées entre 800 et 1200°C puis écrasées par un passage successif entre deux rouleaux jusqu'à obtention de l'épaisseur voulue. Elles sont conditionnées en bobines, en bandes refendues ou en feuilles.

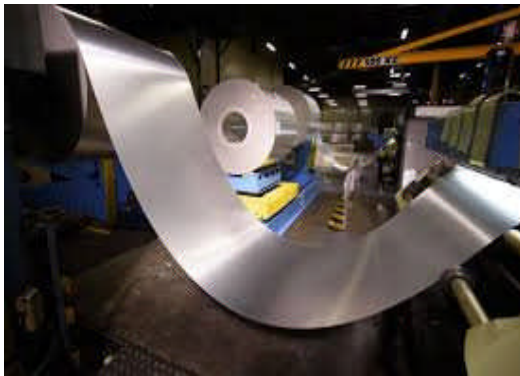
Les dimensions varient en fonction de l'acier (nuance et type), de l'épaisseur et des revêtements appliqués, On distingue

- **Suivant leur épaisseur**

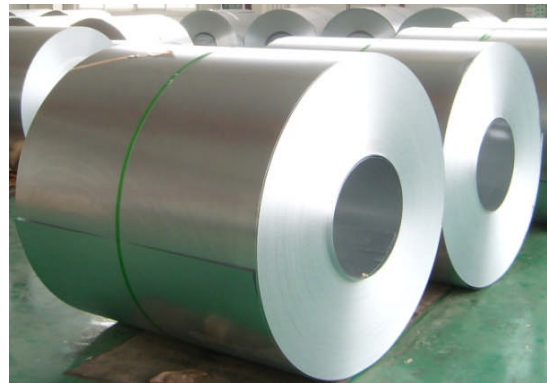
1. Les tôles fines ( $< 3$  mm).
2. Les tôles fortes ( $> 3$  mm).

- **Suivant leur finition**

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



**Figure I.1 : Bobinage de tôle**

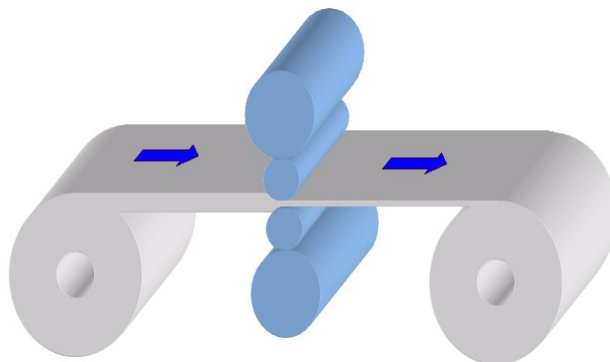


**Figure I.2 : Bobine de tôle**

## **I.2.2- le procédé de laminage**

### **I.2.2.1-Définition**

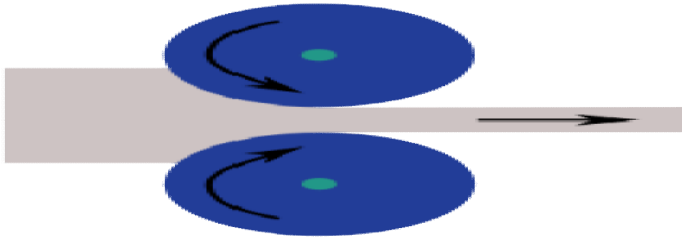
Le laminage est un procédé de déformation plastique qui est obtenue par les cylindres lisses ou cannelés, contrarotatifs (tournant en sens inverse l'un de l'autre) appelés « laminoir » ce mouvement de rotation produit engendre un effet de compression diminuant continuellement l'épaisseur initiale du matériau.



**Figure I.3 : le laminage**

### I.2.2.2- Le laminoir

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



**Figure I.4 : principe de fonctionnement des cylindres de laminoir**

Il existe deux types de laminage

### I.2.2.3 Le laminage à chaud

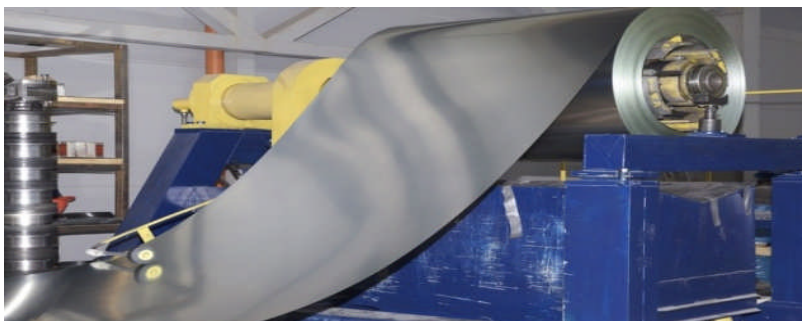
Avec les tôles fortes si l'épaisseur est supérieure à 3 mm et les tôles minces si l'épaisseur est inférieure à 3 mm.



**Figure I.5 : Le laminage de la tôle à chaud**

### I.2.2.2.4 Les tôle laminées à froid

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



**Figure I.6 : Le laminage de la tôle à froid**

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

### I .3.1 Découpage

#### I .3.1.1-Définition

Le découpage consiste en l'enlèvement, dans une bande de matière ou d'une pièce plane de contour quelconque appelé découpe.

Ce type de procédés est très utilisé dans l'industrie vu qu'il est moins couteux et plus rapide pour obtenir un profil donné dans un produit plat image.

#### I .3.1.2-Principe

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

**a –la matrice** : correspond à la forme de découpe souhaitée.

**b – le poinçon** : il est d'une forme complémentaire, il est animé d'un mouvement de translation.

**c- la tôle** ou **la bande** de matière à découpé.

**d – un serre flan** ou **revêtisseur** : son rôle est de maintenir la bande lors de découpage.

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

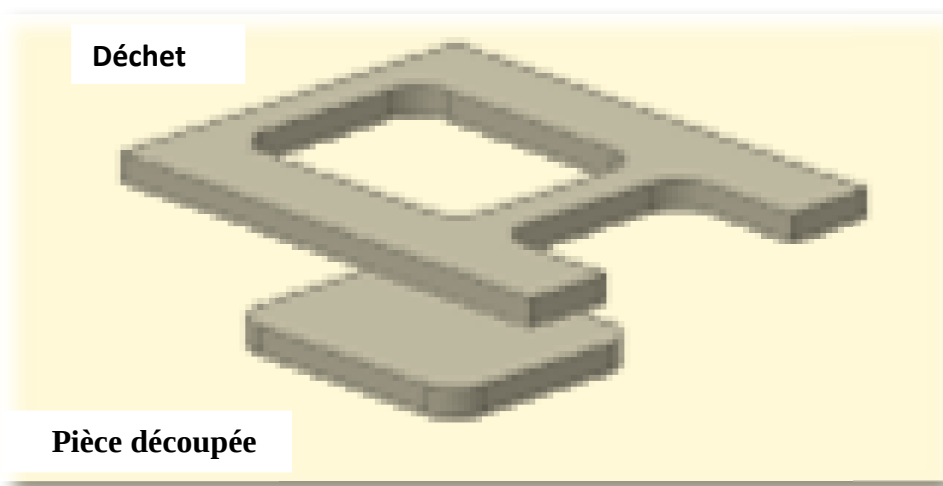


Figure I.7 Le découpage

### I .3.1.3-Quelques types de découpage

Le procédé de découpage est effectué par des outils spéciaux destinés à découper, on peut avoir à procéder des opérations analogues sur des pièces déjà découpées ou sur des pièces déjà mises en forme d'une façon quelconque, ces opérations se font sur des outils qui ne déforment pas trop des outils spéciaux en découpage sauf en quelques détails, on les appelle procédés dérivés et leurs outils sont des outils dérivés.

#### a- Poinçonnage

Le déchet est appelé débouchure, ce sont des trous de petit diamètre.



Figure I.8 : Le poinçonnage

#### b-Encochage

C'est le découpage d'un trou débouchant à l'extérieur de la pièce considérée.

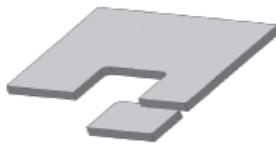


Figure I.9: L'encochage

#### c-Détourage

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



Figure I. 10 : Le détourage

#### d-Crevage

C'est un découpage incomplet ; la débouchure n'est pas détachée complètement de la pièce.



Figure I. 11:Le crevage

### e-Cisaillage

C'est une technique de découpage sans création de déchets ou une coupe totale d'une pièce en deux parties.

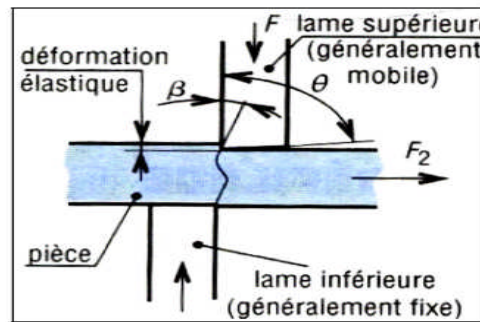


Figure I. 12 : Le cisailage

### g-Grignotage

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



Figure I. 13 : Le grignotage

## I .3.2-Poinçonnage

### I .3.2.1-Définition et principe

C'est un procédé de mise en forme qui permet d'obtenir de grandes précisions de découpe par cisailage des tôles, la tôle est coincée entre un poinçon et une matrice. La descente du poinçon dans la matrice découpe le matériau comme le ferait une paire de ciseaux.

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





Figure I. 14 : Le poinçonnage

### I .3.2.2-Avantages et inconvénients du poinçonnage

Comme tous les procédés de mise en forme le poinçonnage présente aussi des avantages et des inconvénients.

#### a -Avantages

Par rapport au perçage, le poinçonnage est extrêmement économique (gain de temps, usure moindre des outils, affutage peu fréquent) et donne la possibilité d'utiliser toute sortes de formes pour les trous. Et par rapport au découpage à la presse, le poinçonnage sur commande numérique permet de changer de série en minimisant les couts d'outillages, de découper de grands formats, et d'utiliser des outils simples .

#### b-Inconvénients

L'inconvénient que présente ce procédé c'est que il est Limité dans les épaisseurs a poinçonner et Section minimale du poinçon limitée.

### I.3.2.3- Les principaux outils de poinçonnage

#### 1. Le poinçon

Composé de plusieurs parties

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

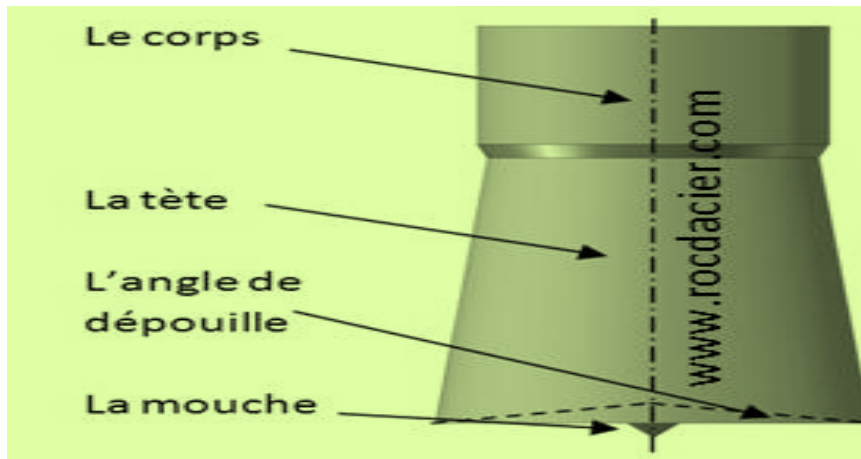


Figure I. 15: Le poinçon et ses composantes

### a- La matrice

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

### I.3.2.3 Contraintes sur les poinçons

Lors de la descente du poinçon avec un effort opposé à la bonde de tôle, il est sollicité à l'effort de compression qui se calcule comme suite.

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

Avec

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

**F** : Effort de poinçonnage (Mpa).

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

La condition de résistance du poinçon à la compression est

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

Avec

**$R_e$**  : La limite élastique du poinçon en (Mpa).

Il faut aussi prendre considération lorsque on a des poinçons ayant des petites sections ou bien une grande longueur, le phénomène de flambement peut être provoqué à partir de la contrainte de compression ; pour cela on utilise la formule de flambement suivante.

$$p_{cr} = \frac{(\pi^2 \times E \times I)}{l^2}$$

Cette formule est utilisée quand on est dans le cas où les poinçons sont encastrés d'un côté et libre de l'autre côté.

Avec

**p<sub>cr</sub>** : Charge critique du flambement.

**E** : Module d'élasticité ou module de Young (**210000N/mm<sup>2</sup>**).

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

**l** : Longueur libre de flambement.

La condition de résistance au flambement c'est que l'effort de poinçonnage ne doit pas dépasser la charge critique du flambement

$$F < p_{cr}$$

### I.3.2.4-Effort de poinçonnage

L'effort de poinçonnage se calcule comme suit

$$F_p = (\pi \cdot d) \cdot e \cdot R_m \cdot K$$

Avec

**( $\pi \cdot d$ )** = **P<sub>poinçon</sub>**, Est le périmètre du poinçon (**mm**).

**F** : Effort de poinçonnage en (**N**).

**e** : Épaisseur de la tôle (**mm**).

**R<sub>m</sub>** : La résistance de la tôle (**Mpa**) ; on prend 350 Mpa pour des raisons de sécurité.

**K** : Coefficient (**K = 1**).

Une lubrification est conseillée pour ne pas user prématurément les outils. Par conséquent, la section minimale de poinçonnage dépend de l'effort de poinçonnage, de la forme et de la surface de la section poinçonnée et aussi de la longueur de flambage de l'outil.

### I.3.2.5-le jeu de découpage

Pour obtenir un bon découpage et poinçonnage, le poinçon et la matrice doivent présenter, un certain jeu qui est définie généralement comme étant un espace entre eux.

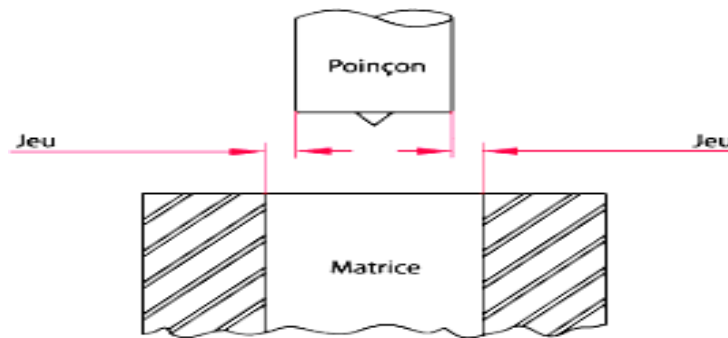
Parmi les paramètres importants de l'opération de découpage le jeu occupe une place majeure. Et la pièce découpée aura toujours la dimension de la matrice donc ce jeu va être pris sur le poinçon. Cela garantira une coupe nette et franche

Pour le poinçonnage un trou poinçonné aura la dimension du poinçon donc le jeu sera pris sur la matrice cela évitera sa rupture.

Le jeu à prendre est en fonction de l'épaisseur de la tôle ; on 'a

**1 /20** De l'épaisseur pour aciers doux et laiton.

**1/15** De l'épaisseur pour les aciers durs.



**Figure I. 16 : Jeu entre le poinçon et la matrice**

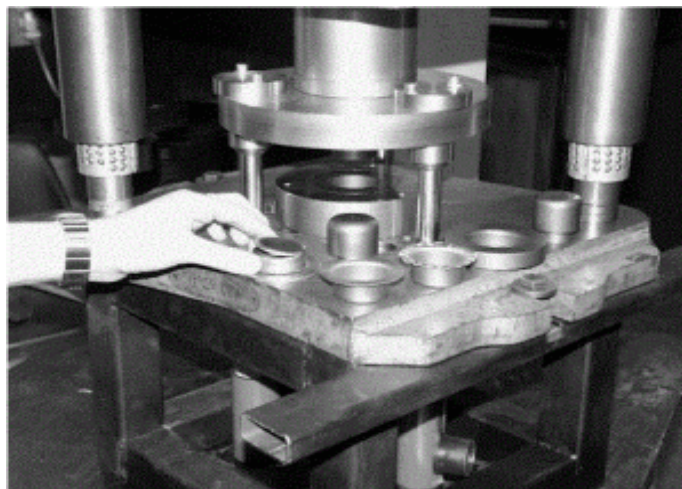
### **I .3.3- L'emboutissage**

#### **I.3 .3.1- Définition**

L'emboutissage est un procédé de formage par déformation plastique d'une surface de métal entraînée par un poinçon dans une matrice.

Très utilisé dans l'industrie, l'emboutissage permet d'obtenir à partir d'un flan des pièces de surfaces complexe.

Le procédé de l'emboutissage peut être réalisé avec ou sans le serre flan Pour maintenir le flan contre la matrice pendant que le poinçon le déforme ; cela permet d'obtenir à moindre cout des tôles embouties.



**Figure I.17:L'emboutissage**

### I.3 .3.2-L'outillage de procédé d'emboutissage

L'emboutissage se pratique à l'aide de presses à emboutir de forte puissance munies d'outillages spéciaux qui comportent, dans le principe, trois pièces

1. Une matrice inférieure, en creux, épouse la forme extérieure de la pièce.
2. une matrice supérieure, en relief, épouse sa forme intérieure en réservant l'épaisseur de la tôle.
3. un serre-flan entoure le poinçon, s'applique contre le pourtour de la matrice et sert à coincer la tôle pendant l'application du poinçon. et Parfois dans l'emboutissage, on utilise des joncs pour freiner le glissement de la tôle (retenue de l'acier).

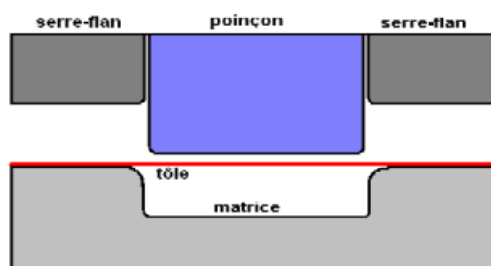
### I.3.3.3-Les métaux utilisés dans l'emboutissage

L'opération d'emboutissage nécessite l'utilisation d'un métal très ductile, l'acier est le plus employé par suite de son bas prix et sa haute résistance et les possibilités actuelles du protégé contre l'oxydation par de différents procédés comme le cuivrage, chromage...etc.

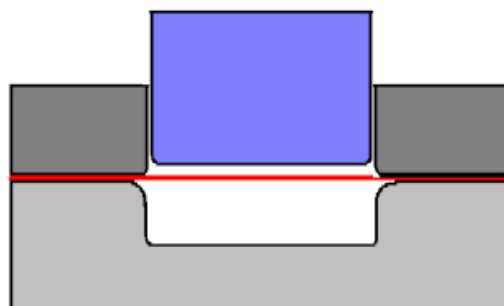
### I.3 .3.4-Principe de l'emboutissage

Le procédé de l'emboutissage est basé sur le principe de la déformation plastique du matériau et passe par les étapes suivantes.

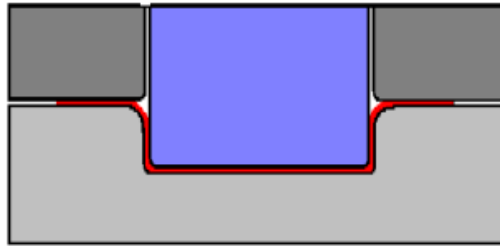
**Étape :** poinçon et serre-flan sont relevés. La tôle est posée sur la matrice.



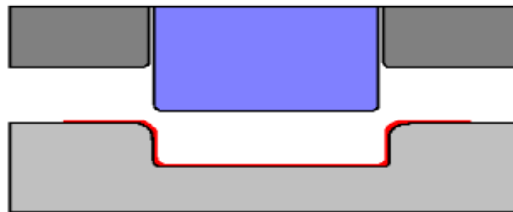
**Étape 1:** le serre-flan est descendu et vient appliquer une pression bien déterminée, pour maintenir la tôle tout en lui permettant de glisser.



**Étape 2:** le poinçon descend et déforme la tôle de façon plastique en l'appliquant contre le fond de la matrice.



**Étape 3:** on relève le poinçon et le serre-flan, la pièce reste formée au fond de la matrice puis on procède au « détournage » de la pièce, c'est-à-dire à l'élimination des parties devenues inutiles.



### I .3.3.5-Les techniques d'emboutissage

Suivant les caractéristiques mécaniques du matériau, l'épaisseur de la tôle initiale, la forme du produit final ; on choisira une technique d'emboutissage, dans l'industrie les techniques existantes sont.

1. Emboutissage à froid : (outillage avec ou sans serre flan).
2. Emboutissage à chaud : avec outils simple ou double effet.

#### a- Emboutissage à froid

L'emboutissage à froid suppose, sauf rares exceptions, un outillage double effet et des presses mécaniques. Cette technique consiste à former une pièce dans une température ambiante et principalement utilisé sur un outillage avec un serre flan mais aussi on trouve des cas sans le serre flan et ceci quand les embouties sont peu profonds ou bien nécessite pas un grand effort de serrage. Cette technique comporte des avantages mais aussi des inconvénients.

## a.1-Les avantages et Les inconvénients de l'emboutissage à froid

### 1- Les avantages de l'emboutissage à froid

- Meilleure précision dimensionnelle.
- Faible coût.
- Bonnes propriétés mécaniques des pièces embouties.

### 2- Les inconvénients de l'emboutissage à froid

- Faible épaisseur des tôles (risque de rupture).
- Écrouissage du matériau (risque de durcissement structural et baisse de la ductilité).
- Contraintes résiduelles (risque de rupture par fatigue).

Parmi les matériaux concernés par ce type d'emboutissage on trouve : Acier doux et inoxydable, aluminium, cuivre, laiton...etc.

## b - Emboutissage à chaud

L'emboutissage à chaud est une technique utilisée avec outils simple ou double effet, Le flan et la matrice sont chauffés puis on donne à la pièce sa forme définitive, La fréquence d'usinage est moins élevée du fait de l'opération de chauffage qui nécessite plus d'attente entre chaque opération.

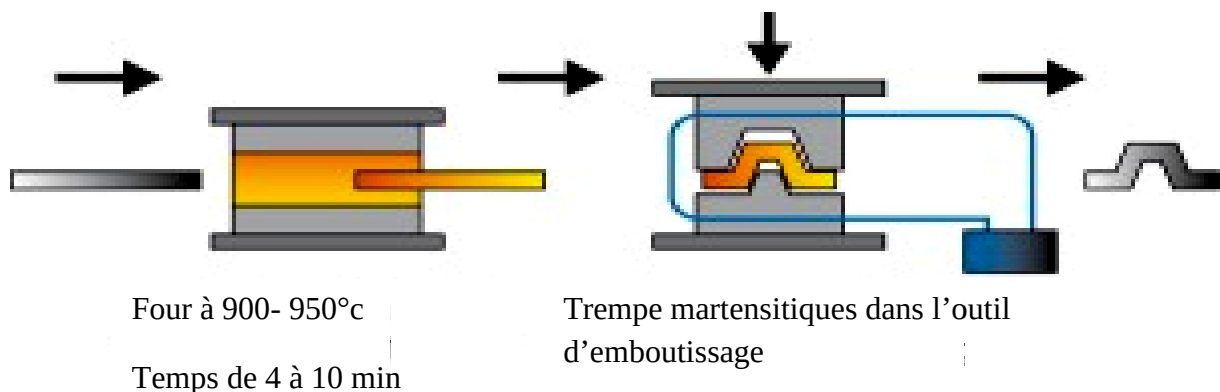


Figure I. 18:L'opération de l'emboutissage à chaud

## b.1- Les avantages et Les inconvénients de l'emboutissage à chaud

### 1- Les avantages de l'emboutissage à chaud

- La technique d'emboutissage à froid facilite la déformation du matériau et forme les pièces par chauffage.
- Les pièces obtenues ont peu de contraintes résiduelles.

### 2- Les inconvénients de l'emboutissage à chaud

- Cadences de production moins élevées du fait de l'inertie de chauffage.
- Pièces finies de moins bonnes qualités (état de surface et dimensionnement).

- La nécessité de la mise en place d'un protocole de sécurité plus important.

Parmi Les matériaux utilisés en emboutissage à chaud on trouve: Titane, magnésium, et zinc.

### **c-Emboutissage avec outils simple effet**

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'important effort de serrage.

### **d- Emboutissage avec outils double effet**

Par rapport à l'emboutissage simple effet, l'emboutissage double effet comprend en plus un serre-flan. Cette technique de formage est la plus répandue dans l'industrie. Ici les emboutis sont très profonds et les efforts d'emboutissage sont importants.

### **e- Emboutissage multi-passes**

L'emboutissage profond consiste à transformer en plusieurs passes, des flans de forte épaisseur afin d'éviter la rupture mécanique au cours du processus de déformation. Les épaisseurs de pièces embouties peuvent être très faibles (de l'ordre de 0,05 mm).

## **I.3 .3.6-Les différentes utilisations de l'emboutissage**

Cette méthode est utilisée dans plusieurs industries, en ferblanterie, fabrication d'ustensiles en fer-blanc (bassines, casseroles, assiettes etc.) mais surtout dans l'industrie automobile pour la conception de parties de carrosserie de voiture ou encore de moteur, en produits d'électroménager Aussi, en produits sanitaires types baignoires ou lavabos et enfin pour les produits d'emballage.

## **I.3 .3.7-Effort de l'emboutissage**

L'effort d'emboutissage se calcule comme suite

$$F_E = P_{\text{poinçon}} \cdot e \cdot R_m \cdot K$$

Avec

**$F_E$**  : Effort d'emboutissage en (daN).

**$P_{\text{poinçon}}$**  : Périmètre de poinçon d'emboutissage (mm)

**$e$**  : Épaisseur de la tôle (mm) ;  **$e = 1\text{mm}$** .

**$R_m$**  : La résistance de la tôle(Mpa).



**K** : Coefficient en fonction du rapport  $\frac{P_{\text{poinçon}}}{P_{\text{flan}}}$  (avec ,  $P_{\text{poinçon}}$  : périmètre du poinçon et  $P_{\text{flan}}$  : périmètre du flan.).

### I .3.4-Le pliage

#### I .3.4.1 Définition et principe

Le pliage est une opération qui consiste à déformer une tôle plane en relevant une partie de cette tôle de façon à former un angle dont l'arête est rectiligne et plus Ou moins arrondie, grâce a une force appliquée sur la longueur de la pièce qui sera en appuis sur deux lignes d'appuis et s'apparente a la flexion on obtient la déformation et en dépassons la limite élastique on obtient l'angle voulu. Le pliage peut être réalisé par rotation d'un outil pivotant ou sur une presse plieuse en utilisant un poinçon et une matrice.

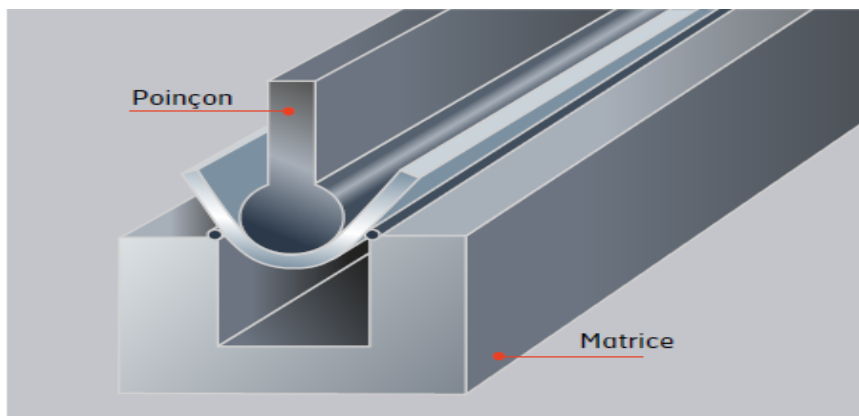


Figure I. 19 : Le pliage

#### I .3.4-Différents techniques de pliage

Suivant la géométrie des poinçons et des matrices, les différents types et techniques de pliages sont

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

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

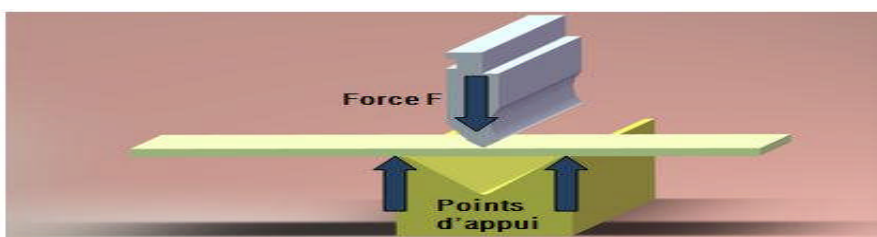


Figure I. 20 : Le pliage en V

### b-Pliage en frappe

Cette technique est réservée à des tôles d'épaisseur inférieure à 2 mm, le poinçon entraîne les deux branches libres du pli jusqu'au contact des faces intérieures de la matrice, il en résulte un écrouissage de la zone pliée et l'angle obtenu est sensiblement égale à celui du v. Cette technique permet d'obtenir des pièces précises, mais elle nécessite des efforts de pliage importants. Il faut un outillage pour chaque angle et il est limité aux tôles jusqu'à 2 mm d'épaisseur.

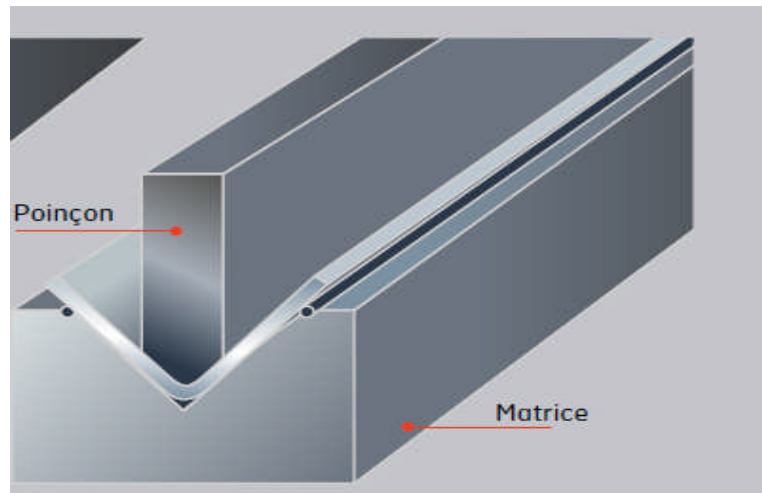


Figure I. 21: Le pliage en frappe

### c- Le pliage en l'air

Ce mode de pliage est couramment utilisé car les forces appliquées sont environ 5 fois moins importantes que pour du pliage en frappe. L'angle du poinçon est généralement de  $88^\circ$  pour obtenir des angles de  $90^\circ$  à  $180^\circ$ .

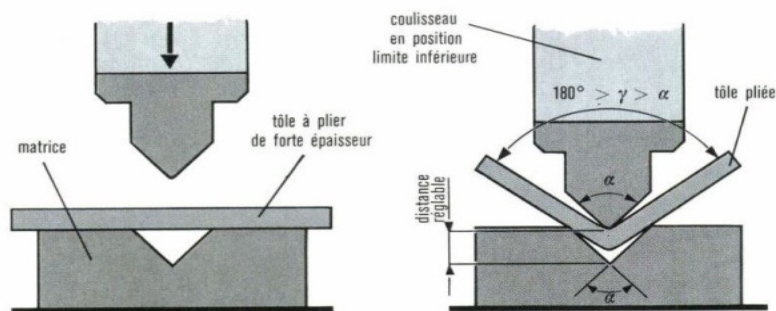


Figure I. 22 : Le pliage en air

### d-Le pliage en U

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

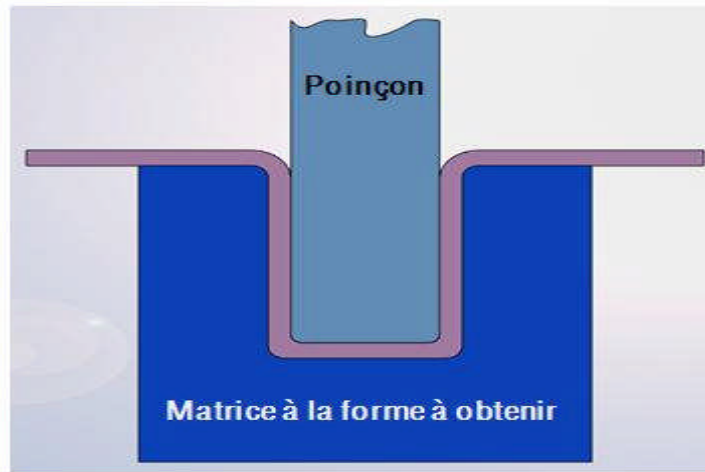


Figure I. 23 : Le pliage en U

### e-Le pliage en L

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

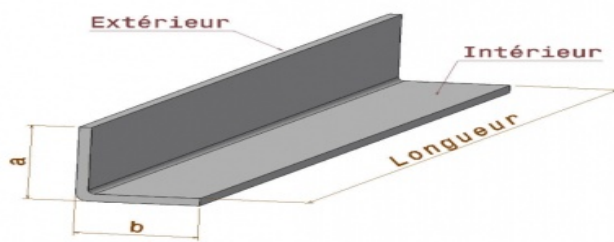


Figure I. 24: Le pliage en L

### I .3.4.3 Le rayon de pliage

Sur la zone pliée on constate des déformations tel que les fibres intérieures sont comprimées alors que celles de l'extérieur subissent un étirement, le rayon de pliage est en fonction de l'ouverture du V utilisé, plus il est petit plus les déformations constatées sont grandes.

#### I .3.4.4- Rayon minimum de pliage

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



Figure I. 25: Le rayon intérieur de pliage

### I .3.4.5 - Le rayon de la matrice de pliage

Le rayon de la matrice du pliage doit être supérieur à deux fois l'épaisseur de la tôle  $r \geq 2e$ , pour éviter le découpage de la pièce à plier.

### I .3.4.6- Pliage des tôles épaisses

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

### I .3.4.7- Le retour élastique

Le retour élastique est un phénomène qui dépend de la résistance de matériaux utilisé lors de pliage et de rayon de pliage et l'épaisseur de la tôle.

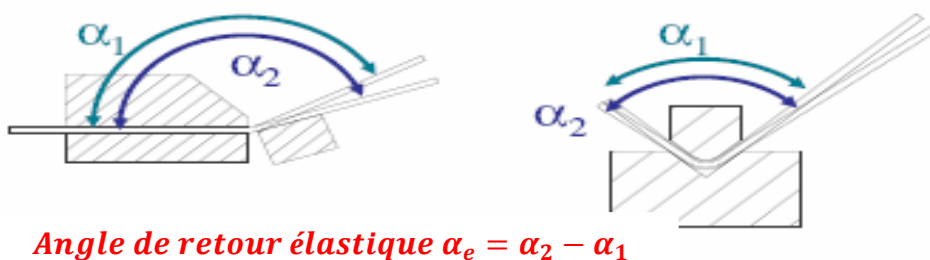


Figure I. 26 : Le retour élastique.

### I .3.4.8- Le jeu de pliage

Le jeu de pliage est entre l'arête verticale extérieure du poinçon et l'arête intérieure de la matrice, ce jeu doit être égal à l'épaisseur de la tôle plus une tolérance maximale.

$$J \geq e + \text{tolérance maximale} .$$

#### I .3.4.9- L'effort de pliage

L'effort nécessaire pour former un pli est égale au dixième de l'effort nécessaire pour cisailier la section de la tole à cet endroit.

$$P_{cr} = \frac{e \times L \times R_c}{10}$$

**e**:épaisseur de la tole en (mm).

**L** :longueur de la ligne de pliage(mm).

**R<sub>c</sub>** :resistance de la tole au cisaillement en (daN/mm<sup>2</sup>).

#### I .4 Conclusion

Avant de la mise en forme en n'importe quelle manière une pièce mécanique on doit d'abord avoir le metale sous forme de tole,cette dernière est obtenue en passant d'un bloc d'acier brut ou brame ,par le procedés de laminage en differentes etapes successives.

Les differentes procédés et les techniques de mise en forme des pièces mecanique quand a citer dans ce chapitre ont pour l'objectif de donner une forme précise a la tole ,en lui imposant une certaine microstructure dans le but d'obtenir un produit en forme souhaitée.

La réalisation des procédés precedents se fait sur des machine speciales pour avoir une géometrie souhaitée,précise et volue,et enfin pour minimiser le cout de la fabrication.

# **Chapitre II**

**Généralités et caractérisations des aciers**

## II.1-Introduction

A la recherche des propriétés spécifiques pour une application donnée, le choix du matériau est une tâche fondamentale et très complexe, il doit être analysé sous l'angle de l'ingénierie de matériaux et sur celle du design industriel, ce choix doit assurer la durabilité dans les conditions de son emploi et la résistance mécanique.

De tous les alliages métalliques, les aciers sont les plus couramment employés dans les applications industrielles. Et cela grâce à diversité de leurs nuances et la possibilité de Réaliser les traitements thermomécaniques conditionnant les propriétés mécaniques de ces aciers.

Leurs propriétés mécaniques sont étroitement liées à la microstructure de l'alliage, donc à sa Composition et aux traitements thermiques appliqués.

## II.2-Généralités sur les aciers

### II.2.1-Définition

Un acier est un alliage à base du fer additionné d'un faible pourcentage du carbone entre 0.008% à 2% en masse, la teneur en carbone confère à l'alliage les propriétés de l'acier (la dureté et la résistance mécanique), un acier à faible teneur est moins dur et plus malléable et on parle du fer ,et l'augmentation de cette teneur en carbone a tendance à améliorer la résistance et la dureté de l'alliage on parle d'aciers doux, mi-doux ,et mi-dur ,dur ou extra-dur.

L'acier contient aussi des petites quantités d'autres éléments ajoutés lors de son élaboration quand appelle les éléments d'addition pour améliorer certaines propriétés spécifiques.

### II.2.2-La microstructure de l'acier

Le comportement et les propriétés mécaniques (comme la limite élastique, le module de Yong,...etc.) de différents types d'aciers, sont affectés par leur microstructure, et Plus précisément par les dimensions caractéristiques de Cette microstructure.

Un solide cristallin est constitué par la répétition périodique dans les trois dimensions de l'espace d'un motif atomique ou moléculaire, appelé maille.

On appelle Structure cristalline, l'arrangement des atomes dans un cristal.et on appelle Réseau cristallin, le réseau constitué par un arrangement triplement périodique des atomes suivant un motif appelé maille.

La microstructure contient des informations sur la structure cristalline et les défauts des réseaux cristallins.

### II.2.2.1-Caractéristiques du fer et du carbone

#### a-Caractéristiques du fer

Le fer est un métal blanc avec les caractéristiques suivantes

**Tableau II.1-caractéristiques du fer**

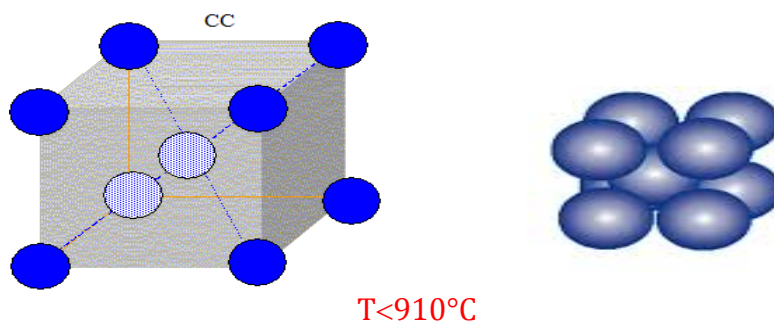
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| symbole               | Fe                                                                                                                                                                                                                                              |
| Nombre atomique       | 26                                                                                                                                                                                                                                              |
| Masse atomique        | 56g /mol                                                                                                                                                                                                                                        |
| Masse volumique       | 7.8g/mol                                                                                                                                                                                                                                        |
| Température de fusion | 1 538 °C                                                                                                                                                                                                                                        |
| Formes allotropiques  | <p>Jusqu'à 910°C → Fer <math>\alpha</math> de structure cubique centré (cc).</p> <p>De 910-1394 → fer <math>\gamma</math> de structure cubique à face centrée</p> <p>De 1392-1538°C → fer <math>\delta</math> de structure cubique centrée.</p> |

On remarque l'existence de deux arrangements d'atomes suivant la température, c'est l'une des caractéristiques essentielles du fer.

Les structures cubiques du fer suivant la température sont comme suite :

#### ✓ température inférieure à 910°C

Les atomes de fer à une température inférieure à 910°C s'arrangent et prennent une forme cube ayant un atome à chaque coin et un dernier au centre on dit alors un réseau cubique centré (CC), et on appelle ce fer le fer  $\alpha$ , et l'association de ce fer avec le carbone donne la ferrite.



**Figure II.1 : La microstructure du fer à  $T < 910^\circ\text{C}$**

#### ✓ température de 910°C à 1394°C



D'une température de 910°C jusqu'à 1394°C, Les atomes de fer prennent un arrangement cubique à face centrées (CFC) centré, et on appelle ce fer le fer  $\gamma$ , et l'association de ce fer avec le carbone en solution donne l'austénite.

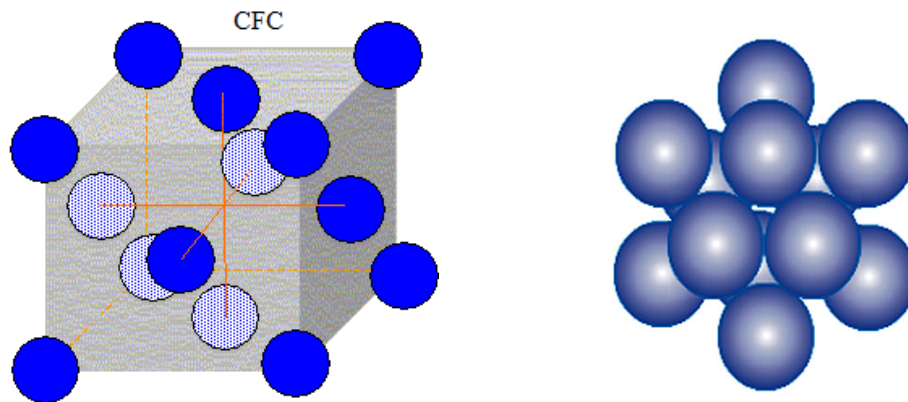
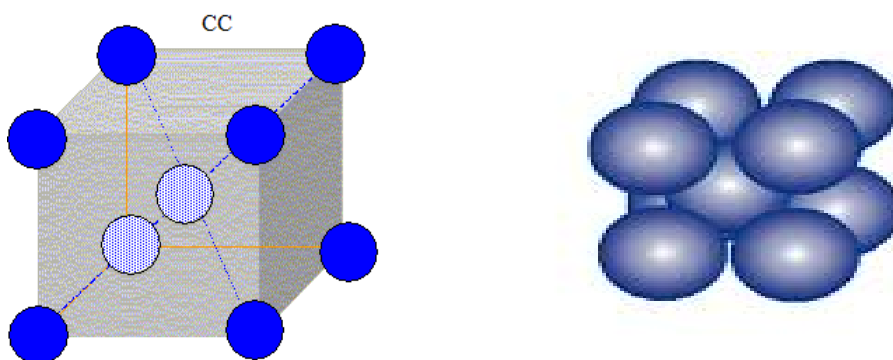


Figure II.2 : La microstructure du fer à  $910^{\circ}\text{C} < T < 1394^{\circ}\text{C}$ .

✓ température inférieure à  $1394^{\circ}\text{C}$

Les atomes de fer à une température supérieure à  $1394^{\circ}\text{C}$  prennent à nouveau une structure cubique centrée (CC), mais à ce stade on l'appelle le fer  $\delta$ .



$T > 1394^{\circ}\text{C}$

Figure II.3 : La microstructure du fer à  $T > 1394^{\circ}\text{C}$ .

**b-caractéristiques du carbone****Tableau II.2-caractéristiques du carbone**

|                       |                                     |
|-----------------------|-------------------------------------|
| Symbole               | C                                   |
| Nombre atomique       | 6                                   |
| Masse atomique        | 12                                  |
| Masse volumique       | 2.5 g/cm <sup>3</sup>               |
| Température de fusion | 3500 C°                             |
| Variétés cristallines | Graphite et diamant, noir de fumée. |

**II.2.2.2-Alliage fer-carbone**

Alliés avec le fer, les atomes de carbone remplissent plus ou moins les interstices, ou les vides, laissés entre les atomes de fer de chaque maille. Les caractéristiques de la structure de base sont modifiées, le fer devient acier ou fonte avec de meilleures propriétés.

Sous certaines conditions d'équilibre, le carbone peut se mélanger, sans dissolution, au fer pour former la cémentite Fe<sub>3</sub>C qui contient 6,67 % C, pourcentage maximal d'absorption.

En plus de l'existence de transformations allotropique que présente le fer, le carbone aussi joue un rôle important dans ces transformations alors il est possible de varier dans de très larges limites les propriétés d'un acier de composition chimique donnée.

**II.2.2.3- diagramme d'équilibre fer-carbone**

C'est le diagramme d'équilibre Fer-carbone métastable. Très utile pour comprendre les aciers, les fontes et les traitements thermiques Il représente l'étendue des domaines de stabilité de différents types d'acier et de fonte blanche en fonction de la variation de la composition chimique et la température.

Il est limité à droite par la cémentite (6,67 % C, matériau fragile, cassant, très dur) et fait apparaître les deux grandes familles de métaux ferreux : les aciers (entre 0,008 et 2,1 % C) et les fontes (de 2,1% à 6,67 %C). Il existe aussi l'autre type de diagramme (Fe-c) c'est le diagramme (Fe-graphite) qui correspond à un système stable.

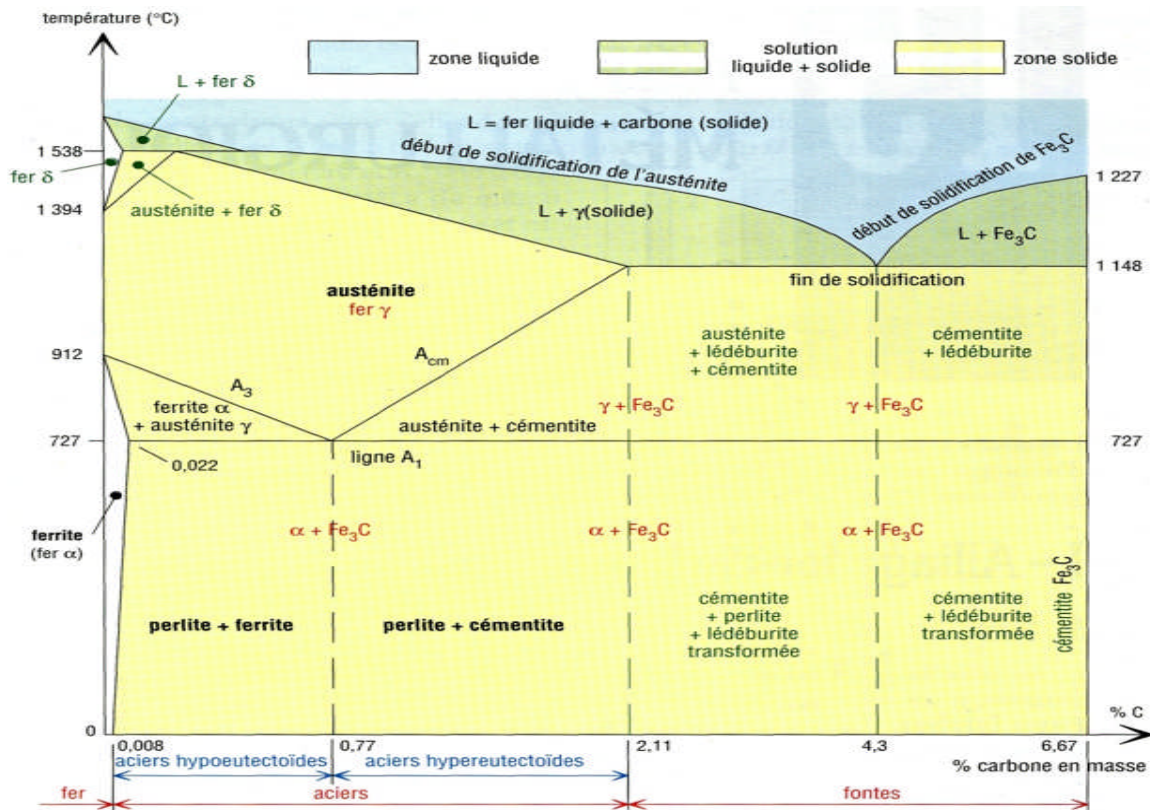


Figure II.3 : diagramme d'équilibre fer-carbone

## ✓ ligne A1 (727 °C)

Elle marque la fin de la transformation de la perlite, mixture de fer contenant 0,77 % C, en austénite ; au-dessus de 727 °C la perlite n'existe plus.

## ✓ Ligne A3

Au dessus de cette ligne A<sub>3</sub> La ferrite n'existe plus. Cette ligne précise la fin de la transformation de la ferrite en austénite.

✓ Ligne A<sub>cm</sub>

Elle indique la fin de la dissolution, après dissociation, de la cémentite dans l'austénite lorsque celle-ci existe.

A partir du diagramme Fe-Fe<sub>3</sub>C, on définit les aciers et les fontes blanches suivant la teneur en carbone.

## • Les aciers

- Eutectoïde avec 0,77 % C.
- Hypereutectoïde avec (0,77%-2,11%) C.
- Hypoeutectoïde avec (0,008%-0,77%) C.

## • Les fontes blanches

- a. Eutectique avec 4.3% C.
- b. Hyper eutectique avec (4.3%-6.67%) C.
- c. Hypo eutectique avec (2.11%-4.3%) C.

### a- Acier eutectoïde (0,77 %C)

Toute l'austénite se décompose à 727°C en un mélange de ferrite et cémentite, les grains d'austénite donnent naissance à plusieurs colonies de perlite ; la cémentite se présente sous forme lamelle et séparée par la ferrite.

### b- Aciers hypoeutectoïdes (0,008- 0,77 % C)

Ce sont les plus utilisés industriellement ; ils ont deux constituants de base, la perlite et la ferrite. Au refroidissement l'austénite se transforme d'abord en perlite, mais comme il n'y a pas assez d'atomes de carbone pour n'obtenir que de la perlite, il reste toujours une certaine quantité de ferrite dont la proportion est fonction du pourcentage de carbone initial.

### c- Aciers hypoeutectoïdes (0,008- 0,77 % C)

Ils ont deux constituants de base, la perlite et la cémentite. Cette dernière résulte d'une décomposition de l'austénite au cours d'un refroidissement très lent, à la température 727°C l'austénite restante ne contient que 0.77% de carbone et se transforme en perlite.

La figure ci-dessous montre Microstructures des aciers en fonction du pourcentage de carbone.

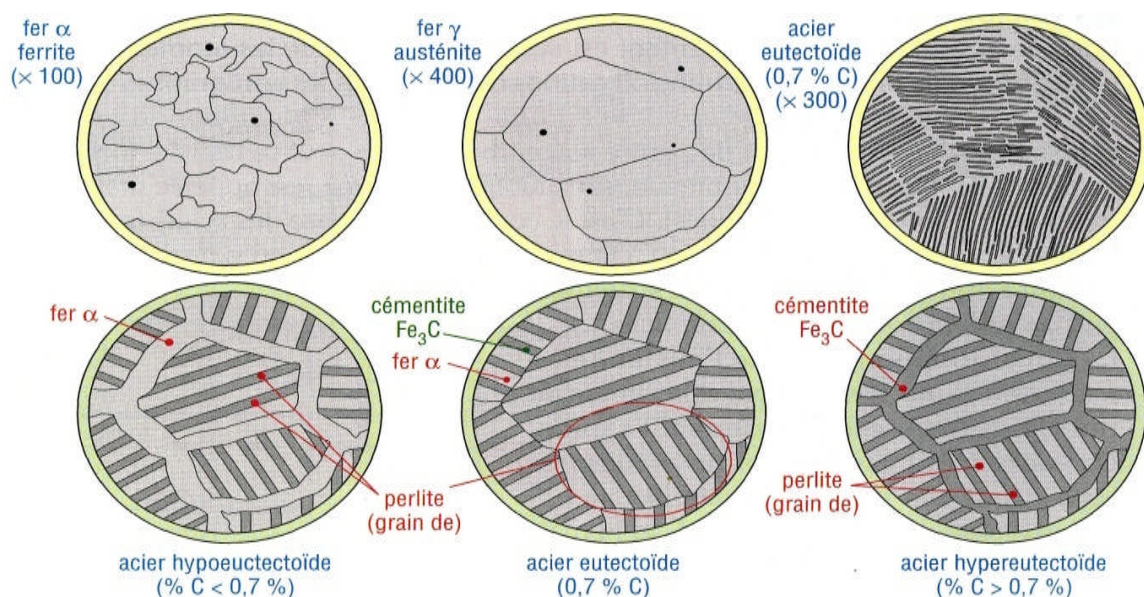


Figure II.5 : Microstructures des aciers en fonction du pourcentage de carbone.

## II.2.2.4-Les phases d'acier à partir de diagramme d'équilibre fer-carbone

### a-ferrite $\alpha$

C'est une solution solide d'insertion du carbone dans le fer  $\alpha$  dont la limite de solubilité est 0.02% à 727°C, cette phase d'acier est de faible résistance mécanique ( $R_m = 300 \text{ N/mm}^2$ ).

### b-cémentite ( $\text{Fe}_3\text{C}$ )

La cémentite  $\text{Fe}_3\text{C}$ , est la combinaison du fer (Fe) et du carbone (C), la cémentite est très dure mais aussi fragile, et cela à cause de sa forte teneur en Carbone qui est 6.67%C.

Quelle que soit l'endroit où la cémentite est présente dans le diagramme fer-carbone, elle contient toujours ce pourcentage de carbone.

### c-l'austénite $\gamma$

Appelée également fer gamma ( $\gamma$ ). L'austénite est une solution solide d'insertion du carbone dans le fer  $\gamma$  elle se situe à la dernière zone importante sur le diagramme fer-carbone qui est stable au-dessus de 727°C et en dessous de 1538°C, elle peut contenir 1.86% de carbone c'est une région importante pour le traitement thermique des aciers. Sa structure est cubique faces Centrées, qui est différente de la structure cubique centrée de la ferrite.

### d -la ferrite $\delta$

C'est une solution solide d'insertion du carbone dans le fer  $\delta$ , dont la solubilité maximale est de 0.16%C à la température 1931°C.

### e -la perlite

Elle se présente sous forme lamellaire ; chaque grain est formé de lamelle alternée de ferrite  $\alpha$  et cémentite ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ).

### f -la lédéburite

C'est un mélange eutectique entre l'austénite  $\gamma$  et la cémentite ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ).

### II.2.2.5-Le système fer – carbone dans l'industrie

L'industrie moderne fonctionne avec des éléments de machine qui sollicitent en service des charges très élevées, de forte concentration de contrainte et une température haute et/ou basse, ce qui favorise la rupture et ainsi la dégradation de fiabilité des machines.

Pour répondre aux multiples besoins et éviter les conséquences précédentes, il est nécessaire de développer la nuance des produits ferreux ordinaire et cela par l'addition d'un ou plusieurs éléments d'alliage ce qui donne de bonnes caractéristiques tel que la résistance, la grande dureté, l'élasticité élevée, ainsi le matériau pourra se manifester dans les conditions réelles du travail.

### II.2.2.6-les éléments d'addition

L'acier est utilisé dans de multiples domaines. Il doit donc pouvoir résister aux différentes sollicitations mécaniques et chimiques, et dans le but d'améliorer ces propriétés et ses caractéristiques on rajoute des éléments quand on appelle les éléments d'addition comme le nickel, le molybdène, le manganèse ou le chrome...etc.

Certaines impuretés de hauts fourneaux sont des constituants de la fonte servant à la fabrication de l'acier comme le phosphore, le plomb,...etc.

Quand l'acier est spécifique pour une utilisation définie, on rajoute des éléments d'accompagnement comme le silicium, l'aluminium et le calcium.

### II.2.2.7-influence des éléments d'addition

Les éléments d'addition ajoutés à l'acier, jouent un rôle primordial sur la caractéristique générale, et leur introduction aboutit à des modifications très importantes du diagramme d'équilibre fer –carbone.

Dans le fer pur, le passage de fer  $\alpha$  au fer  $\gamma$  se produit à une température définie comme on l'a vu dans les paragraphes précédents.

La présence d'un élément d'addition entraîne l'apparition d'un domaine plus ou moins dans lequel les deux variétés allotropiques du fer (CC) et (CFC) peuvent coexister en équilibre.

Les diagrammes permettent de classer les éléments d'addition en deux types :

**1) Les éléments gamma gènes** Qui abaissent la température (parce qu'ils augmentent la stabilité du fer  $\gamma$  et de ce fait abaissent les limites du domaine d'existence de l'austénite); ce



sont essentiellement le nickel et le manganèse auxquels on peut ajouter le cuivre (peu utilisé comme élément d'alliage).

**2) Les éléments alpha gènes** Qui relèvent la température (parce qu'ils augmentent la Stabilité du fer  $\alpha$  et de ce fait élèvent les limites du domaine d'existence de la ferrite); ce sont les plus nombreux des éléments d'alliage tels chrome, silicium, molybdène, vanadium, tungstène, titane.

On peut modifier les caractéristiques mécaniques et les aptitudes technologiques des aciers par l'addition d'autres métaux.

### II.2.2.8-Traitements thermiques des aciers

Dans le but d'améliorer les caractéristiques des matériaux et rendre ceux-ci plus favorables à un emploi donné, les aciers sont misent à des traitements thermiques qui sont constitués par un certain nombre d'opérations Combinées de Chauffage et de refroidissement, ce qui porte des modifications comme l'augmentation de la résistance à la rupture et de la limite élastique  $R_m$ ,  $R_e$ ,  $A\%$  en donnant une meilleure tenue de l'élément.

#### a- L'austénitisation

L'austénitisation consiste à chauffer l'acier d'abord puis de le maintenir pendant environ 30 minutes dans son domaine austénitique, à au moins quelques degrés (30-50°C) au-dessus de son point de transformation, durant ce procédé la structure de l'acier s'homogénéise en Transformant les éléments microstructuraux ferritique ( $\alpha$ , cc) en austénite ( $\gamma$ , CFC), la cémentite et les carbures se dissolvent dans l'austénite.

#### b- La Trempe

La trempe consiste en un refroidissement rapide d'un acier austénitisé pour lui Donner la plus grande dureté possible par formation de la perlite fine.

La température de trempe dépend de la teneur en carbone de l'acier et elle doit être située dans le domaine austénitique du diagramme Fe-C.

La trempe s'effectue en général par trois manières, à l'eau, à l'huile et à l'air.

### **c- Le Revenu**

Le revenu a pour but d'éliminer les contraintes résiduelles provenant de la trempe et d'augmenter la ténacité. Il consiste à chauffer une pièce qui vient d'être trempée à une température inférieure au point de transformation, et la maintenir à cette température, puis la refroidir généralement à l'air, parfois à l'eau.

## **II.3-classification des aciers**

Les aciers présentent un large nombre de nuance et de variété, ce qui complique leur classement.

Afin d'arriver à classer cette diversité on peut prendre comme paramètre, la composition chimique, le domaine d'utilisation ou aussi la concentration en carbone.

Dans notre travail on va prendre le dernier paramètre pour tirer un classement de quelques aciers les plus courants, on tire deux familles qui sont

- Les aciers alliés
- Les aciers non alliés

### **II.3.1-Aciers non alliés**

Ce sont les aciers qui ne contiennent pas d'éléments d'alliage, Les aciers non alliés servent dans l'usinage, le pliage, la construction soudée et bien d'autres encore.

### **II.3.2-Aciers alliés**

Ce sont les aciers qui contiennent d'éléments d'additions et on distingue suivant la teneur à ces éléments d'addition deux catégories qui sont :

#### **II.3.2.1-aciers faiblement alliés**

On dit qu'un acier est faiblement allié lorsqu'il n'existe aucun élément d'addition qui atteigne la teneur de 5%, parmi ces aciers on trouve, les aciers d'usage générale, les aciers de traitement thermique et les aciers à outils, cela selon la teneur en carbone (forte, moyenne, faible).



## -Désignations des aciers faiblement alliée

La désignation se devise en trois étapes comme suite

1. Un nombre entier qui égale a cent fois de pourcentage de la teneur moyenne en carbone.
2. Les symboles chimiques des éléments d'addition ou d'alliage dans l'ordre des teneurs décroissantes.
3. Une suite de nombres a coté des éléments d'addition rangés avec ces derniers avec le même ordre tel que chaque nombre indique le pourcentage de la teneur moyenne de chaque élément.

Les teneurs sont multipliées par un facteur multiplicateur variable en fonction d'éléments d'alliage et ici pas de symbole devant le chiffre, cela caractérise les aciers faiblement alliés.

**Tableau II.3-les facteurs multiplicateur en fonction de l'élément d'alliage**

| Facteur de multiplication | Symboles chimique                       |
|---------------------------|-----------------------------------------|
| 4                         | Cr, Co, Mn, Ni, Si, et W                |
| 10                        | Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, et Z |
| 100                       | Ce, N, P. S.                            |
| 1000                      | B                                       |

## Exemples

**42 Cr Mo 4**, C'est un acier faiblement allié avec

- 0.42% C.
- $4/4=1\%$  Cr.
- Des traces de Molybdène.

**30 Cr Ni Mo 8**, Acier faiblement allié

- 0.30% de carbone.
- $8/4 = 2\%$  de chrome.
- des traces de Nickel et du molybdène.

Tableau II.4-désignation des aciers faiblement alliés.

| Aciers faiblement alliés                                                         |             |                         |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------|-------------------|
| Nuances usuelles                                                                 |             | Traitement de référence |                   |
|                                                                                  |             | R <sub>min</sub>        | Re <sub>min</sub> |
| 38 Cr 2                                                                          | (38 C 2)    | 800                     | 650               |
| 34 Cr 4                                                                          | (32 C 4)    | 880                     | 660               |
| 37 Cr 4                                                                          | (38 C 4)    | 930                     | 700               |
| 41 Cr 4                                                                          | (42 C 4)    | 980                     | 740               |
| 55 Cr 3                                                                          | (55 C 3)    | 1100                    | 900               |
| 100 Cr 6                                                                         | (100 C 6)   | HRC≥62                  |                   |
| 25 Cr Mo 4                                                                       | (25 CD 4)   | 880                     | 700               |
| 35 Cr Mo 4                                                                       | (34 CD 4)   | 980                     | 770               |
| 42 Cr Mo 4                                                                       | (42 CD 4)   | 1060                    | 850               |
| 16 Cr Ni 6                                                                       | (16 CD 6)   | 800                     | 650               |
| 17Cr Ni Mo 6                                                                     | (18 NCD 6)  | 1130                    | 880               |
| 30Cr Ni Mo8                                                                      | (30 CND 8)  | 1180                    | 850               |
| 51Cr V 4                                                                         | (50 CV 4)   | 1080                    | 1080              |
| 16 Mn Cr5                                                                        | (16 MC 5)   | 1080                    | 835               |
| 20 Mn Cr5                                                                        | (20 MC 5)   | 1230                    | 980               |
| 36 Ni Cr Mo16                                                                    | (35 NCD 16) | 1710                    | 1275              |
| 51 Si7                                                                           | (51 S7)     | 1000                    | 830               |
| 60 Si Cr7                                                                        | (60 SC 7)   | 1130                    | 930               |
| Note : cette symbolisation s'applique aussi aux aciers non alliés de décolletage |             |                         |                   |

### a- Les aciers d'usage général ou ordinaires

Appelés aussi aciers au carbone ou aciers ordinaires, ils contiennent du carbone en proportion croissantes (peut être forte ou moyenne teneur de C), et des éléments d'addition en faible quantité.

Le tableau suivant montre la teneur en pourcentage du carbone de différents types d'aciers d'usage général et leur résistance mécanique en (Mpa) ainsi leurs propriétés.

**Tableau II.5-la teneur en carbone de différents types d'acier, leur résistance mécanique et leurs propriétés**

| Nuance ou qualité | Pourcentage de carbone (C) | Résistance $R_m$ (Mpa) | proprietés                                                                      |
|-------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Extra-doux        | <0.15                      | 330-420                | -bonne résistance mécanique.                                                    |
| Doux              | $0.15 < C < 0.20$          | 370-460                | -une tenue a chaud.                                                             |
| mi-doux           | $0.20 < C < 0.30$          | 480-550                | -une bonne soudabilité.                                                         |
| mi-dur            | $0.30 < C < 0.40$          | 550-650                | -une résistance à l'usure et à la corrosion.                                    |
| Dur               | $0.40 < C < 0.60$          | 650-750                | -insensibles au traitement thermique.                                           |
| Extra-dur         | >0.60                      | >750                   | -limites d'élasticité intéressante.<br>-une tenue a chaud.<br>-la trempabilité. |

**a.1-Utilisation des aciers d'usage général**

Les aciers d'usage général sont utilisés dans de multiples constructions comme, les charpentes métalliques, construction navales, mécanique générale, chemins de fer.

**a.2-Les désignations des aciers d'usage général**

On distingue deux classes d'aciers d'usage général selon la norme **NF EN 10027**

**a.2.1**-la désignation qui commence par la lettre **S** pour des aciers d'usage générale avec une limite élastique( $R_e$ ) qui égale à **235 Mpa**, on écrit **S235**.

**a.2.2**--la désignation qui commence par la lettre **E** pour des aciers de construction mécanique avec une limite élastique( $R_e$ ) qui égale à **335 Mpa**, on écrit **E335**.

**Tableau II.6- désignations des aciers d'usage général et leurs emplois.**

| Aciers d'usage général                                            |                                                     |            |                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------|
| Nuance**                                                          | $R_{min}$                                           | $Re_{min}$ | Emplois                                                          |
| S 185 (A 33)                                                      | 290                                                 | 185        | Constructions mécaniques et métalliques<br>générales assemblées. |
| S235 (E 24)                                                       | 340                                                 | 235        |                                                                  |
| S275 (E 28)                                                       | 410                                                 | 275        |                                                                  |
| S355 (E 36)                                                       | 490                                                 | 355        | Ces aciers ne conviennent pas aux<br>traitements thermiques.     |
| E295 (A 50)                                                       | 470                                                 | 295        |                                                                  |
| E335 (A 60)                                                       | 570                                                 | 335        |                                                                  |
| E360 (A 70)                                                       | 670                                                 | 360        |                                                                  |
| Moulage                                                           | GS 235 – GS 275 – GS 355<br>GE 295 – GE335 – GE 360 |            |                                                                  |
| $R_{min}$ = résistance minimale à la rupture par extension (Mpa). |                                                     |            |                                                                  |
| $Re_{min}$ = limite minimale apparente d'élasticité(Mpa).         |                                                     |            |                                                                  |

## **b- Les aciers à outils**

Les aciers à outils ont une forte teneur en carbone, on peut les classés dans les aciers fortement allié ou faiblement allié et cela suivant la teneur en éléments d'addition, Les aciers à outils sont destinés à la fabrication des outillages utilisés dans les machines servant à travailler, mettre en forme et fabriquer des pièces.

Ces opérations s'effectuent à une température ambiante ou haute ce qui nécessite l'amélioration de certains nombres de propriétés telles que, la dureté, la résistance à l'usure et être peu déformables.

Les aciers à outils ont une primordiale importance technologique, aucune étape de fabrication de pièces, et quelques soit le procédé employer ne peut se passer d'outil. Et leur production mondiale est à faible pourcentage.

### **b.1-Propriétés des aciers à outils**

- Les aciers à outil ont une teneur en carbone souvent élevée
- Addition d'éléments d'alliage parmi lesquels on trouve ; vanadium, Molybdène, Nickel, Tungstène, cela donne un maintien d'une dureté et d'une ténacité élevée à chaud, ces éléments sont associés au Cobalt et au Chrome, ce dernier est utilisé en quantités pouvant aller jusqu'à 12% et qui améliore la trempabilité.
- Traitement thermomécanique complexes.
- Résistance au frottement, à l'usure, et à la fatigue sont améliorées par des traitements superficiels.

## **c- Les aciers de traitement thermique**

Ce sont des aciers faiblement alliés et à moyenne teneur en carbone Les traitements thermiques produisent des aciers plus résistants que les aciers au Carbone ordinaires, mais d'une ductilité et d'une ténacité moindres.

### **II.3.1.2-aciers fortement allié**

On dit qu'un acier est fortement allié lorsqu'il y'aura au moins un élément d'addition qui atteint la teneur supérieure à 5%. Parmi ces aciers on trouve les aciers à outils et les aciers inoxydables.

## - Désignations des aciers fortement alliée

La désignation commence par la lettre X suivie de la même désignation que celle des aciers faiblement alliés, à l'exception des valeurs des teneurs qui sont des pourcentages nominaux réels.

### Exemple

#### **X30Cr13**

- 0,30 % de carbone.
- 13 % de chrome.

**Tableau II.7- désignations des aciers fortement alliés.**

| <b>Aciers fortement alliés</b> |                           |                                |                  |
|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------|
| <b>Nuances usuelles*</b>       |                           | <b>Traitement de référence</b> |                  |
|                                |                           | <b>R min **</b>                | <b>Re min **</b> |
| <b>X 4 Cr Mo S18</b>           | <b>(Z 8 CF 17)</b>        | <b>440</b>                     | <b>275</b>       |
| <b>X 30 Cr 13</b>              | <b>(Z 30 C 13)</b>        | <b>HRC ≥51</b>                 |                  |
| <b>X2Cr Ni19 – 11</b>          | <b>(Z 3 CN 19 – 11)</b>   | <b>460</b>                     | <b>175</b>       |
| <b>X5 Cr Ni 18 – 10</b>        | <b>(Z 6 CN 18 – 09)</b>   | <b>510</b>                     | <b>195</b>       |
| <b>X5 Cr Ni Mo 18 – 19</b>     | <b>(Z 7 CND 17 – 12)</b>  | <b>510</b>                     | <b>205</b>       |
| <b>X6 Cr Ni Ti 18 – 10</b>     | <b>(Z 6 CNT 18 – 11)</b>  | <b>490</b>                     | <b>195</b>       |
| <b>X6 Cr Ni Mo Ti 17 – 12</b>  | <b>(Z 6 CNDT 17 – 12)</b> | <b>540</b>                     | <b>215</b>       |

### a- Les aciers inoxydables

Les aciers inoxydables se caractérisent principalement par leur aptitude de résister à l'oxydation et à la corrosion dans des milieux agressifs variés, cette propriété dépend en premier lieu de la teneur en Chrome qui est toujours supérieur à environ 12% et lorsque on introduit de grandes quantités de Nickel environ plus de 8%, les aciers inoxydables sont parfaitement ductile et se prêtent à une mise en forme facile.

La résistance à la corrosion de cet acier résulte de l'oxydation naturelle de la surface de l'alliage, bien qu'extrême mince, la couche protectrice qui se forme à la surface tient fortement et elle est chimiquement stable ce qui veut dire qu'elle est inactive dans un environnement qui lui assure suffisamment d'oxygène.

#### **a.1-Domaine d'utilisations des aciers inoxydables**

Les aciers inoxydables sont employés selon leurs compositions dans les applications aussi diverses comme, les instruments de chirurgie, les accessoires ménagers, les équipements exposés à la corrosion par l'eau de mer la décoration architecturale, les acides concentrés chauds, les atmosphères polluées urbaines.

## **a.2-Classement des aciers inoxydables**

On peut classer les aciers inoxydables suivant leur structure cristalline qu'ils prennent après un traitement bien déterminé, ce classement tire trois familles qui sont

### **a.2.1-Les aciers ferritiques, (magnétique)**

Appelés ferritiques parce qu'à une température ambiante ont une structure cubique centrée CC qui est la même de celle du fer, ils ont une très faible teneur en carbone (environ 0.07%) et entre 11 à 29% de Chrome.

### **a.2.2-Les aciers martensitiques, (magnétique)**

Ce sont des aciers qui contiennent une teneur supérieure à 0.08% en carbone et 13% en chrome ; ils ont une très bonne trempabilité ; mais en générale moins résistants à la corrosion que les aciers ferritiques.

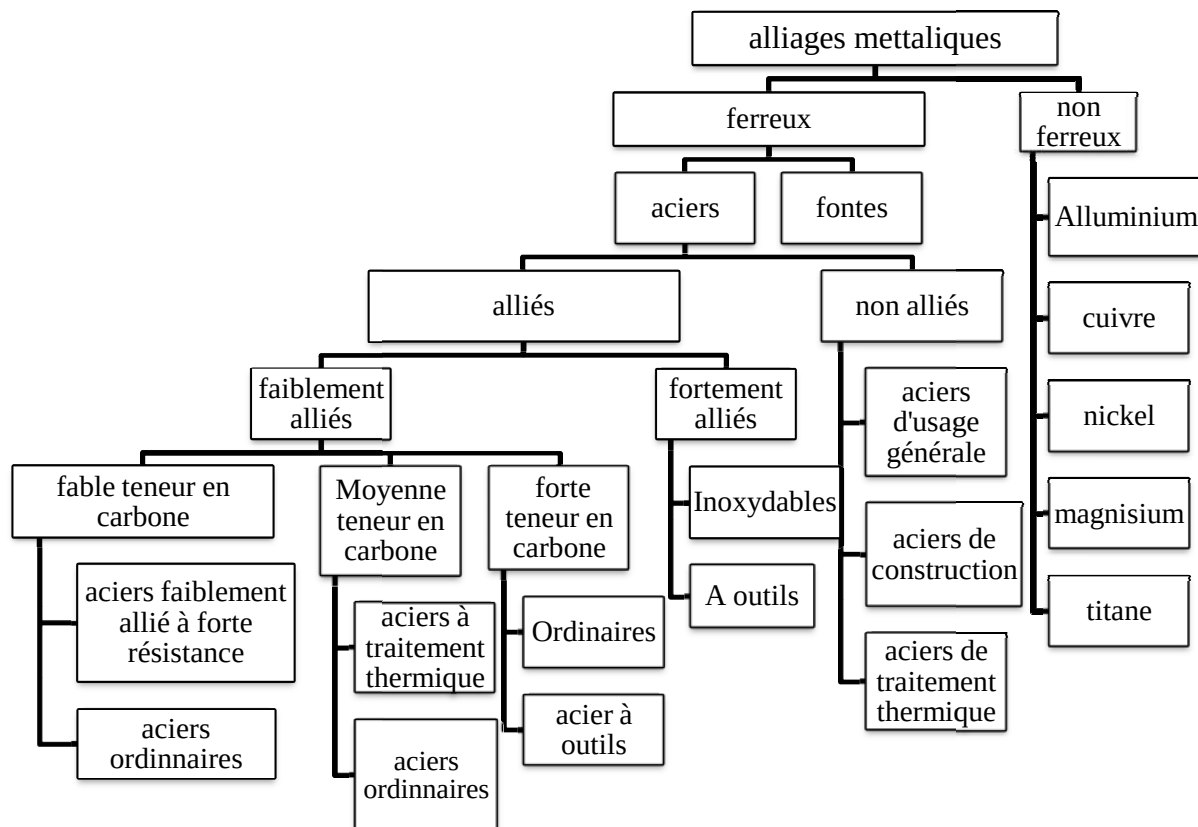
### **a.2.3-Les aciers austénitiques, (amagnétique)**

Les aciers austénitiques présentent une résistance chimique très élevée, et une très bonne caractéristique mécanique. Ce sont les plus utilisés.

Dans ces aciers, il y a environ 18 % de chrome et 10 % de nickel. La teneur en carbone est très basse et il est possible d'améliorer leur stabilité en ajoutant des éléments tels que le titane ou le niobium.

De par leur excellente ductilité, ces aciers sont utilisés dans une gamme de températures très grande.

### Organigramme de classement de types d'aciers



### II.3- Conclusion

Ce chapitre est consacré à l'étude des aciers ; le comportement de ces derniers dépend essentiellement de leur microstructure.

Les aciers sont des alliages à base du fer et du carbone, ils ont des propriétés mécaniques et chimiques qui les caractérisent par rapport aux autres alliages métalliques. et dans le but d'avoir des propriétés souhaitées pour une application donnée, des éléments d'alliage ou d'addition sont ajoutés à cette composition de base (fer+carbone). Ce qui modifie la microstructure de l'acier ainsi son comportement.

Les types d'aciers sont largement divers, on compte pour les classer sur leur composition chimique, leur teneur en carbone et leurs domaines d'utilisation, et chaque famille d'acier a sa désignation conforme à des normes internationales.

Un bon choix de l'acier à utiliser pour une application spécifique, dépend de la microstructure de cet acier, son mode d'élaboration, les traitements thermique et thermomécanique afin d'assurer une bonne fonctionnalité ainsi une longue durée de vie au produit à réaliser.

# **Chapitre III**

## **Généralités sur les presses et leurs outils**



### III .1 -Introduction

Afin de réaliser la conception des produits et pouvoir transformer la tôle à des pièces précises, il faut passer par plusieurs étapes et opérations comme dans le cas de poinçonnage et l'emboutissage quand a vu dans le chapitre précédent, pour cela on utilise des machines qu'on appelle «les presses», elles sont très importantes dans l'industrie et la mise en forme des pièces mécaniques.

Dans ce chapitre on va voir les différents types de presses qui existe et leur principe de fonctionnement ainsi les différents outils utilisé dans la mise en forme des pièces mécaniques.

### III .2-Définition

Les presses sont des machines permet de changer la forme d'une pièce à partir d'une tôle, en appliquant une pression.

Elles sont essentiellement composées de deux plateaux qui peuvent se rapprocher pour comprimer ce qui est placé entre eux, elles ont deux parties, une mobile quand appelle (coulisseau), et qui porte le poinçon, et l'autre c'est la partie fixe qui porte la matrice appelée (bâti). Ainsi un ensemble d'organes mécaniques modelés pour réaliser de différents travaux par déformation plastique de la tôle, elles sont actuellement commandées numériquement.

Les presses peuvent être classées à partir de plusieurs paramètres comme

- Le mode de transmission d'énergie soit hydraulique, mécanique ou pneumatique.
- Leur forme de bâti.
- le nombre de coulisseaux.

### III .3 – les outils de presses

#### III .3.1 – Définition

L'outil de presse est un élément essentiel de la presse, il permet de travailler la tôle par des opérations successives comme l'emboutissage, le pliage, le poinçonnage,...etc. d'une façon à obtenir la pièce voulue.

En générale l'outil de presse est composé de deux parties parfaitement guidées qui sont

- Partie inferieure fixe bridé sur la table de la presse.
- Partie supérieure mobile bridé sur le coulisseau.

### III .3.2.Quelques éléments de l'outil de presse

Dans les éléments de presses on trouve deux blocs essentiels

- Bloc fixe qui porte la matrice.
- Bloc mobile qui porte le poinçon.

#### a- La matrice

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

#### b- Le poinçon

Le poinçon est un élément de l'outil qui permet de laisser une empreinte sur un flan selon sa forme géométrique. Pour que le poinçon résiste aux efforts de coupe, on doit vérifier sa résistance à l'effort de compression et au flambement.

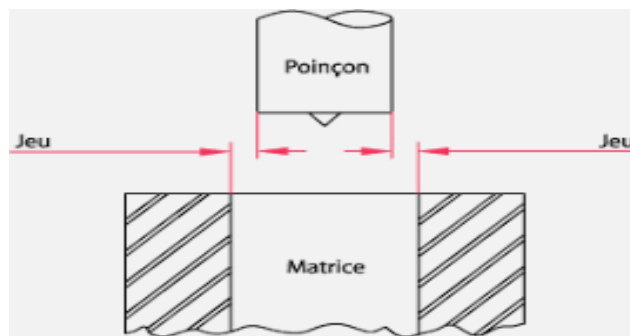


Figure III.1 : Les éléments poinçon et matrice de l'outil de presse.

#### c-La dépouille

Afin d'éviter l'accumulation des chutes laissées lors de poinçonnage-découpage ; un dégagement de matière ou une dépouille est nécessaire au-dessous de la partie active de la matrice.

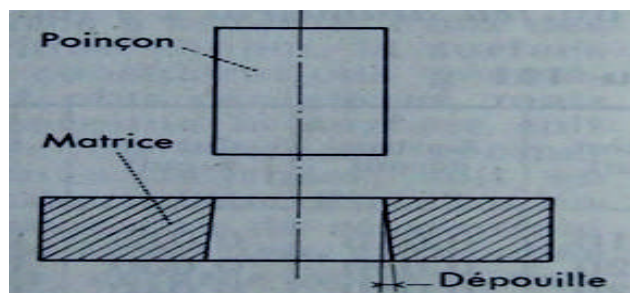


Figure III.2 : La dépouille dans la partie active de la matrice.

### d-L'affutage

Quand les arrêtes coupantes d'un outil s'rondissent et forme des rayons, on effectue un affutage pour les surfaces usées de la matrices et du poinçon par une rectification plane, on élimine les rayons formés pour avoir des arrêtes vives.



Figure III.3 : Le principe d'affutage.

## III .4 Les presses selon le mode de transmission d'énergie

### III .4.1 -Presse hydraulique

#### III .4.1.1 -Définition

Une presse hydraulique est une machine qui utilise un liquide pressé pour créer la force, elle contient Une plaque dans laquelle le matériau métallique est placé de manière à pouvoir être écrasé, redressé ou moulé.



Figure III.4 : La presse hydraulique.

#### III .4.1.2.principe de fonctionnement

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

La presse hydraulique est alimentée par une pompe hydraulique à un vérin qui entraîne la glissière. Suivant sa conception et ses applications. Actuellement, elle est commander

automatiquement grâce aux nouvelles technologies et aux développements de l'électronique. Elle est particulièrement adaptée pour l'emboutissage profond.

### III .4.1.3 - Avantages et inconvénients de la presses hydraulique

#### a - Avantages

- Les presse hydraulique est très robuste et fiable. Elle peut créer une grande quantité de tonnage pression. Elle est idéale pour l'hydroformage qui est une technique de formation des métaux nécessitant la présence d'un agent liquide. Elle est lente ce qui donne suffisamment de temps au métal pour se former.
- Le tonnage de la presse est facilement ajusté ce qui permet des opérations avec petit tonnage pour les matrices fragiles, et la vitesse d'emboutissage reste constante pendant toute la course.
- La presse hydraulique est moins chère que les autres types, et son moteur est plus puissant.

#### b- inconvénients

- La presse hydraulique demande beaucoup de maintenance. L'huile doit toujours être présente à l'intérieur de la presse, de plus, elle comporte plusieurs appareils pour le contrôle de la pression à fin d'assurer son bon fonctionnement.

### III .4.2 - La Presse pneumatique

#### III .4.2.1 – Définition et principe

La presse pneumatique est une machine qui fonctionne avec l'air comprimé, on le manipulant selon le principe bien connu

$$P = \frac{F}{S} \text{ ou } F = P \times S$$

Avec

(**P** = pression ; **F** = force ; **S** = surface).

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

Une fois la course est terminée l'air est évacué à travers les valves et les ressorts entraînent la pompe de se déplacer vers le haut.



**Figure III.5 : Presse pneumatique.**

### **III .4.2.2 – caractéristiques de presse pneumatique**

La presse pneumatique est caractérisée par sa grande vitesse, Elle peut fonctionner dix fois plus que la presse hydraulique.

Elle peut aussi stopper à n'importe quel moment, il suffit juste d'ouvrir la valve pour dégager l'air.

### **III .4.3 - La Presse mécanique**

#### **III .4.3.1 - Définition**

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

La force (charge) et la précision dans la presse mécanique sont nécessaires pour atteindre les demandes de la tolérance et pour garantir un bon assemblage des parties de la pièce finale.

Les presses mécaniques sont les plus répondu car elles permettent d'atteindre des cadences élevées et elles sont d'une très grande rapidité de fonctionnement.



**Figure III.6 : Presse mécanique.**

### **III .4.3.2- Principe de Fonctionnement de la presse mécanique**

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

#### **-Mécanisme de commande**

Le mécanisme de commande permet de transformer le mouvement circulaire du moteur a un mouvement rectiligne alternatif du coulisseau et cela avec les systèmes suivants.

##### **a-Système bielle manivelle**

La bielle relie le vilebrequin au coulisseau, sa longueur est réglable pour permettre d'obtenir, entre la table de la presse et le coulisseau en bas de course la hauteur correspondante a celle de l'outil à monter, le mouvement est transmits par la rotation continue de vilebrequin autour de son axe au coulisseau qui en mouvement rectiligne alternatif.

Ce système est basé sur quatre éléments qui sont

- une bielle
- un vilebrequin ou une manivelle
- un coulisseau
- un bâti

##### **b-Système excentrique**

Ce système transforme un mouvement de rotation en un mouvement de translation oscillatoire, ce mouvement de translation est donné par le rapprochement et l'éloignement de l'axe de l'arbre. Il est utilisé quand une longue course est demandée.

### **c-Système à genouillère**

C'est un système qui se compose des trois éléments suivant

- la bielle
- le vilebrequin
- deux genouillères

La bielle est entraînée par le vilebrequin en exerçant un mouvement de translation alternatif sur un axe que partagent les deux genouillères.

Chaque extrémité de genouillère est fixée à l'autre élément, une d'entre elles est immobile et fixée au bâti et l'autre qui est mobile est fixé au coulisseau.

### **d-Système à came**

C'est un système qui se compose de deux éléments, came de profil ovoïde et un élément menant, le mouvement rotatif animé par la came se transforme, en un mouvement alternatif de translation du coulisseau grâce au profil de la came, plaquée contre l'élément mené.

### **e-L'embrayage**

Sur la presse de petite et moyenne puissance, sur l'arbre de vilebrequin le volant tourne de façon continue et l'embrayage est pour le but d'assurer la liaison de volant et l'arbre cette liaison s'effectue par volonté d'un ouvrier ou actionneur.

On distingue dans l'industrie deux types d'embrayage

- embrayage à clavette tournante.
- embrayage à friction à commande électropneumatique.

## **III .5 -Les types de presse selon la forme de bâti**

### **III .5.1 presse à col de cygne**

Les bâtis à col de cygne est pour les presses de petites et moyennes puissance jusqu'à, 100 tonnes environ elles sont souvent employées pour découpage, pliage et souvent pour des petites pièces de grandes séries. La forme de bâti dégage complètement les cotés de la presse et permet de passer les bandes latéralement ; le bâti est ouvert également à l'arrière.

La plupart des bâtis à col de cygne sont inclinables, c'est-à-dire que la machine peut Travailler dans sa position droite ou dans une position inclinée, dans ce dernier cas, la pièce découpée s'évacue, à l'arrière de la presse par son propre poids ou par gravité Les bâtis à col de cygne se déforment élastiquement sous l'effet de charge, ce qui provoquera le déplacement angulaire des deux parties de l'outil et préjudice leur bon fonctionnement, c'est pour cela ils

sont réservés aux presses développant au maximum 2000 KN d'effort.



**Figure III.7 : Presse à col de cygne.**

### **III .5.2-presses à arcade**

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

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





**Figure III.8 : Presse à arcade.**

### **III .5.3-presse à colonnes**

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



**Figure III.9 : Presse à colonnes.**

### III .5.4-presses à montants droits

Ces presses sont de grande puissance et peuvent atteindre des dimensions importantes, le bâti à montant droit se compose de trois éléments qui sont la table le chapiteau et le montant et selon le travail à exécuter on choisit la distance entre le chapiteau et la table, et entre les montants.

### III .5.5-presses à table mobile et bigorne

Grace à sa table mobile et réglable en hauteur, il est facile de monter l'outil d'une hauteur importante dans ce type de presses. Et par simple rotation de la table on monte la bigorne qui permet d'effectuer des poinçonnages latéraux, de gros emboutis.

## III .6 Les types de presse selon le nombre de coulisseaux

### III .6.1-Simple effet

De type de presse contient un seul coulisseau qui reçoit son mouvement d'une ou plusieurs bielles, elles sont équipées d'un coussin inférieur, destiné à assurer l'effet du serre-flan.

### III .6.2-Double effet

Ces presses se prêtent particulièrement à l'exécution d'emboutissage profond ,elles sont munies des deux mouvements qui constituent le double effet ,celui du coulisseau intérieur , destinée à l'emboutissage ,et celui du coulisseau extérieur destiné au découpage du flan Les deux coulisseaux sont actionnés par le même arbre moteur à l'aide d'un mécanisme qui procure deux cinématiques différentes.



Figure III.10 : Presse à double effet.

### III .6.3-Triple effet

Généralement ce type de presse est utilisé pour les contres-emboutis peu profonds et leur principe est le même avec le double effet mais avec un troisième coulisseau inférieur qui a sa propre cinématique, et leur utilisation évite l'opération de reprise sur une autre presse.

### III .7 Les différents types d'outils de presses

#### III.7.1 Outil à découper

##### a- Outil simple découvert

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

##### b -Outil buté à découvert

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

#### III .7.2 Outils à emboutissage

On distingue deux types de l'outil d'emboutissage

##### a-Outil d'emboutissage sans serre flan

Appelé aussi outil d'emboutissage de passe à travers, cet outil est composé seulement d'un poinçon et une matrice, il est utilisé pour des emboutis peu profonds et qui nécessite pas d'importants efforts de serrage.

##### b-Outil d'emboutissage avec serre-flan

Il existe deux genres d'outil à serre-flan l'un est destiné à une presse à simple effet et l'autre à une presse à double effet.

#### III .7.3 Outils de détournage

Après l'opération de l'emboutissage le détournage est utilisé pour enlever la matière excédentaire ; on distingue trois types d'outils de détournage.

### III .7.4 Outil de pliage

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

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

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

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

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

#### **c- Outil de pliage en équerre**

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

### III .7.5 Outil contre plaque

Il existe deux types de cet outil

#### **a-Outil contre plaque à engrenage**

Dans cet outil le flan avance par l'intermédiaire d'un engrenage qui tourne en frottant la surface de ce flan, ce dernier avance suivant sa longueur, la bande se déplace a chaque coup de la presse.

#### **b-Outil contre plaque à coteau**

Dans ce cas le flan avance par l'intermédiaire d'un coteau qui est un poinçon d'avancement ou de pas, la longueur de pas égale à la longueur du coteau

Le déplacement du flan est donné entre deux déplacements successifs du flan ; la bande est translaturée et bute sur un butée qui est un guide, le coteau se détache de la bande ; le coteau ne travaille que d'un côté ce qui augmente le risque de coinçage, alors cette technique n'est utilisée que pour des pièces de faible épaisseur.

### III .7.6 Outil de presse à band

Cette outil est composé essentiellement d'une matrice, poinçon, deux semelles une supérieure et l'autre inférieure, des colonnes de guidage. Le dévêisseur est pour maintenir la bande de tôle lors des opérations et éviter toutes déformations ce qui assure la qualité de produit

Dans cet outil le guidage est très important, le poinçon et la matrice sont guidés dans le même centre d'inertie par des paires de colonnes selon les dimensions de l'outil.

### III .7.7-Outil suisse

Appelé aussi outil bloc, il est utilisé pour obtenir des pièces plates très précises de faible ou forte épaisseur. Cet outil découpe totalement la presse en un seul coup de presse et il est toujours monté sur bâtis à colonnes.

L'outil a suisse est à dévêisseur inversé sa veut dire que le poinçon est sur la partie inférieure et la matrice sur la partie supérieure et la pièce découpée reste dans la matrice et elle est extrait par un éjecteur en haut de course.

### III .7.8- Outil de reprise

C'est un outil utilisé pour des petites ou moyennes séries de production ; il fait partie de plusieurs outils, chacun d'eux réalise une opération de mise en forme de la pièce à obtenir.

Ces opérations se succédant une à une et elles permettent d'obtenir la pièce finale.ils sont distingués par l'opération principale qu'ils réalisent comme, le découpage, le pliage, le poinçonnage ;...etc.

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

### III .7.10 Outil à suivre ou utile à suite

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

### III .8-Montage des outils sur les presses

#### III .8.1-Petites presses

- **Partie inferieur de l'outil**

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

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

- **Partie supérieur de l'outil**

Pour la partie supérieure de l'outil, elle se fixe avec un nez, qui sera monté dans le trou lisse du coulisseau, le nez sera serré par un chapeau puis bloquer avec des vis de pression, et pour des outils longs, ces derniers peuvent être fixés par les trous de coulisseau.

#### III .8.2-Grosses presses

Dans les grosses presses les semelles et les plateaux ont des rainures sous forme d'un Té, les semelles seront fixées, soit par des boulons ou par des brides.

### III .9-conclusion

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

On a vu également leurs équipements comme les différents outils et les différents systèmes et mécanismes entrants, ce qui nous aidera à choisir la presse qui convient à notre outil.

# **Chapitre IV**

**Étude et conception de l'outil emboutissage -  
poinçonnage**

## IV. 1- Introduction

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

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

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

## IV .2-but de projet

L'entreprise ENIEM compte intégrer selon ses moyennes, un outil pour la fabrication des «cornières», pièces de la cuisinière. Le schéma ci-dessous explique brièvement les étapes essentielles suivies pour arriver à fabriquer cette pièce.

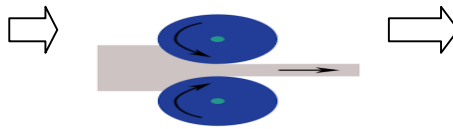
Notre travail est localisé sur la quatrième étape qui est l'étude et la conception de l'outil poinçonnage-emboutissage.

### Process fabrication des cornières

1. Aciers brute.



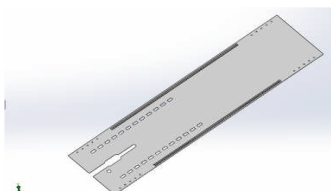
2. procédé de laminage



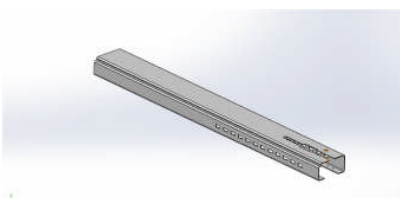
3. Bobines de tôle, feuilles mince



6. pièce fabriquée AVEC L'OUTIL

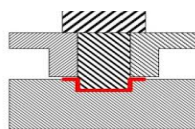


7. Pièce finie



### 5. Différents procédés de mise en forme

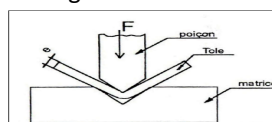
- Emboutissage



- Poinçonnage.



- Pliage

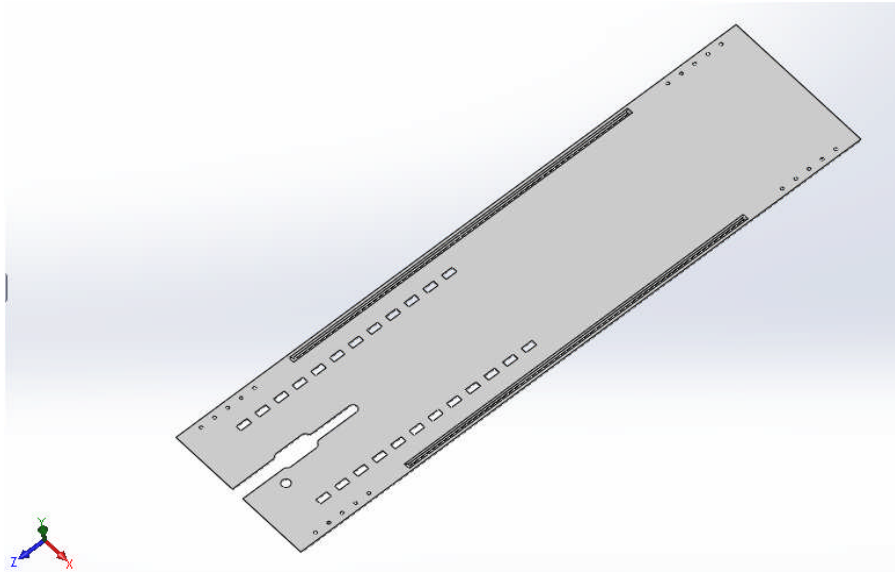


4. (outil poinçonnage-emboutissage sur machine presse TP 60 COL DE CYGNE)





Pour la conception on 'a opter au logiciel **SOLIDWORKS**, La figure ci-dessous nous montre la forme de la pièce à réaliser dans son état déplié.



**Figure IV.1-cornière de fixation des verres de porte cuisinière**

### IV .3-Le cahier des charges

#### IV .3.1-Définition

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

La pièce à réaliser est : **cornière de la contre porte d'une cuisinière ENIEM** dont les caractéristiques dimensionnelles et géométriques sont présentées par le dessin de définition de la pièce.

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

**Tableau IV.1- Cahier de charge de la pièce (cornière)**

| N code | Épaisseur (mm) | Longueur (mm) | Largeur (mm) |
|--------|----------------|---------------|--------------|
| -      | 1              | 420           | 108          |

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

La tôle doit être conforme à la norme **DC 04 EK 10209**

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

**Tableau IV.2- composition chimique du matériau de la pièce**

| S      | C      | Mn    | P      |
|--------|--------|-------|--------|
| ≤0.050 | ≤0.080 | ≤0.50 | ≤0.030 |

### IV .3.4 -caractéristiques mécaniques du matériau

**Tableau IV.3-caractéristiques mécaniques du matériau de la pièce**

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

### IV .3.5-L'emplacement de la pièce

Les cornières servent à fixer le verre de la contre porte ce qui évitera la dégradation et la corrosion de la porte et la pratique d'utilisation.



**Figure IV.2-emplacement de la cornière sur la porte de cuisinière**

## IV .4-Étude de l'outil

### Les calculs

#### IV .4.1- Calculs des efforts de poinçonnage

On 'a l'effort de poinçonnage se calcul comme suivant

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

Avec

$(\pi \times d) = P_{\text{poinçon}}$  : Périmètre du poinçon (mm).

**F** : Effort de poinçonnage en (N).

**e** : Épaisseur de la tôle (mm).

**R<sub>m</sub>** : La résistance de la tôle(Mpa) ; on prend 290Mpa pour des raisons de sécurité.

**K** : Coefficient (**K = 1**).

#### a-Effort de poinçon charnière **F<sub>1</sub>**

$$F_1 = P_{\text{poinçon1}} \times e \times R_m \times K$$

D'après la mesure et l'évaluation sur **SOLIDWORKS**, le Périmètre du poinçon charnière

$$P_{\text{poinçon1}} = 186.18\text{mm}$$

$$F_1 = 186.18 \times 1 \times 290 \times 1$$

$$F_1 = 53992.2 \text{ N}$$

#### b-Effort de poinçon d'aération **F<sub>2</sub>**

Les trous d'aération ont une forme rectangulaire donc leurs périmètre sera calculer comme suit

$$F_2 = P_{\text{poinçon2}} \times e \times R_m \times K$$

$$P_{\text{poinçon2}} = (a + b) \times 2 = (8 + 4) \times 2 = 24\text{mm}$$

$$F_2 = 24 \times 1 \times 290 \times 1$$

$$F_2 = 6960\text{N}$$

**c- Effort de poinçon de trou de fixation de la charnière  $F_3$  (6mm)**

$$F_3 = (\pi \times d) \times e \times R_m \times K = P_{\text{poinçon3}} \times e \times R_m \times K$$

$$P_{\text{poinçon3}} = \pi \times 2 \times R = 3.14 \times 6 = 18.84 \text{ mm}$$

$$F_3 = 18.84 \times 1 \times 290 \times 1$$

$$F_3 = 5463.6 \text{ N}$$

**d-Effort de poinçon de trou de fixation de la pièce  $F_4$  (5mm)**

$$F_4 = (\pi \times d) \times e \times R_m \times K = P_{\text{poinçon4}} \times e \times R_m \times K$$

$$P_{\text{poinçon4}} = \pi \times 2 \times R = 3.14 \times 5 = 15.70 \text{ mm}$$

$$F_4 = 15.70 \times 1 \times 290 \times 1$$

$$F_4 = 4554 \text{ N}$$

**e-Calcul d'effort total de poinçonnage**

$$F_{Tp} = 53992.2 + (6960 \times 24) + 5463.6 + (4554 \times 12)$$

$$F_{Tp} = 281143.8 \text{ N} = 28114.38 \text{ daN} = 28.11 \text{ Tonnes}$$

**IV.4.2-Calculs de l'effort d'emboutissage**

On a L'effort d'emboutissage se calcule comme suite

$$F_E = P_{\text{poinçon5}} \cdot e \cdot R_m \cdot K$$

Avec

$F_E$  : Effort d'emboutissage en (daN).

$P_{\text{poinçon5}}$  : Périmètre de poinçon d'emboutissage (mm).

$e$  : Épaisseur de la tôle (mm) ( $e = 1 \text{ mm}$ ).

$R_m$  : La résistance de la tôle (Mpa) ( $R_m = 270 \text{ Mpa}$ ).

$K$  : Coefficient en fonction  $\frac{P_{\text{poinçon5}}}{P_{\text{flan}}}$ ;  $\left( \frac{\text{périmètre du poinçon}}{\text{périmètre de flan}} \right)$ .

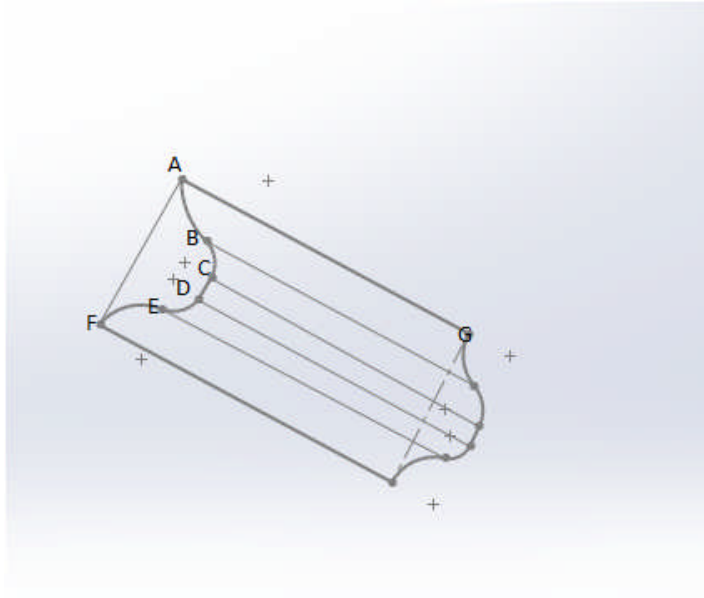
**Détermination de coefficient  $K$** 

$$K = f\left(\frac{P_{\text{poinçon5}}}{P_{\text{flan}}}\right)$$

Tableau IV.4-choix de coefficient k en fonction de  $\frac{P_{\text{poinçon5}}}{P_{\text{flan}}}$

|                                 |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| $\frac{P_{poinçon5}}{P_{flan}}$ | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 |
| $k$                             | 1    | 0.86 | 0.72 | 0.60 | 0.50 | 0.40 |

### a-Périmètre de poinçon d'emboutissage $P_{poinçon5}$



$$P_{poinçon5} = (\text{Arc}_{AB} + \text{Arc}_{BC} + CD + \text{Arc}_{DE} + \text{Arc}_{EF} + FG) \times 2$$

$$P_{poinçon5} = [(2.56 + 1.56 \times 2) + 0.18 + 254] \times 2$$

$$P_{poinçon5} = 524.84 \text{ mm}$$

### b-Calcul de périmètre du flan $P_{flan}$

Le flan à une forme rectangulaire donc son périmètre sera calculé comme suite

$$P_{flan} = (a + b) \times 2$$

$$P_{flan} = (420 + 108) \times 2$$

$$P_{flan} = 1056 \text{ mm}$$

**c -Le choix de coefficient  $K$** 

$$K = f\left(\frac{P_{\text{poinçon5}}}{P_{\text{flan}}}\right)$$

$$\frac{P_{\text{poinçon5}}}{P_{\text{flan}}} = \frac{524.48}{1056} = 0.49$$

D'après le tableau on prend  $K = 1$

**d-Effort de l'emboutissage**

$$F_E = P_{\text{poinçon5}} \times e \times R_m \times K$$

$$F_E = 524.84 \times 1 \times 270 \times 1 \\ = 141706.8 \text{ N} \quad (\times 2)$$

$$F_{T_E} = 283413.6 \text{ N}$$

**e-Calcul de l'effort de serre-flan**

$$F_{\text{Serre-flan}} = (2 - 7) \% \times F_T$$

Pour des raisons de sécurité on prend 6%.

$$F_{\text{Serre-flan}} = 6\% \times F_T$$

Avec

$$F_T = 564545.4 \text{ N}$$

$$F_{\text{Serre-flan}} = \frac{6}{100} \times 564545.4$$

$$F_{\text{Serre-flan}} = 33872.72 \text{ N}$$

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

**IV .4.3-Choix de la presse**

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

- Efforts calculés.
- L'effort de la presse doit être supérieur aux efforts utilisés.
- La nature des opérations à réaliser.

**-Calcul d'effort total de la presse  $F_{\text{presse}}$** 

$$F_{\text{Tpresse}} = F_{T_p} + F_{T_E} + F_{\text{Serre-flan}}$$

$$F_{\text{Tpresse}} = 281131.8 + 283413.6 + 33872.72$$

$$F_{\text{Tpresse}} = 598418.12 \text{ N} = 59.84 \text{ Tonnes}$$

L'entreprise ENIEM, dispose de différents types de presses et d'après les résultats obtenus dans le cadre de notre travail, nous avons opté pour une presse mécanique **TP-60 Col de cygne**, ses caractéristiques sont données par le tableau ci-dessous

**Tableau IV.5 caractéristiques de la presse TP-60 Col de cygne**

| Spécifications TP – 60            |                        |
|-----------------------------------|------------------------|
| Numéro de modèle                  | TP – 60 Col de cygne   |
| Capacité de pression              | 60 Tonnes              |
| Course du coulisseau              | 120 mm                 |
| Course par minute                 | 80 Spm                 |
| Superficie de porte – matrice     | 900 mm × 550 mm        |
| Epaisseur de porte matrice        | 80 mm                  |
| Superficie du coulisseau          | 500 mm × 400 mm        |
| Hauteur de matrice                | 290 mm                 |
| Réglage du coulisseau             | 70 mm                  |
| Largeur intérieure entre montants | 570 mm                 |
| Passage entre montants            | 285 mm                 |
| Moteur principal                  | 5.5 Kw × 4 p           |
| Pression pneumatique              | 5.7 Kg/cm <sup>3</sup> |
| Hauteur de fermeture              | 370 mm                 |
| Diamètre de trou de tige          | Φ 50 mm                |
| Poids de la machine               | 5.3 Tonnes             |

**IV.4.4-Choix de ressort d'outil de presses**

Les ressorts d'outils de presse sont des ressorts de compression peints en fil à section rectangulaire. La peinture n'a aucun effet protecteur, mais offre un codage couleur, permettant d'identifier la force du ressort, et dans les assemblages qui nécessitent une force importante, Les ressorts d'outils de presse s'avèrent un choix judicieux.

La course maximale ne doit pas être dépassée, si non la durée de vie du ressort d'outils de presse diminuera considérablement, alors pour éviter les surcharges, un ressort d'outils de presse doit toujours être installé précontrainte

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

$$F_{\text{ressort}} = \frac{F_{\text{Serre-flan}}}{N}$$

Avec

$N$  : Nombre de ressort.

Vu que l'effort total de la découpe est important, et que la géométrie de l'outil est assez importante, pour des raisons d'équilibre on utilise 12 ressorts ( $N=12$ ).

$$F_{\text{ressort}} = \frac{33872.72}{12}$$

$$F_{\text{ressort}} = 2822.72 \text{ N}$$

Pour notre outil on a choisis le ressort de charge extra forte de couleur jaune du catalogue **Rabourdin** avec les caractéristiques suivantes.

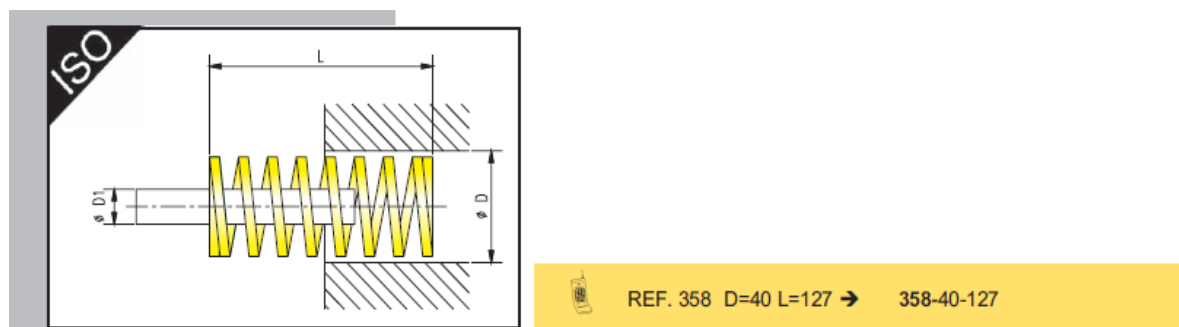


Figure IV.3- Ressort de charges extra fortes couleur jaune Réf.358

|    |                             |     |      |      |      |      |      |      |     |  |
|----|-----------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|--|
| 25 | Section du fil<br>4,1 x 3,7 | 139 | 43   | 1016 | 23,6 | 1494 | 34,8 | 2064 | 48  |  |
|    |                             | 152 | 39   | 1008 | 25,8 | 1482 | 38   | 2028 | 52  |  |
|    |                             | 305 | 21,2 | 1099 | 51,9 | 1617 | 76,3 | 2226 | 105 |  |
|    |                             | 32  | 374  | 2037 | 5,4  | 2995 | 8    | 4118 | 11  |  |
|    | 12,5                        | 38  | 346  | 2235 | 6,5  | 3287 | 9,5  | 4498 | 13  |  |
|    |                             | 44  | 244  | 1825 | 7,5  | 2684 | 11   | 3904 | 16  |  |
|    |                             | 51  | 208  | 1799 | 8,7  | 2646 | 12,8 | 3735 | 18  |  |
|    |                             | 64  | 161  | 1752 | 10,9 | 2576 | 16   | 3703 | 23  |  |
|    |                             | 76  | 131  | 1690 | 12,9 | 2485 | 19   | 3401 | 26  |  |
|    |                             | 89  | 111  | 1672 | 15,1 | 2459 | 22,3 | 3426 | 31  |  |
|    |                             | 102 | 96,3 | 1670 | 17,3 | 2456 | 25,5 | 3467 | 36  |  |
|    |                             | 115 | 85,7 | 1675 | 19,6 | 2464 | 28,8 | 3514 | 41  |  |
|    |                             | 127 | 76,3 | 1647 | 21,6 | 2423 | 31,8 | 3566 | 47  |  |
|    |                             | 152 | 63,5 | 1641 | 25,8 | 2413 | 38   | 3429 | 54  |  |
|    |                             | 178 | 53,9 | 1631 | 30,3 | 2399 | 44,5 | 3396 | 63  |  |
|    |                             | 203 | 47   | 1622 | 34,5 | 2385 | 50,8 | 3384 | 72  |  |
|    |                             | 305 | 30,9 | 1602 | 51,9 | 2356 | 76,3 | 3492 | 113 |  |
|    | Section du fil<br>5,6 x 4,6 |     |      |      |      |      |      |      |     |  |

Figure IV. 4-Catalogue Rabourdin Ressorts charges extra fortes couleur jaune Réf.358



## b-Calcul de rigidité des ressorts

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

Avec

$K$  : Raideur de ressort

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

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

$$K = \frac{2995}{8}$$

$$K = 374.37 \text{ N/mm}$$

## IV .4.5 calcul de résistance des poinçons au flambement

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

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

On a

$F_p$  : est l'effort de poinçonnage.

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

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

Avec

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

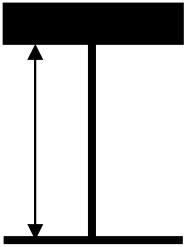
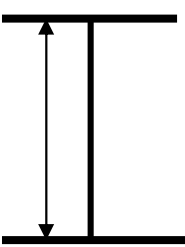
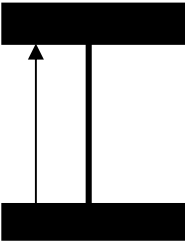
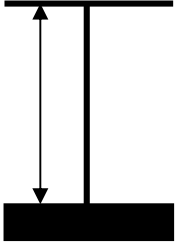
$I$  : Moment d'inertie. (**mm<sup>4</sup>**).

$l$  : Longueur libre de flambement.

Si

- **$F < F_{cr}$  La poutre reste rectiligne** et ne subit qu'un faible raccourcissement qui est du à la compression.
- **$F > F_{cr}$  La poutre se plie**, les déformations deviennent très importantes et la rupture peut intervenir très rapidement.

Tableau IV.6 : Longueurs libres de flambage en fonction du type de liaisons.

| LONGUEUR LIBRE DE FLAMBAGE |                                                                                             |                                                                                            |                                                                                               |                                                                                                 |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Type de Liaisons           | Encastré en A<br>Et Libre en B                                                              | Liaisons Pivotantes en A et B                                                              | Encastré en A<br>Et B                                                                         | Encastré en A<br>Et Pivots en B                                                                 |
| Valeurs de L               | <br>$l=2L$ | <br>$l=L$ | <br>$l=L/2$ | <br>$l=0.7L$ |

**Remarque :**

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

Sachant que la longueur  $l$  soumise au flambement est la même pour tous les poinçons

$$l = 52 \text{ mm.}$$

**a-calculs de résistance de poinçon charnière**

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

$$F_{cr} = \frac{(3.14)^2 \times 210000 \times 6349.46}{4 \times (52)^2} = \frac{9.85 \times 210000 \times 6349.46}{10816}$$

$$F_{cr} = 1214299N$$

Et on 'a d'après les calculs précédents  $F_1 = 53992.2N$

$$F_1 < F_{cr}$$

**Résultat**

Le poinçon charnière résiste au flambement.

**b- poinçon de fixation de charnière (6 mm)**

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

$$I = \frac{3.14 \times 6^4}{64}$$

$$I = 63.58 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr} = \frac{3.14^2 \times 210000 \times 63.58}{4 \times 52^2}$$

Et  $F_{cr} = 12159.32N$  on' a d'après les calculs précédents  $F_2 = 5463.6N$

$$F_2 < F_{cr}$$

### Résultat

Le poinçon de fixation de charnière (6 mm) résiste au flambement.

#### c- poinçon de trou de fixation de la pièce (5 mm)

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

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

$$F_{cr} = \frac{3.14^2 \times 210000 \times 30.66}{4 \times 52^2}$$

$$F_{cr} = 5864.33N$$

Et on 'a d'après les calculs précédents  $F_3 = 4554N$

$$F_3 < F_{cr}$$

### Résultat

Le poinçon de trou de fixation de la pièce  $F_3$  (5mm) résiste au flambement.

#### d- poinçon d'aération

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

$$I = 42.67 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr} = \frac{3.14^2 \times 210000 \times 42.67}{4 \times 52^2}$$

$$F_{cr} = 8168.35 \text{ N}$$

Et on 'a d'après les calculs précédents  $F_4 = 6960 \text{ N}$

$$F_4 < F_{cr}$$

### Résultat

Le poinçon de trou de fixation résiste au flambement.

#### e- calcul de résistance de poinçon d'emboutissage

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} \text{ (mm}^4\text{)}$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} \text{ (mm}^4\text{)}$$

$$F_{cr} = \frac{3.14^2 \times 210000 \times 1354.66}{4 \times 52^2}$$

$$F_{cr} = 259323.7 \text{ N}$$

Et on 'a d'après les calculs précédents  $F_5 = 141706.8 \text{ N}$

$$F_5 < F_{cr}$$

### Résultat

Le poinçon d'emboutissage résiste au flambement.

#### IV .4.6 - calcul de résistance des poinçons à la compression

L'effort de compression se calcul comme suite

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

Avec

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

$F$  : Effort de poinçonnage ( $\text{Mpa}$ ).

$S$  : Section du poinçon ( $\text{mm}^2$ ).

La condition de résistance à la compression est

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

Avec

$R_e$  : La limite élastique des matériaux (**Z200C12**) qui est 750 Mpa .

#### a- poinçon de fixation de charnière (6 mm)

$$\sigma_{\text{comp}} = \frac{F}{S} = \frac{5463.6}{28.27} = 193.26 \text{ N/mm}^2$$

#### b-poinçon de trou de fixation de la pièce (5 mm)

$$\sigma_{\text{comp}} = \frac{F}{S} = \frac{4553}{19.62} = 232.05 \text{ N/mm}^2$$

#### c-poinçon d'aération

$$\sigma_{\text{comp}} = \frac{F}{S} = \frac{6960}{32} = 217.5 \text{ N/mm}^2$$

#### d-poinçon de fixation de charnière

$$\sigma_{\text{comp}} = \frac{F}{S} = \frac{53992.2}{784.62} = 68.81 \text{ N/mm}^2$$

#### d-poinçon d'emboutissage

$$\sigma_{\text{comp}} = \frac{F}{S} = \frac{141706.8}{773.88} = 183.11 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

### Résultat

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

### IV.5-Calcul de barycentre de l'outil

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

Soient  $(X_1, Y_1)$ ,  $(X_2, Y_2)$ ,  $(X_3, Y_3)$ ,  $(X_4, Y_4)$  respectivement les coordonnées des centres d'inertie des poinçons :  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$ ,  $G_4$ .

$G_1$  : centre d'inertie du poinçon aération gauche.

$G_2$  : centre d'inertie du poinçon aération droite.

$G_3$  : centre d'inertie du poinçon charnière.

$G_4$  : centre d'inertie du poinçon 6 mm.

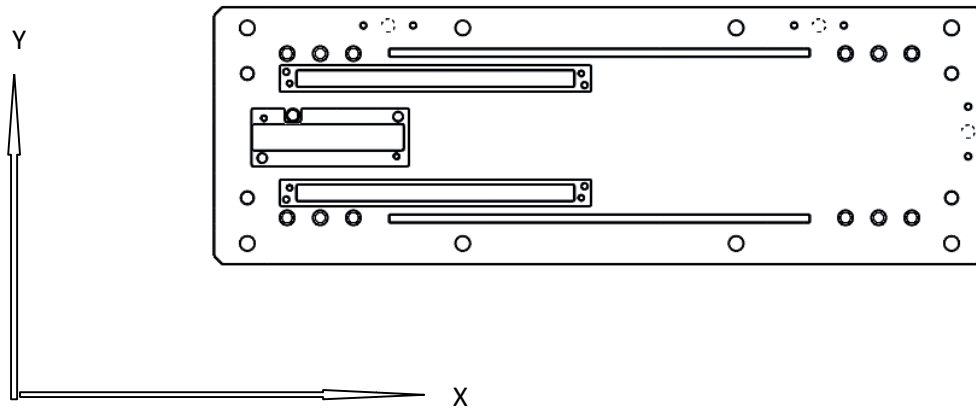


Figure IV.5 : position des centres de gravité.

Le centre d'inertie des efforts de poinçonnage s'écrit comme suit :

$$X_G = \sum_{i=1}^4 F_i \cdot X_i / \sum_{i=1}^4 F_i$$

$$Y_G = \sum_{i=1}^4 F_i \cdot Y_i / \sum_{i=1}^4 F_i$$

Tableau IV.7-Centre d'inertie des efforts de poinçon

| G <sub>i</sub>     | X <sub>i</sub> (mm) | Y <sub>i</sub> (mm) | F <sub>i</sub> (N) |
|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| G <sub>1</sub>     | -99                 | 34.5                | 100800             |
| G <sub>2</sub>     | -99                 | -34.5               | 100800             |
| G <sub>3</sub>     | -160.08             | -1.06               | 53992.2            |
| G <sub>4</sub>     | -185                | 12.33               | 5463.6             |
| $\sum_{i=1}^4 F_i$ |                     |                     | 261055.8           |

**Pour les abscisses :**

$$F_1 \cdot X_1 = 100800 \times (-99) = -9979200 \text{ N. mm.}$$

$$F_2 \cdot X_2 = 100800 \times (-99) = -9979200 \text{ N. mm.}$$

$$F_3 \cdot X_3 = 53992.2 \times (-160.08) = -8643071.37 \text{ N. mm.}$$

$$F_4 \cdot X_4 = 5463.6 \times (-185) = -1010766 \text{ N. mm.}$$

$$\sum_{i=1}^4 F_i \cdot X_i = -29612237.38 \text{ N. mm}$$

$$X_G = - \frac{29612237.36}{261055.8} = -113.43 \text{ mm}$$

$$X_G = 113.43 \text{ mm}$$

**Pour les ordonnées :**

$$F_1.Y_1 = 100800 \times (34.5) = 3477600 \text{ N. mm}$$

$$F_2.Y_2 = 100800 \times (-34.5) = -3477600 \text{ N. mm}$$

$$F_3.Y_3 = 53992.2 \times (-1.06) = -57231.73 \text{ N. mm}$$

$$F_4.Y_4 = 5463.6 \times (12.33) = 67366.18 \text{ N. mm}$$

$$\sum_{i=0}^n F_i.Y_1 = 10134.45 \text{ N. mm}$$

$$Y_G = 10134.45 / 261055.8 = 0.03 \text{ mm}$$

$$Y_G = 0.03 \text{ mm}$$

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

$$X_G = 113.43 \text{ mm}$$

$$Y_G = 0.03 \text{ mm}$$

**IV.6–conception de l'outil**

Notre outil emboutissage-poinçonnage qu'on a proposé dans cette étude est constitué de plusieurs éléments, ses parties essentielles sont comme suite :

**IV.6.1-semelle inferieur (planche 17)**

C'est une plaque sur laquelle la matrice inferieur sera fixé avec des vises, son épaisseur doit être suffisante pour résister aux efforts de poinçonnage et emboutissage.

**IV.6.2-La matrice (planche 14)**

C'est le «support d'empreinte» du poinçon et la partie inferieur de l'outil, comporte des chambres où des canons seront logés, elle doit être suffisamment épaisse pour supporter l'effort de serre flan.

**IV.6.3-Embases inferieur (planche 22)**

Dans les quelles les colonnes de guidage sont fixées pour le guidage de l'outil.

**IV.6.4-Colonnes de guidage (planche 23)**

Elles servent à guider l'outil, elles coulisent dans les embases supérieures et fixées dans les embases inferieurs.

**IV.6.5- Les butées (planche 16)**

Servent à bloquer le déplacement du flan, elles assurent son bon guidage.

#### **IV.65.6-Les canons (planches 9, 10, 11, 12, 13, 14,15)**

Support empreinte auquel on ajoute un jeu de quelques dixièmes de millimètres, ils sont logés à l'intérieur de la matrice.

#### **IV.6.7- Porte poinçons (planche 7)**

Il sert à fixer, guider les différents poinçons et supporter le serre flan.

#### **IV.6.8-Les poinçons (planches 1, 2, 3, 4, 5, 6,7.)**

Ce sont les éléments les plus essentiels dans l'outil, ils permettent de laisser une empreinte sur un flan selon leurs formes géométriques. Pour que les poinçons résistent aux efforts de coupe, on doit vérifier leurs résistances à l'effort de compression et au flambement.

#### **IV.6.9-Les ressorts (planche 9)**

Ces les éléments qui assurent le dévetissage.

#### **IV.6.10-Embases supérieurs (planche 21)**

Dans les quelles les colonnes de guidage glisse dans le but de guider l'outil.

#### **IV.6.11-serre flan (dévêtitseur) (planche 15)**

Utilisé dans le but de serrer le flan qui doit être emboutie et poinçonné, il doit être suffisamment résistant et sa face de contact avec le flan doit être en bon état de surface.

### **IV.7- Conclusion**

Dans ce dernier chapitre, on a réussi à étudier et concevoir un outil emboutissage-poinçonnage qui sert à fabriquer des cornières pour la contre porte de la cuisinière.

Les différents calculs effectués successivement nous ont permis de faire le choix de la presse et la position adéquate de l'outil sur la table de la presse.

Tous les poinçons de l'outil emboutissage-poinçonnage résistent au phénomène de flambement et à l'effort de compression.



## Détails de l'outil emboutissage poinçonnage

**Planche 1 :** Poinçon 5 mm.

**Planche 2 :** Poinçon 6 mm.

**Planche 3 :** Poinçon aération.

**Planche 4 :** Poinçon charnière.

**Planche 5 :** Poinçon emboutissage gauche.

**Planche 6 :** Poinçon emboutissage droite.

**Planche 7 :** Porte poinçon.

**Planche 8 :** Ressort.

**Planche 9 :** Canon 5 mm.

**Planche 10 :** Canon aération gauche.

**Planche 11 :** Canon aération droite.

**Planche 12:** Canon charnière

**Planche 13:** Canon 6 mm.

**Planche 14 :** Matrice.

**Planche 15 :** Serre flan (dévêtisseur)

**Planche 16 :** Butée.

**Planche 17 :** Semelle supérieure

**Planche 18 :** Semelle inférieure

**Planche 19 :** Pied d'appui 1.

**Planche 20 :** Pied d'appui 2.

**Planche 21 :** Embase supérieure.

**Planche 22 :** Embase inférieure.

**Planche 23 :** Colonnes de guidage.

**Planche 24 :** Cornière.

**Planche 25 :** Assemblage porte poinçons+poinçons.

**Planche 26 :** Assemblage vis d'écartement+poinçons.

**Planche 27 :** Assemblage matrice+canons.

**Planche 28 :** Assemblage fini.

## Conclusion générale

Cette étude nous a permis d'appliquer les informations acquises au cours de notre parcours universitaire, et elle a élargie nos connaissances dans le domaine de la mise en forme des tôles qui occupent une importante place dans les différents secteurs industriels , ainsi que le choix des matériaux à utiliser selon le besoin désiré, ce qui nous a préparé pour mieux affronter le domaine professionnel.

Les aciers sont les plus couramment employés dans les applications industrielles grâce à leurs propriétés mécaniques et chimiques.

La mise en forme des pièces mécaniques se réalise avec des presses de différents types, et le choix de celle qui convient dépend de différents paramètres comme la nature des opérations à réaliser et l'effort de la presse qui doit être supérieure aux efforts utilisés.

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

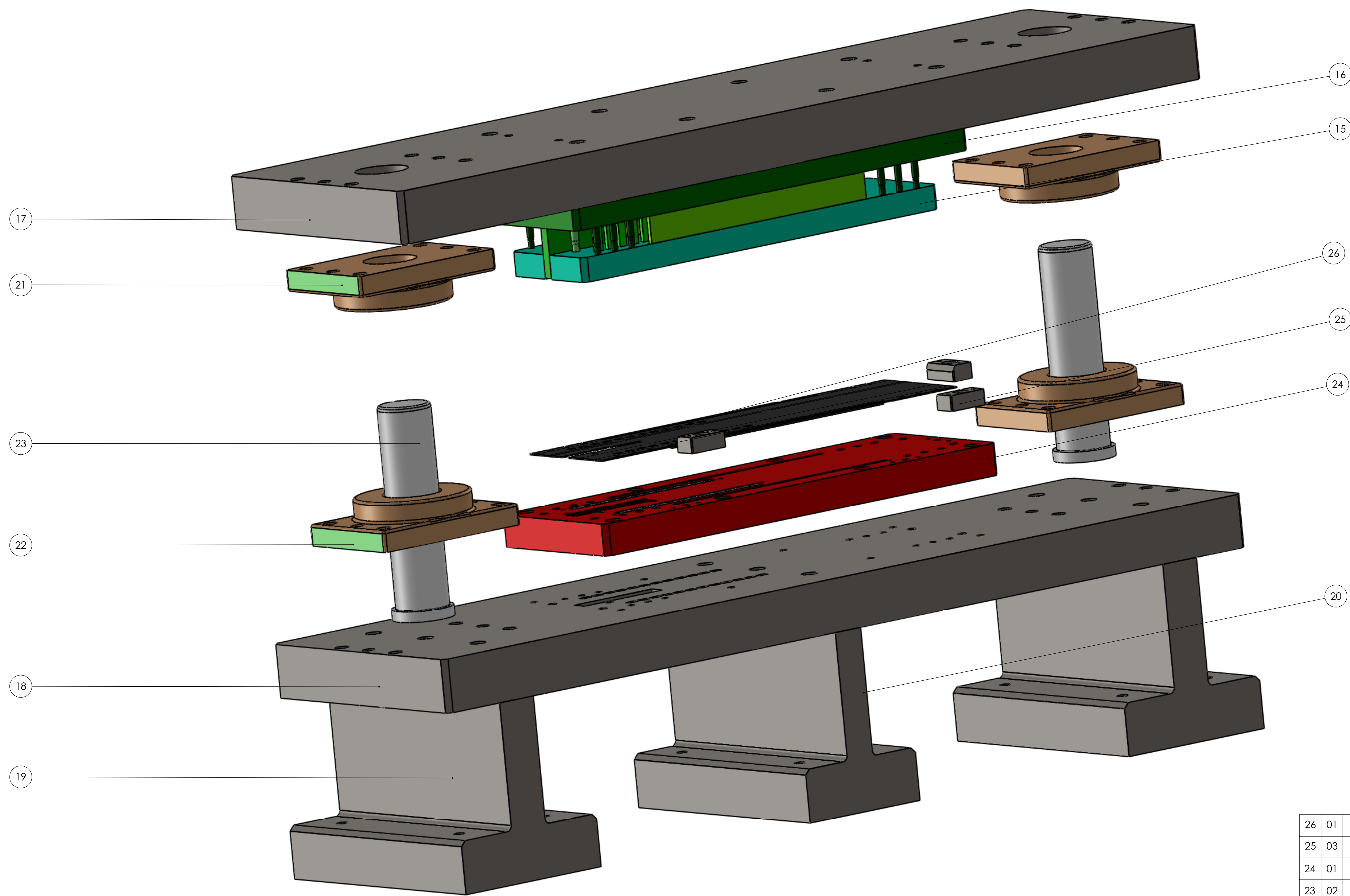
La conception de l'outil est faite d'une manière simple dans le but de faciliter sa réalisation, sa maintenance, ainsi de garantir une durée de vie élevée avec un prix de revient plus bas.

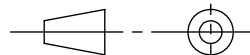
Notre outil d'emboutissage-poinçonnage réalisera la pièce dans son état déplié, ce qui veut dire qu'elle n'est pas encore finie, la pièce doit passer par un autre outil de pliage pour sa finition.

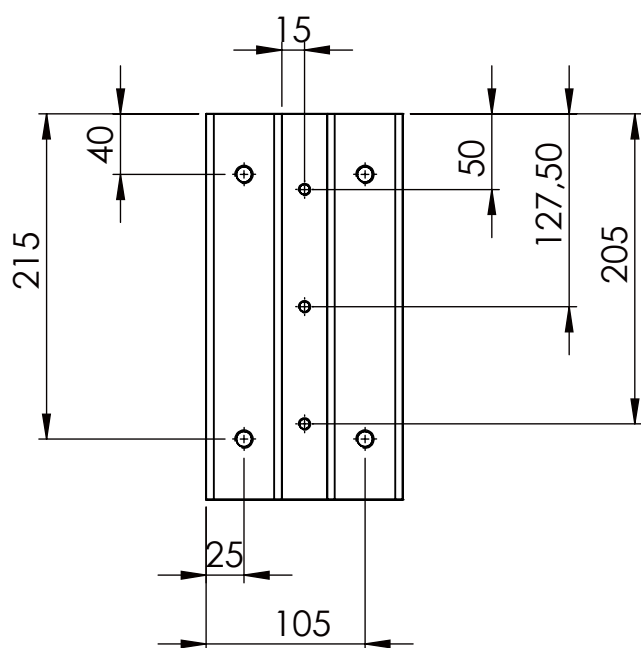
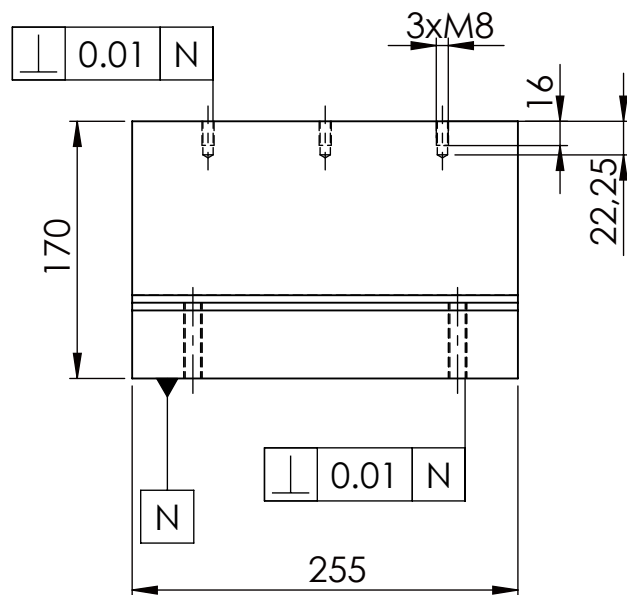
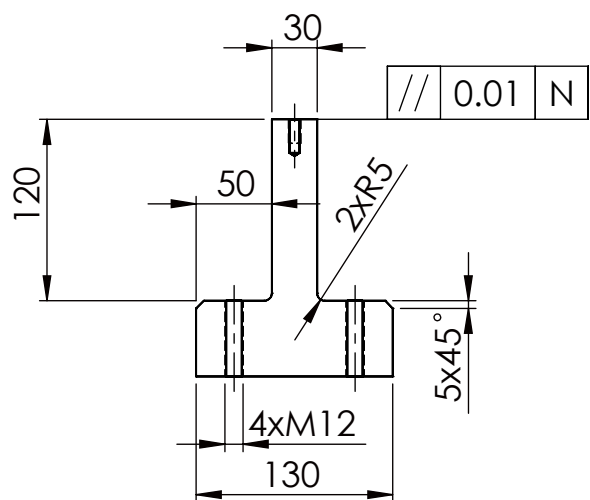
Ce travail constitue une collaboration de plus dans le domaine, en effet il reste ouvert aux critiques dans le sens de son amélioration.

## **Bibliographie**

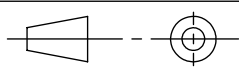
- [1] :L.KASDI, N.GARAH, Amélioration des performances et du pilotage d'un système de production, cas unité cuisson ENIEM, Thèse d'ingénieur, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Juin 2016.
- [2] :L.ARAB-HALATA, Impact de la certification environnementale ISO 14001 Sur la performance environnementale d'une entreprise Algérienne : cas de l'Entreprise Nationale des Industries De l'Électroménager (ENIEM), Mémoire de magistère, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Juin 2012.
- [3] :M.JERBI, Procédés de mise en forme, Support de cours, Institut supérieur des études technologiques de Nabeul, Année universitaire 2017-2018.
- [4] : SNDL : Techniques de l'ingénieur.
- [5] :K.ZOUAOUID, Analyse avec Spectroscopie d'électron Auger de la réaction entre des couches minces en Chrome et des substrats en Acier, Thèse d'ingénieur, Université Kasdi Merbah Ouargla, Juin 2012.
- [6] :F.BOUNAB, Evolutions microstructurales Lors des traitements thermiques imposés à un acier faiblement allié (53MnSi4), Thèse d'ingénieur, Université Med Khider Biskra, Année 2013.
- [7] :L.AIT AMRANE, DJERDIA ,Étude et conception d'un outil de pliage pour la réalisation d'une pièce de réfrigérateur ENIEM, Thèse d'ingénieur, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, année 2016.
- [8] :F.LEROY, J.SALEIL, Les aciers spéciaux de construction mécanique, QSJ, Presse universitaire de France.
- [9] :G.SABATIER, F.RAGUSA, H.ANTZ, Manuel de technologie mécanique.
- [10] :L.GIRARDOT, Technologie professionnelle pour l'outilleur, Découpage-Cambrage-Emboutissage, Faucher paris.
- [10] : Composants standard pour moule et outillage, Rabourdin industrie.
- [11] : Documents E.N.I.E.M.
- [12] : Guide de dessin industriel «Chevalier», 2004.



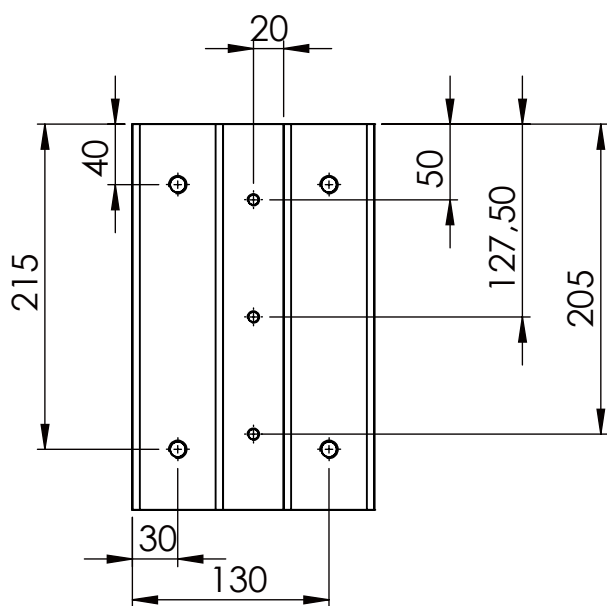
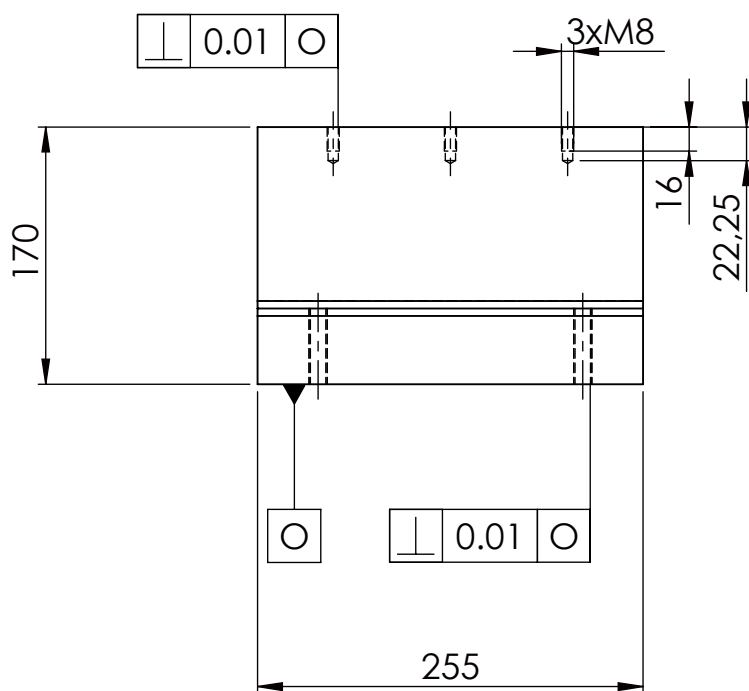
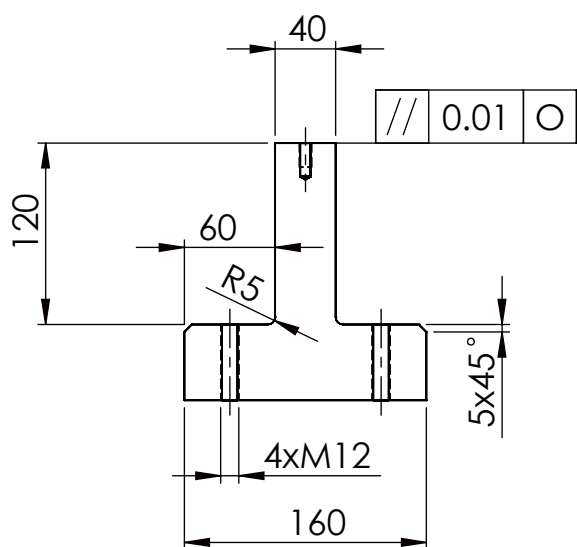
|                                                                                       |     |                                   |         |                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------------------------|
| 26                                                                                    | 01  | Corniere                          |         |                                     |
| 25                                                                                    | 03  | Butée                             | E24     |                                     |
| 24                                                                                    | 01  | Matrice                           | Z200C12 | Trempée                             |
| 23                                                                                    | 02  | Colonne de guidage                | XC65    | Element standart                    |
| 22                                                                                    | 02  | Embase inferieure                 | XC65    |                                     |
| 21                                                                                    | 02  | Embase superieure                 | XC65    |                                     |
| 20                                                                                    | 01  | Pied d'appuit 2                   | E24     |                                     |
| 19                                                                                    | 02  | Pied d'appuit 1                   | E24     |                                     |
| 18                                                                                    | 01  | Semelle inferieure                | E24     |                                     |
| 17                                                                                    | 01  | Semelle superieure                | E24     |                                     |
| 16                                                                                    | 01  | Porte poinçons                    | Z200C12 | Trempé                              |
| 15                                                                                    | 01  | Serre flan                        | E24     |                                     |
| Rep                                                                                   | Nbr | Désignation                       | Matiere | Observtions                         |
| Echelle:<br>1:2                                                                       |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F<br>OULD BEN HAMMOU.C |
|  |     |                                   |         | Planche N°: 28                      |
| A1                                                                                    |     | FGC UMMTO                         |         | M2 CM                               |



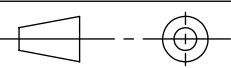
IT=0.01

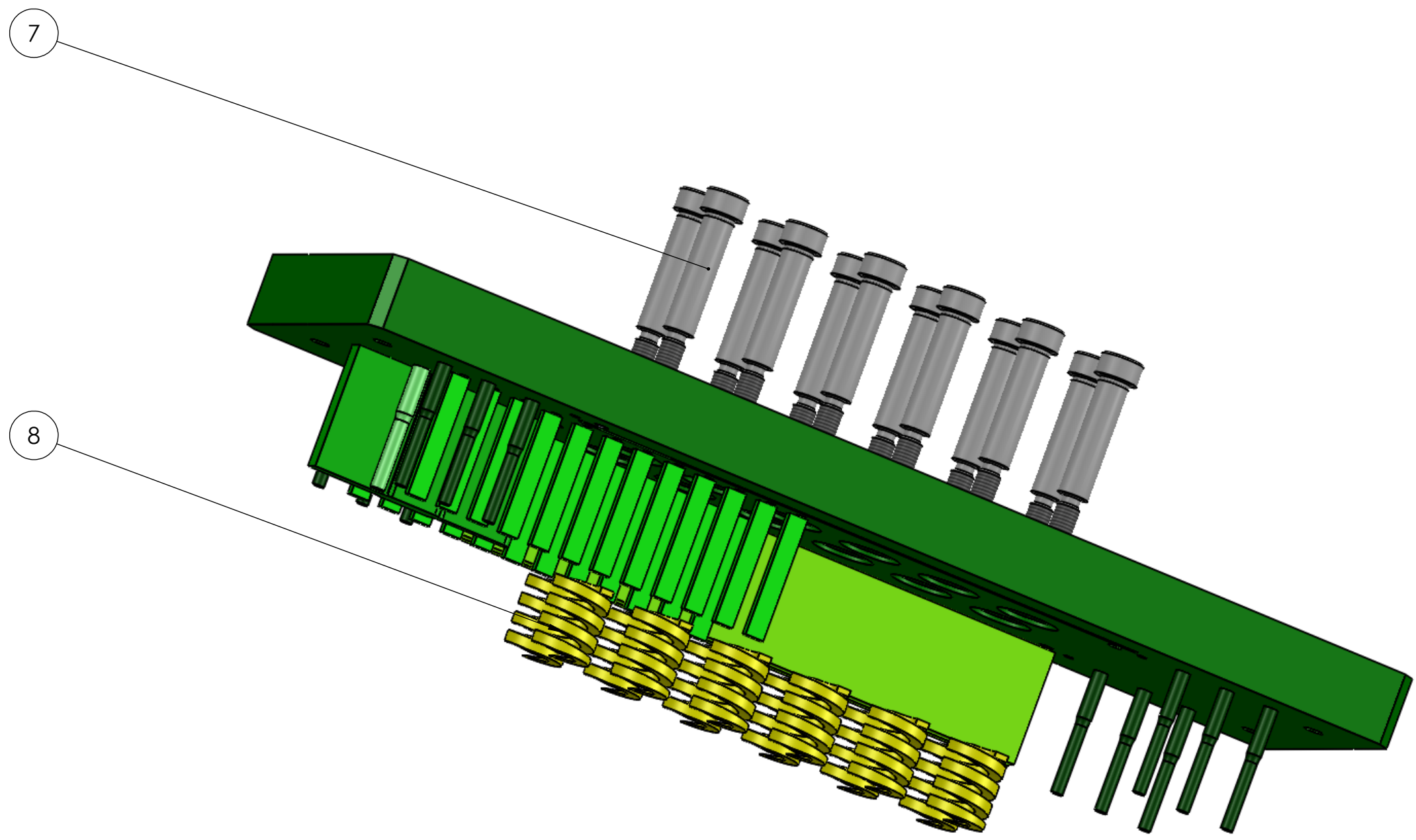
|                                                                                     |     |                                   |         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------|
| 20                                                                                  | 2   | Pied d'appuit 2                   | E 24    |                   |
| Rep                                                                                 | Nbr | Désignation                       | Matiere | Observations      |
| Echelle:<br>1:5                                                                     |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F    |
|  |     |                                   |         | OULD BEN HAMMOU.C |
| A4                                                                                  |     | FGC UMMTO                         |         | Planche N°: 20    |
|                                                                                     |     |                                   |         | M2 CM             |

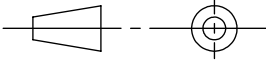


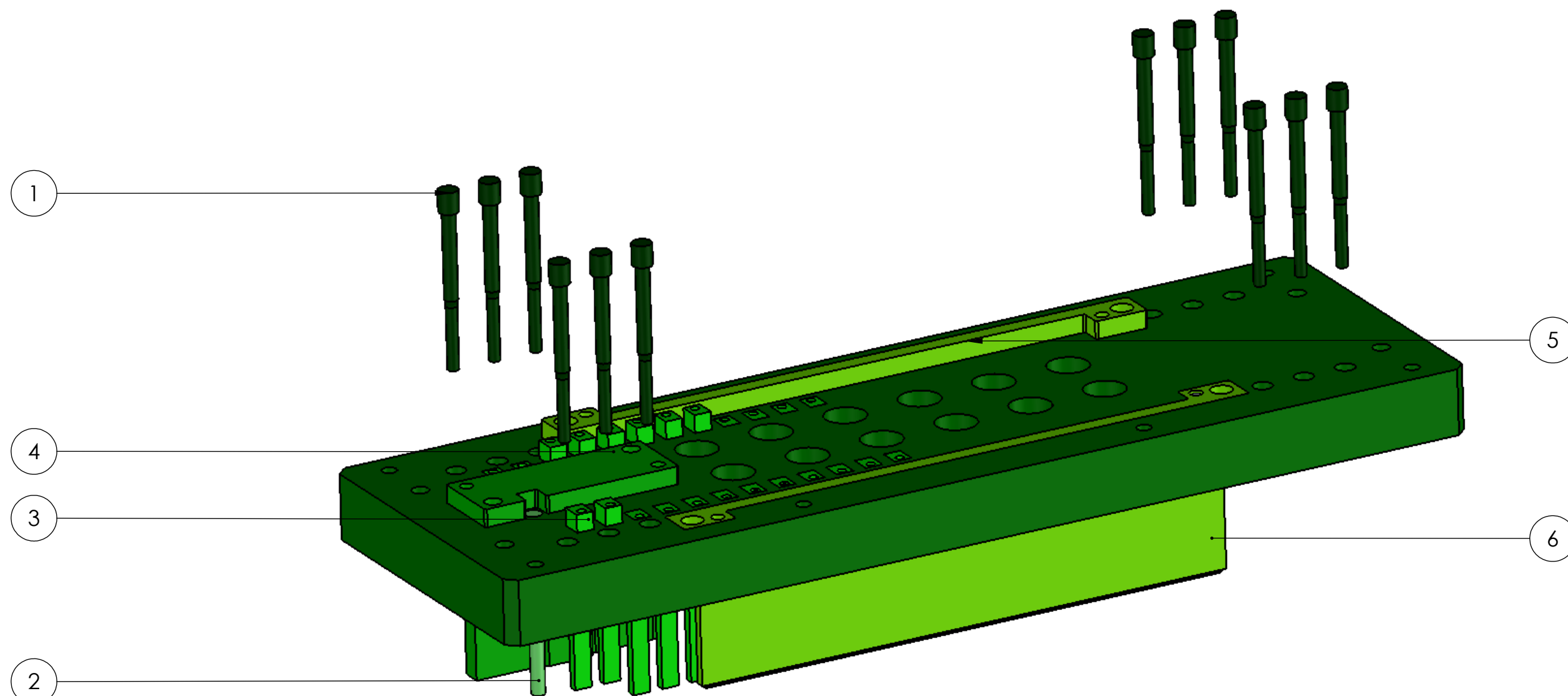


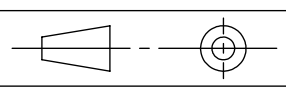
IT=0.01

|                                                                                     |     |                                   |         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------|
| 19                                                                                  | 1   | Pied d'appuit 1                   | E24     |                   |
| Rep                                                                                 | Nbr | Désignation                       | Matiere | Observations      |
| Echelle:<br>1:5                                                                     |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F    |
|  |     |                                   |         | OULD BEN HAMMOU.C |
| A4                                                                                  |     | FGC UMMTO                         |         | Planche N°:19     |
|                                                                                     |     |                                   |         | M2 CM             |

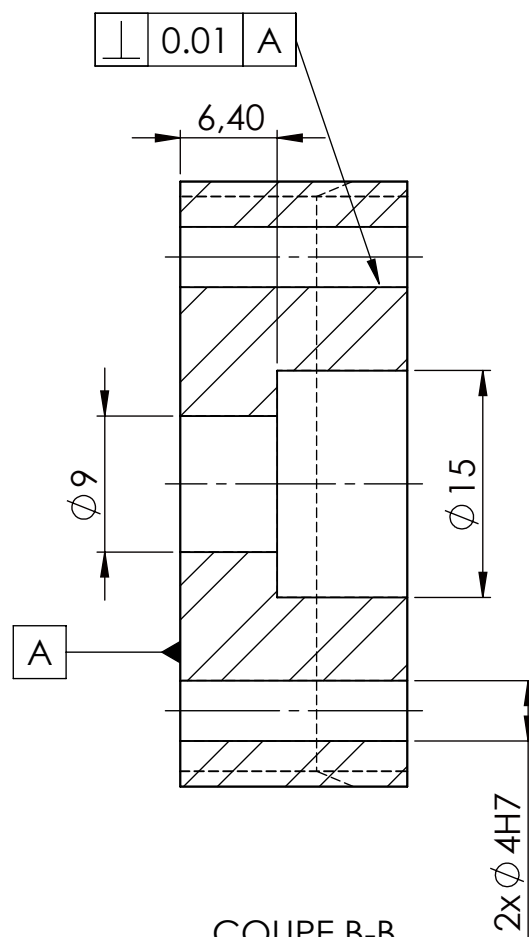
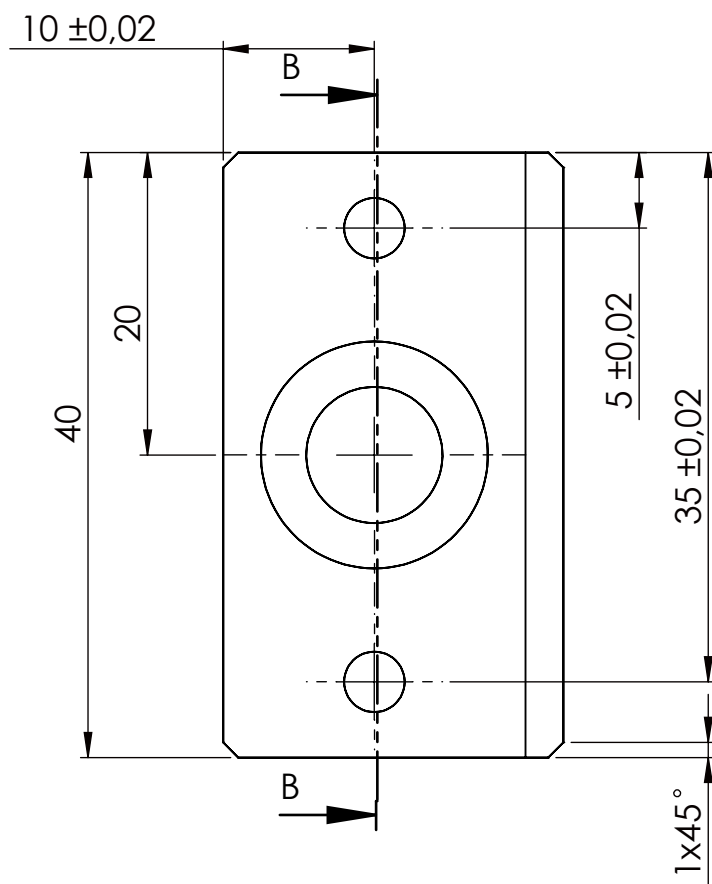


|                                                                                       |     |                                   |         |                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------------------------|
| 07                                                                                    | 12  | vis d'ecartement                  |         |                                     |
| 08                                                                                    | 12  | Ressort                           | 51SI7   |                                     |
| Rep                                                                                   | Nbr | Désignation                       | Matière | Observations                        |
| Echelle:<br>1:2                                                                       |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F<br>OULD BEN HAMMOU.C |
|  |     |                                   |         | Planche N°: 26                      |
| A3                                                                                    |     | FGC UMMTO                         |         | M2 CM                               |

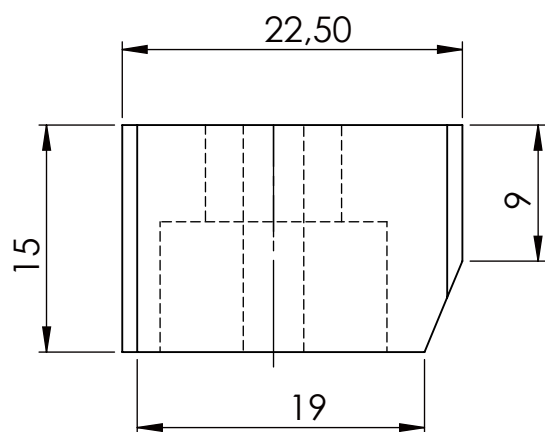


|                                                                                       |     |                                   |         |                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------------------------|
| 06                                                                                    | 01  | poinçon emboutissage droite       | Z200C12 | Trempé                              |
| 05                                                                                    | 01  | poinçon emboutissage gauche       | Z200C12 | Trempé                              |
| 04                                                                                    | 01  | poinçon charniere                 | Z200C12 | Trempé                              |
| 03                                                                                    | 24  | poinçon aération                  | Z200C12 | Trempé                              |
| 02                                                                                    | 01  | poinçon 6mm                       | Z200C12 | Trempé                              |
| 01                                                                                    | 12  | poinçon 5mm                       | Z200C12 | Trempé                              |
| Rep                                                                                   | Nbr | Désignation                       | Matière | Observations                        |
| Echelle:<br>1:2                                                                       |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F<br>OULD BEN HAMMOU.C |
|  |     |                                   |         | Planche N°: 25                      |
| A3                                                                                    |     | FGC UMMTO                         |         | M2CM                                |

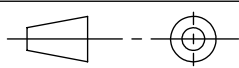


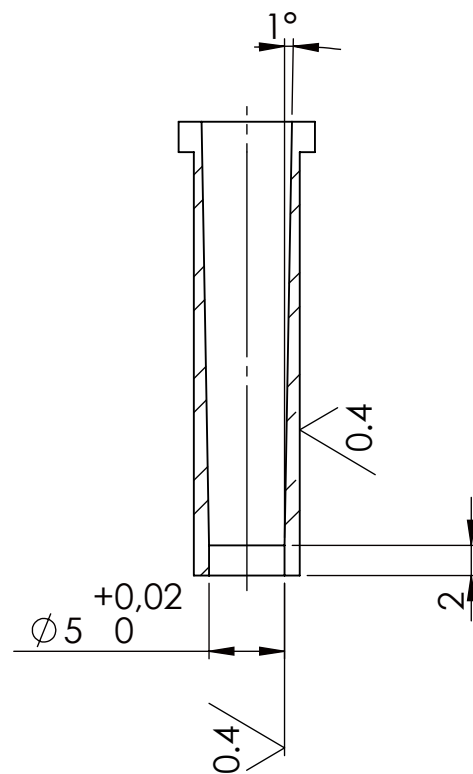
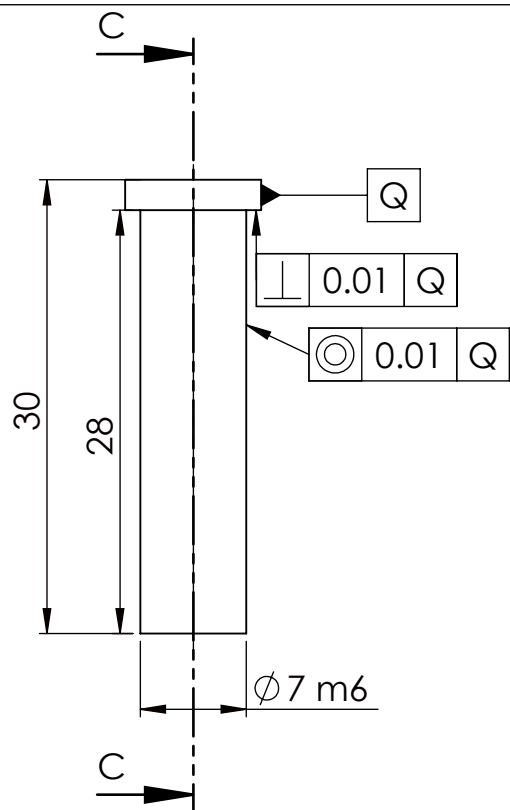


COUPE B-B  
ECHELLE 2 : 1

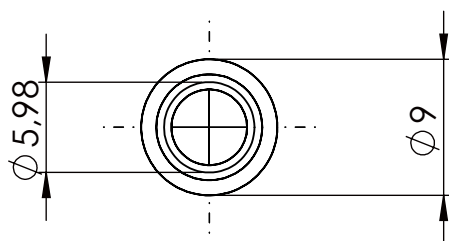


IT=0.01 Sauf indication

|                                                                                     |     |                                   |         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------|
| 25                                                                                  | 3   | Butée                             | E 24    |                   |
| Rep                                                                                 | Nbr | Désignation                       | Matiere | Observations      |
| Echelle:<br>2:1                                                                     |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F    |
|  |     |                                   |         | OULD BEN HAMMOU.C |
|                                                                                     |     |                                   |         | PlancheN°: 16     |
| A4                                                                                  |     | FGC UMMTO                         |         | M2 CM             |

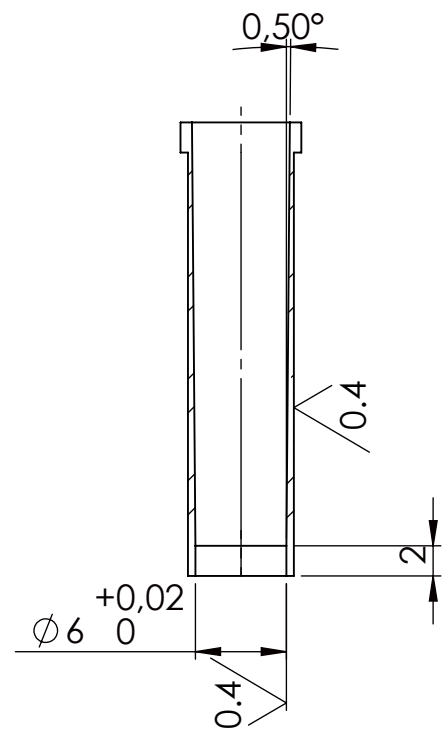
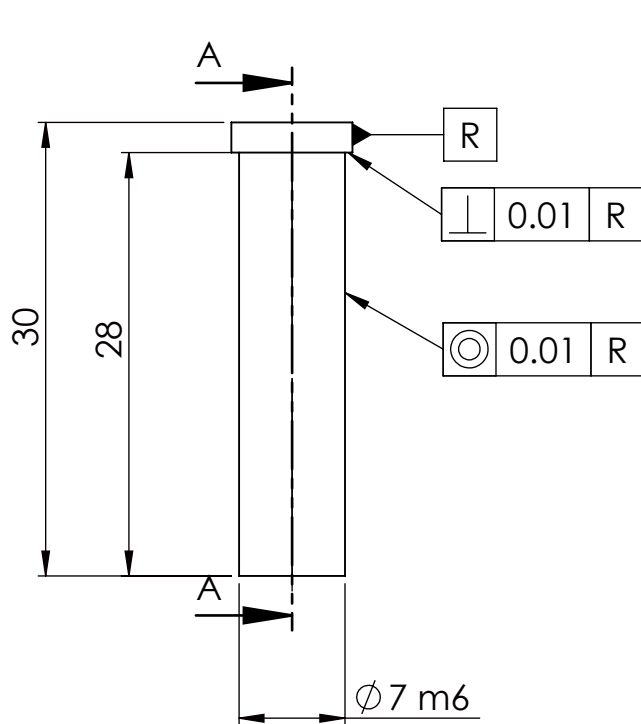


COUPE C-C

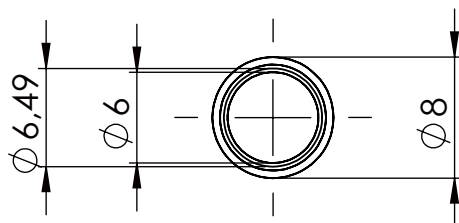


IT=0.01 Sauf indication

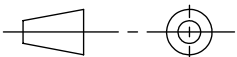
|                                                                                     |     |                                   |         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------|
| 09                                                                                  | 12  | Canon 5 mm                        | Z200C12 | Trempé            |
| Rep                                                                                 | Nbr | Désignation                       | Matiere | Observations      |
| Echelle:<br>2:1                                                                     |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F    |
|  |     |                                   |         | OULD BEN HAMMOU.C |
|                                                                                     |     |                                   |         | Planche N°: 09    |
| A4                                                                                  |     | FGC UMMTO                         |         | M2 CM             |

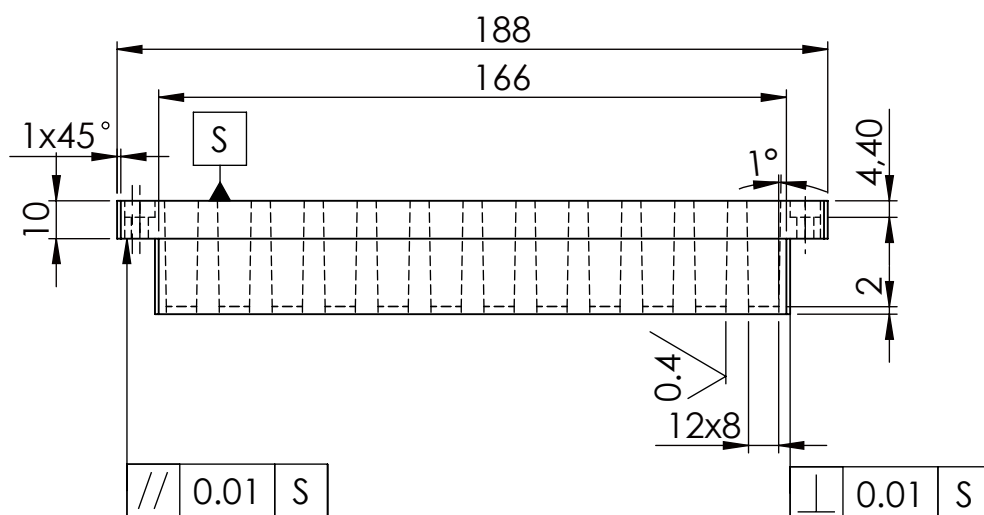
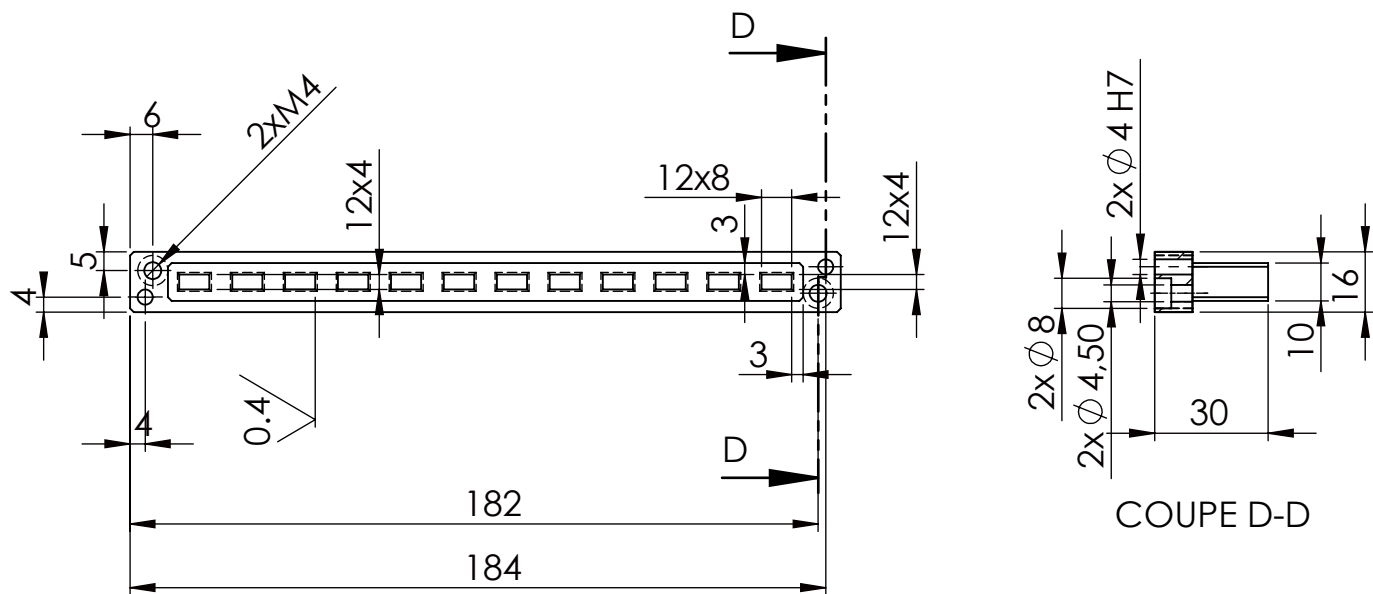


COUPE A-A

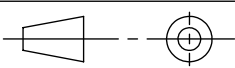


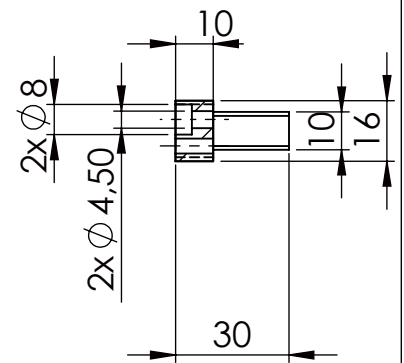
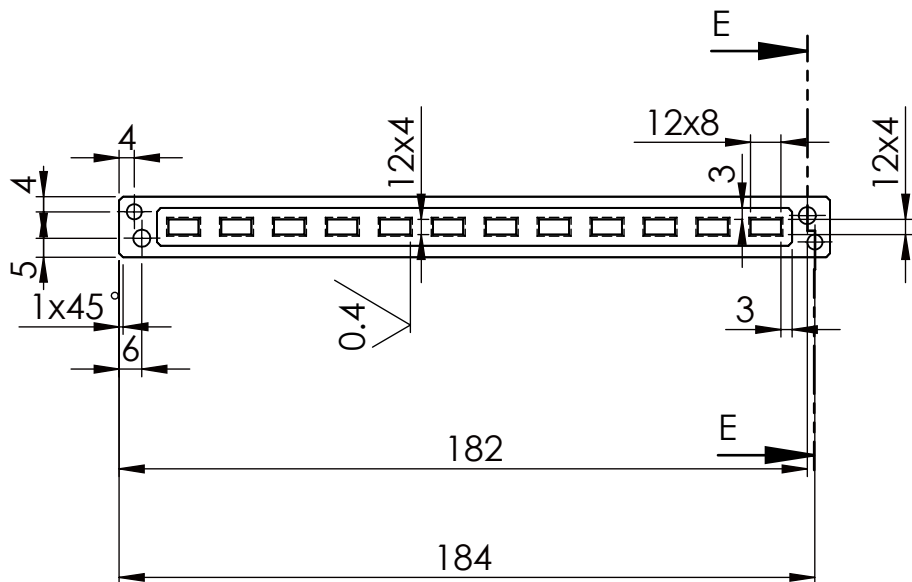
IT=0.01 Sauf indication

|                                                                                     |     |                                   |         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------|
| 13                                                                                  | 01  | Canon 6 mm                        | Z200C12 | Trempé            |
| Rep                                                                                 | Nbr | Désignation                       | Matiere | Observations      |
| Echelle:<br>2:1                                                                     |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F    |
|  |     |                                   |         | OULD BEN HAMMOU.C |
|                                                                                     |     |                                   |         | Planche N°: 13    |
| A4                                                                                  |     | FGC UMMTO                         |         | M2 CM             |

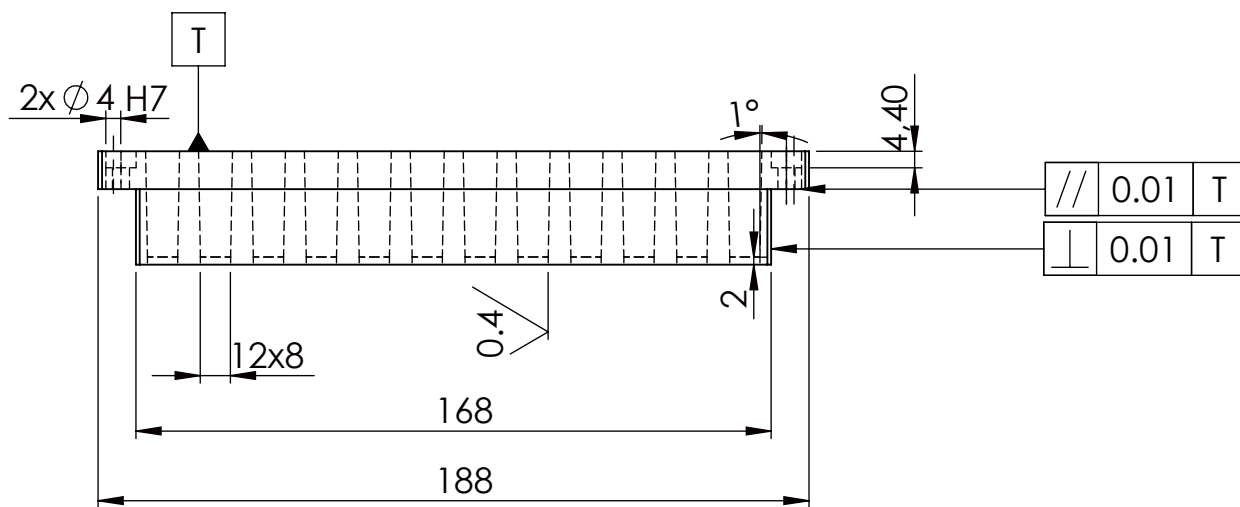


IT=0.01 Sauf indication

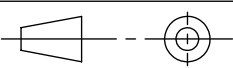
|                                                                                     |     |                                   |         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------|
| 11                                                                                  | 01  | Canon aération gauche             | Z200C12 | Trempé            |
| Rep                                                                                 | Nbr | Désignation                       | Matiere | Observations      |
| Echelle:<br>1:2                                                                     |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F    |
|  |     |                                   |         | OULD BEN HAMMOU.C |
|                                                                                     |     |                                   |         | Planche N°:11     |
| A4                                                                                  |     | FGC UMMTO                         |         | M2 CM             |

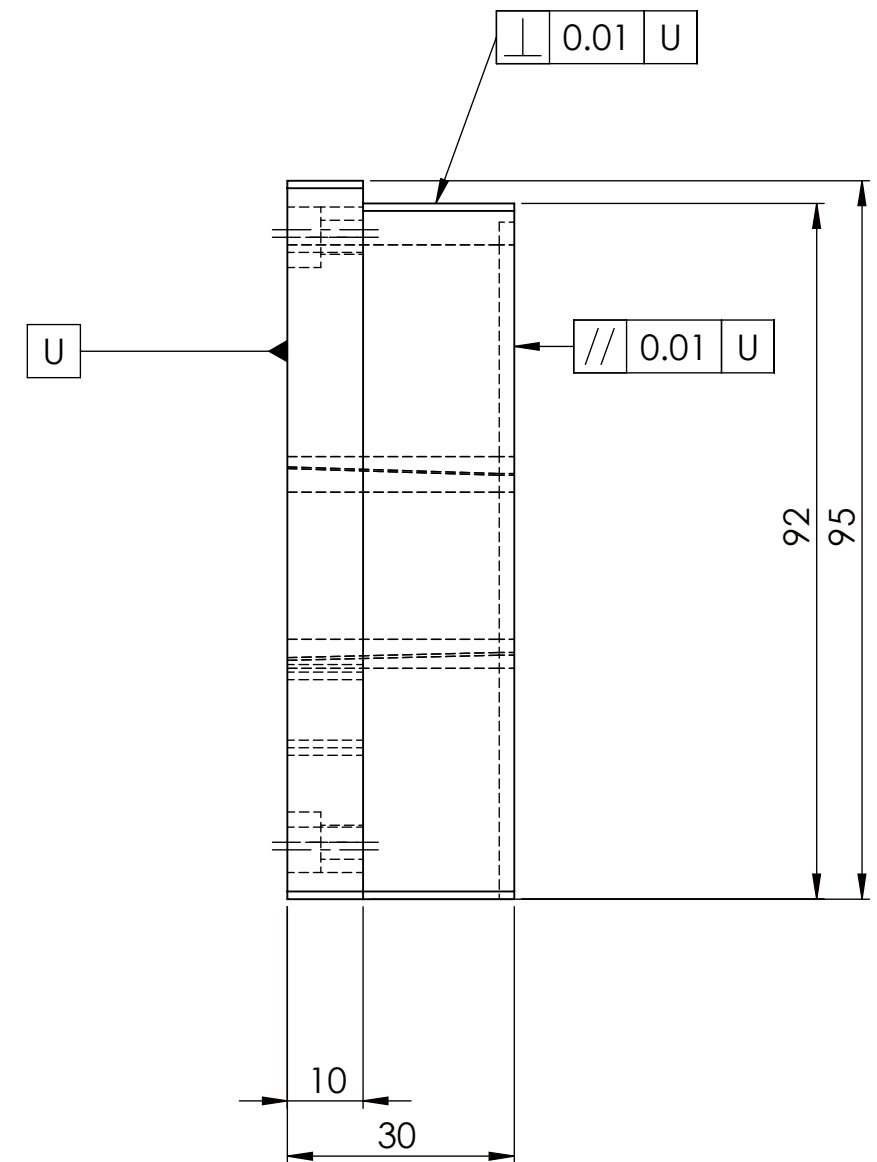
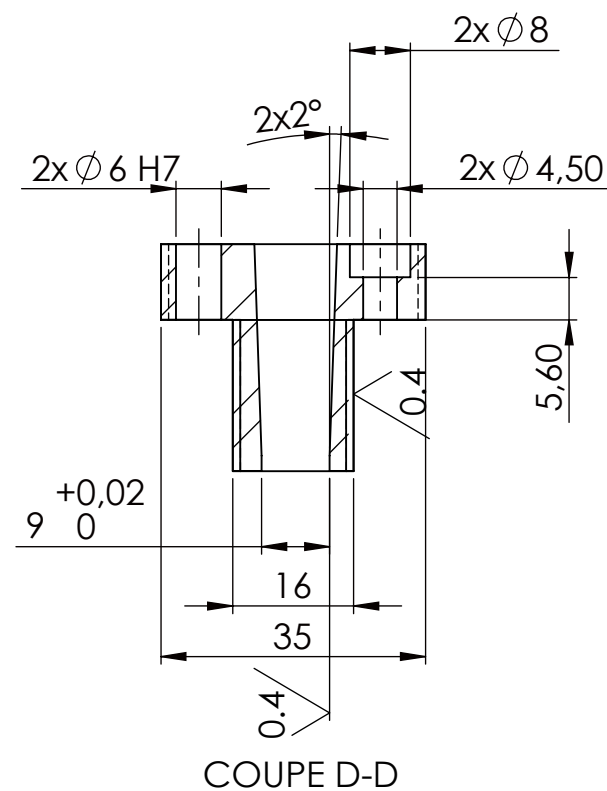
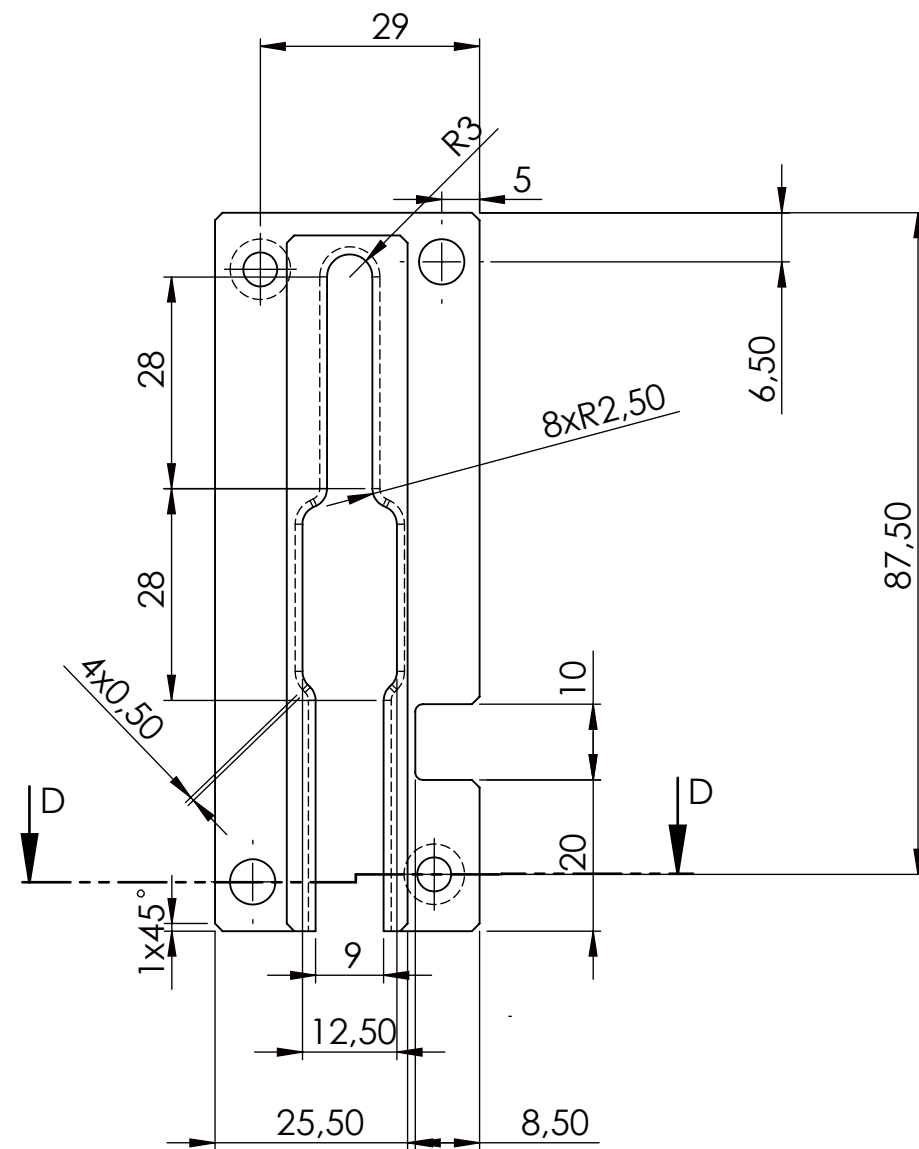


COUPE E-E

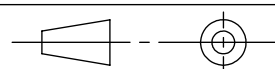


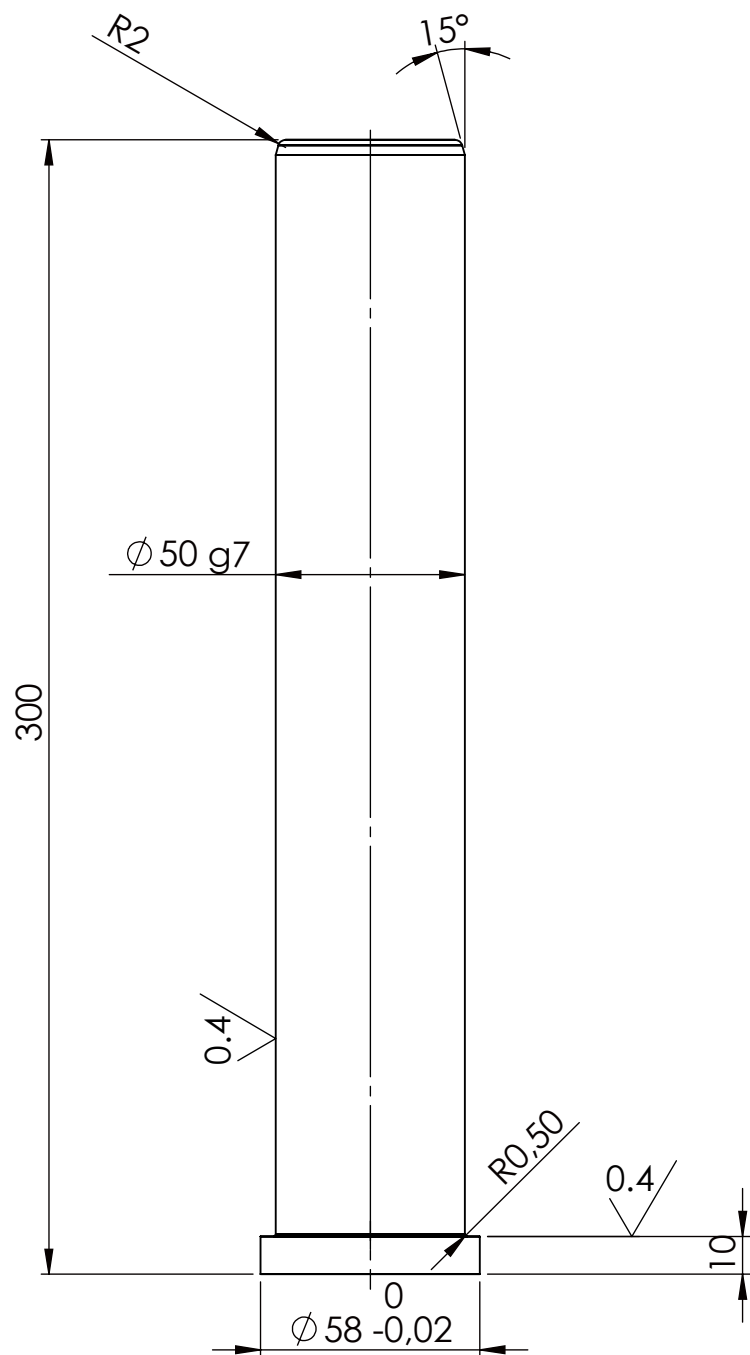
IT=0.01 Sauf indication

|                                                                                     |     |                                   |         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------|
| 10                                                                                  | 01  | Canon aération droite             | Z200C12 | Trempé            |
| Rep                                                                                 | Nbr | Désignation                       | Matiere | Observations      |
| Echelle:<br>1:2                                                                     |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F    |
|  |     |                                   |         | OULD BEN HAMMOU.C |
|                                                                                     |     |                                   |         | Planche N°:10     |
| A4                                                                                  |     | FGC UMMTO                         |         | M2 CM             |

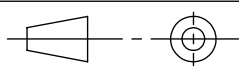


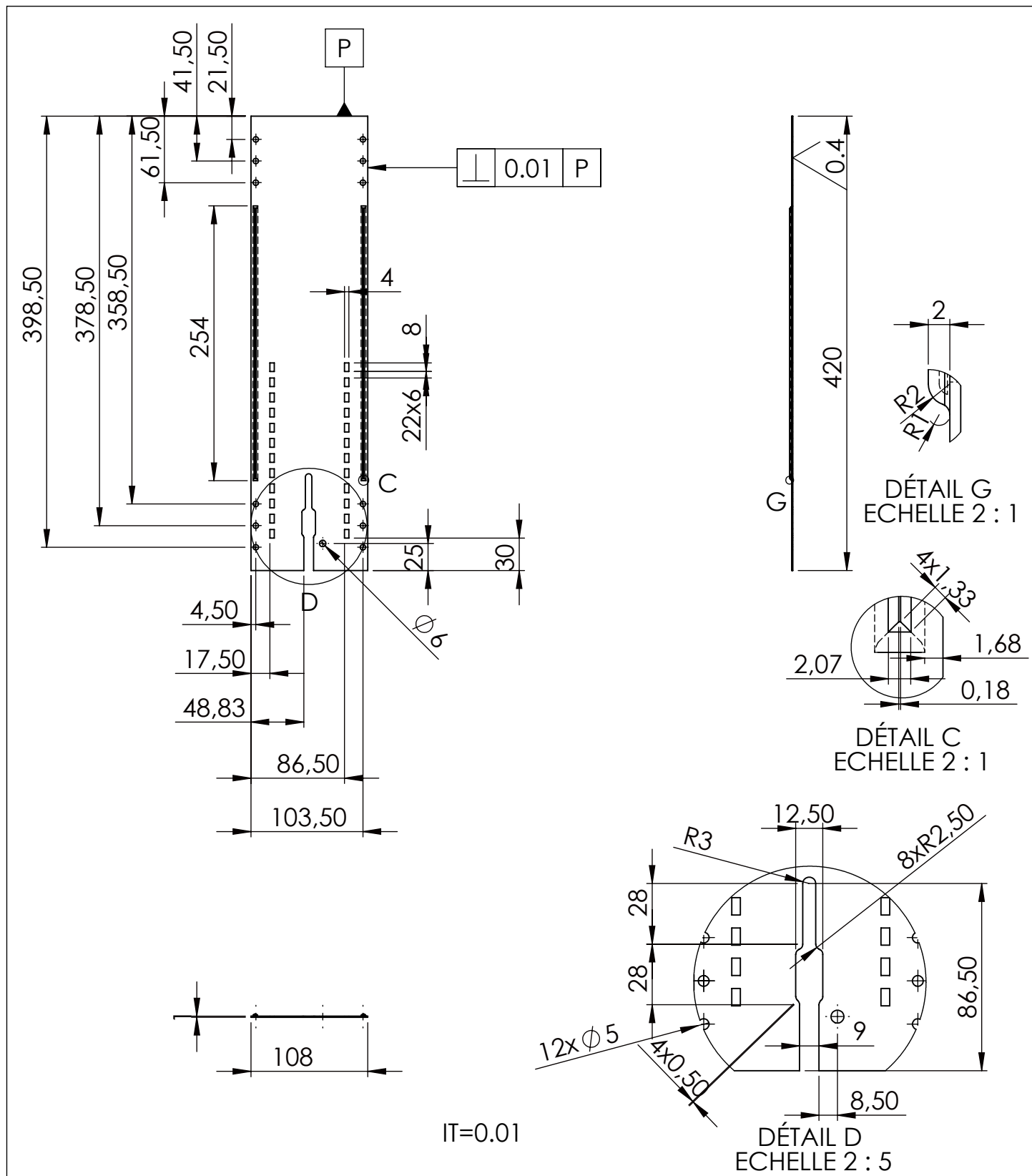
IT=0.01 Sauf indication

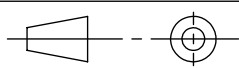
|                                                                                       |     |                                   |         |                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------------------------|
| 12                                                                                    | 01  | Canon charniere                   | Z200C12 | Trempé                              |
| Rep                                                                                   | Nbr | Désignation                       | Matière | Observations                        |
| Echelle:<br>1:1                                                                       |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F<br>OULD BEN HAMMOU.C |
|  |     |                                   |         | Planche N°:12                       |
| A3                                                                                    |     | FGC UMMTO                         |         | M2CM                                |



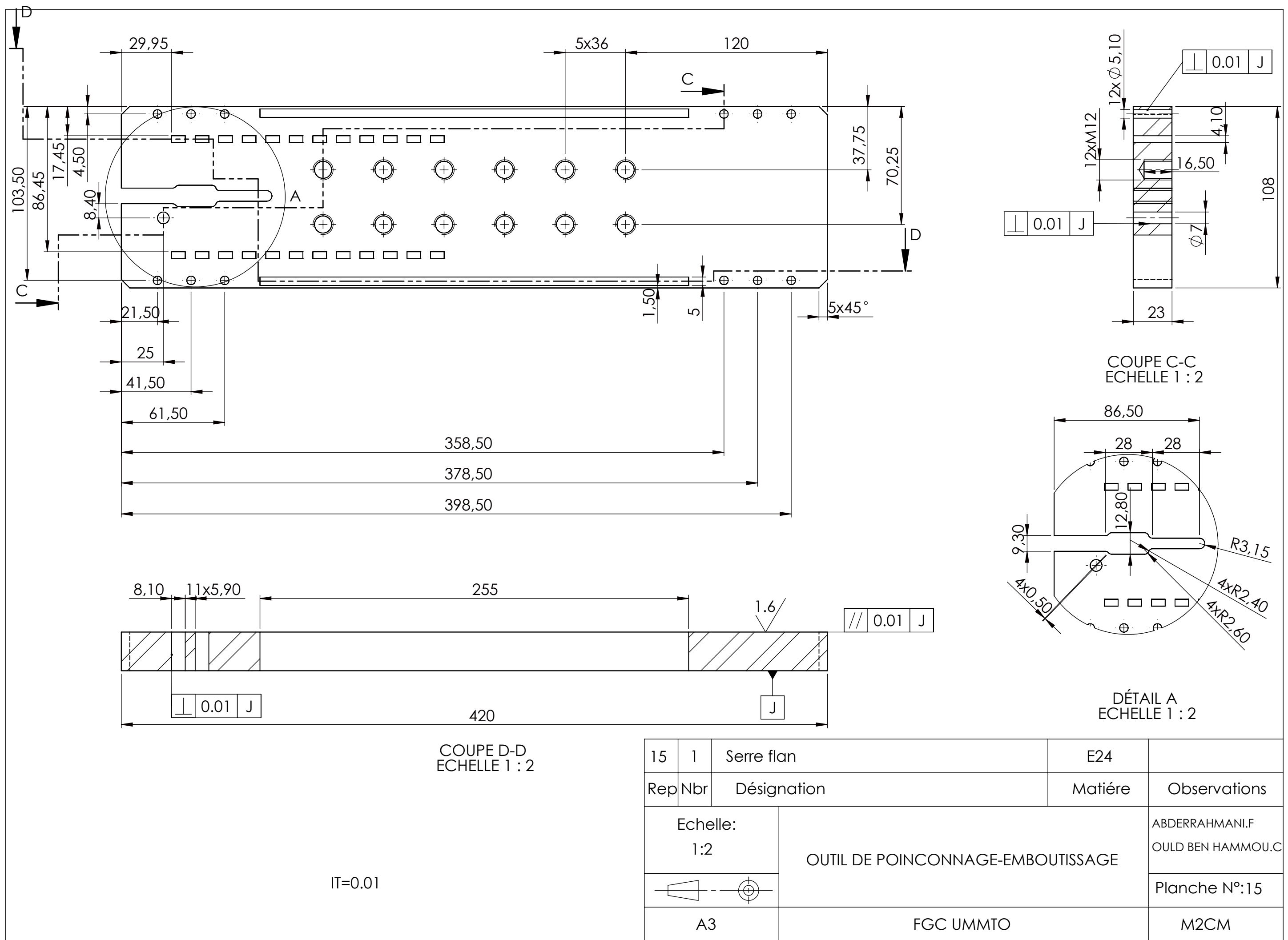
IT=0.01 Sauf indication

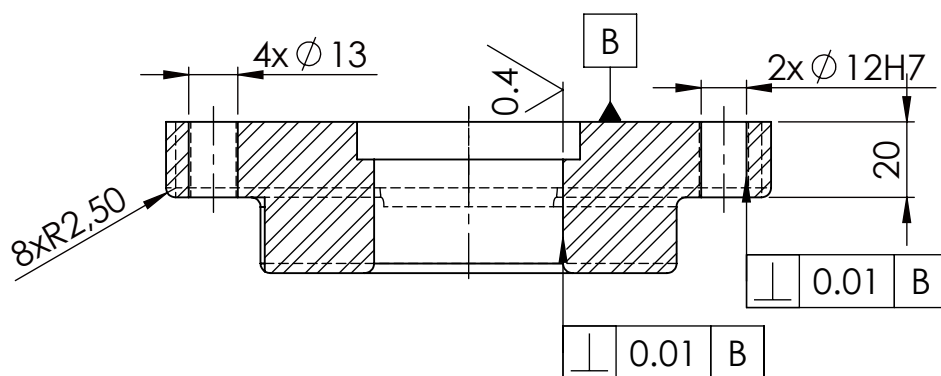
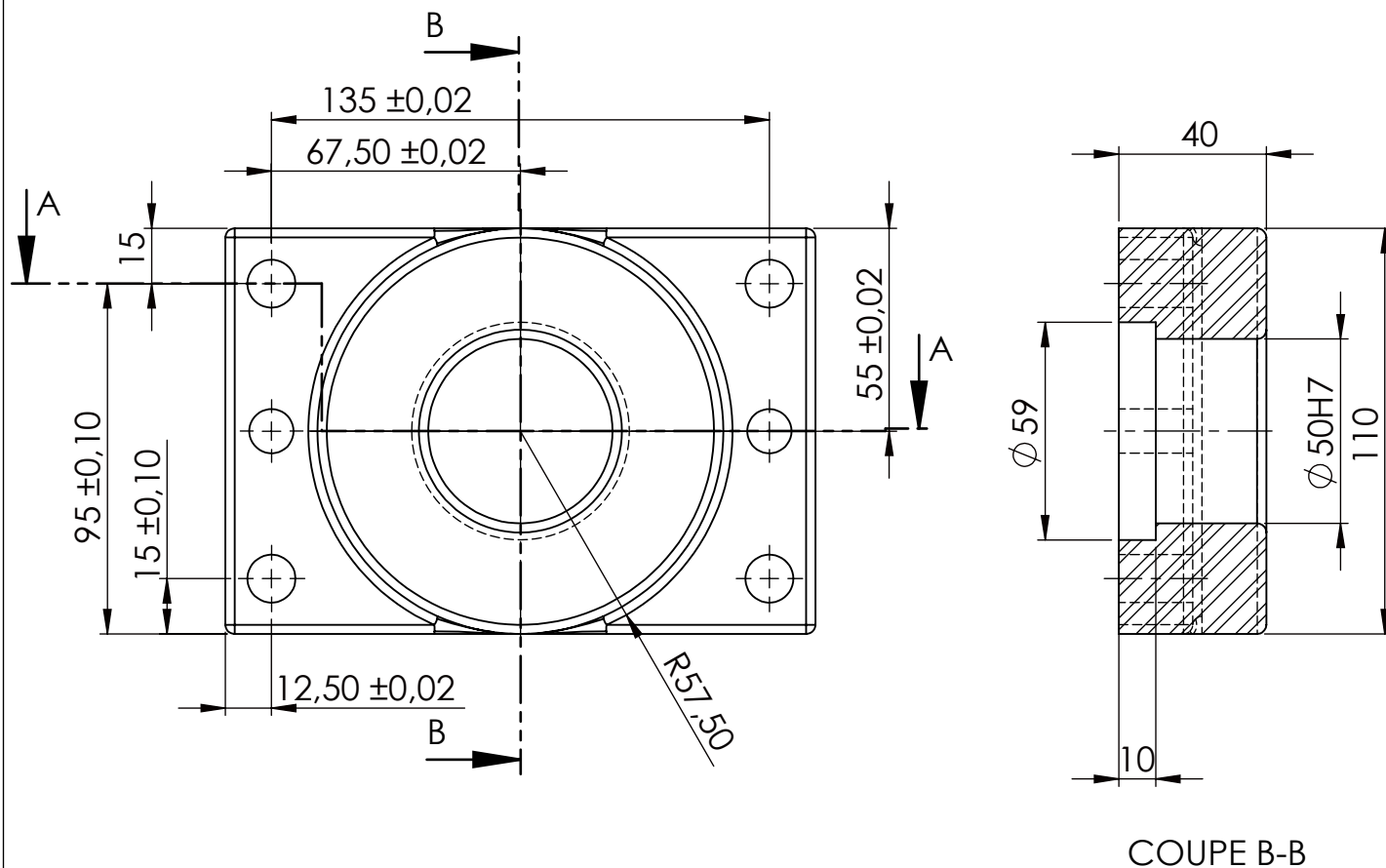
|                                                                                     |     |                                   |         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------|
| 23                                                                                  | 02  | Colonne de guidage                | XC65    | Element standart  |
| Rep                                                                                 | Nbr | Désignation                       | Matiere | Observations      |
| Echelle:<br>1:2                                                                     |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F    |
|  |     |                                   |         | OULD BEN HAMMOU.C |
|                                                                                     |     |                                   |         | Planche N°:23     |
| A4                                                                                  |     | FGC UMMTO                         |         | M2 CM             |



|                                                                                     |     |                                   |  |         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|--|---------|-------------------|
| 26                                                                                  | 1   | Corniere                          |  |         |                   |
| Rep                                                                                 | Nbr | Désignation                       |  | Matiere | Observations      |
| Echelle:<br>1:5                                                                     |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |  |         | ABDERRAHMANI.F    |
|  |     |                                   |  |         | OULD BEN HAMMOU.C |
| A4                                                                                  |     | FGC UMMTO                         |  |         | Planche N°: 24    |
|                                                                                     |     |                                   |  |         | M2 CM             |

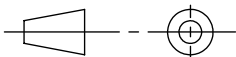


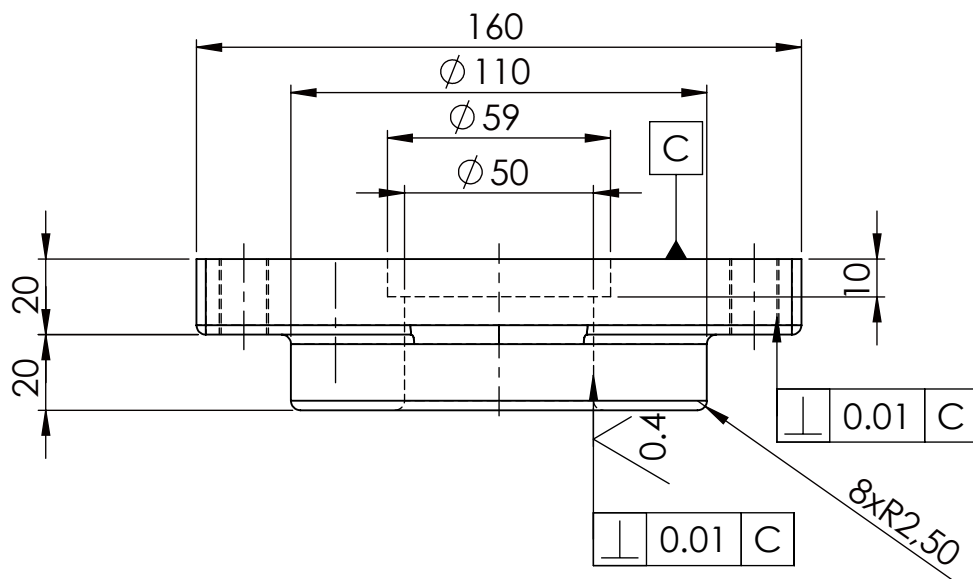
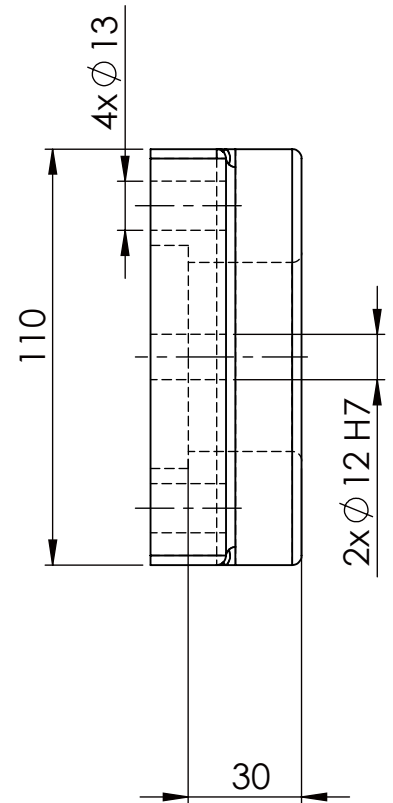




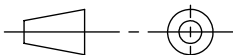
COUPE A-A

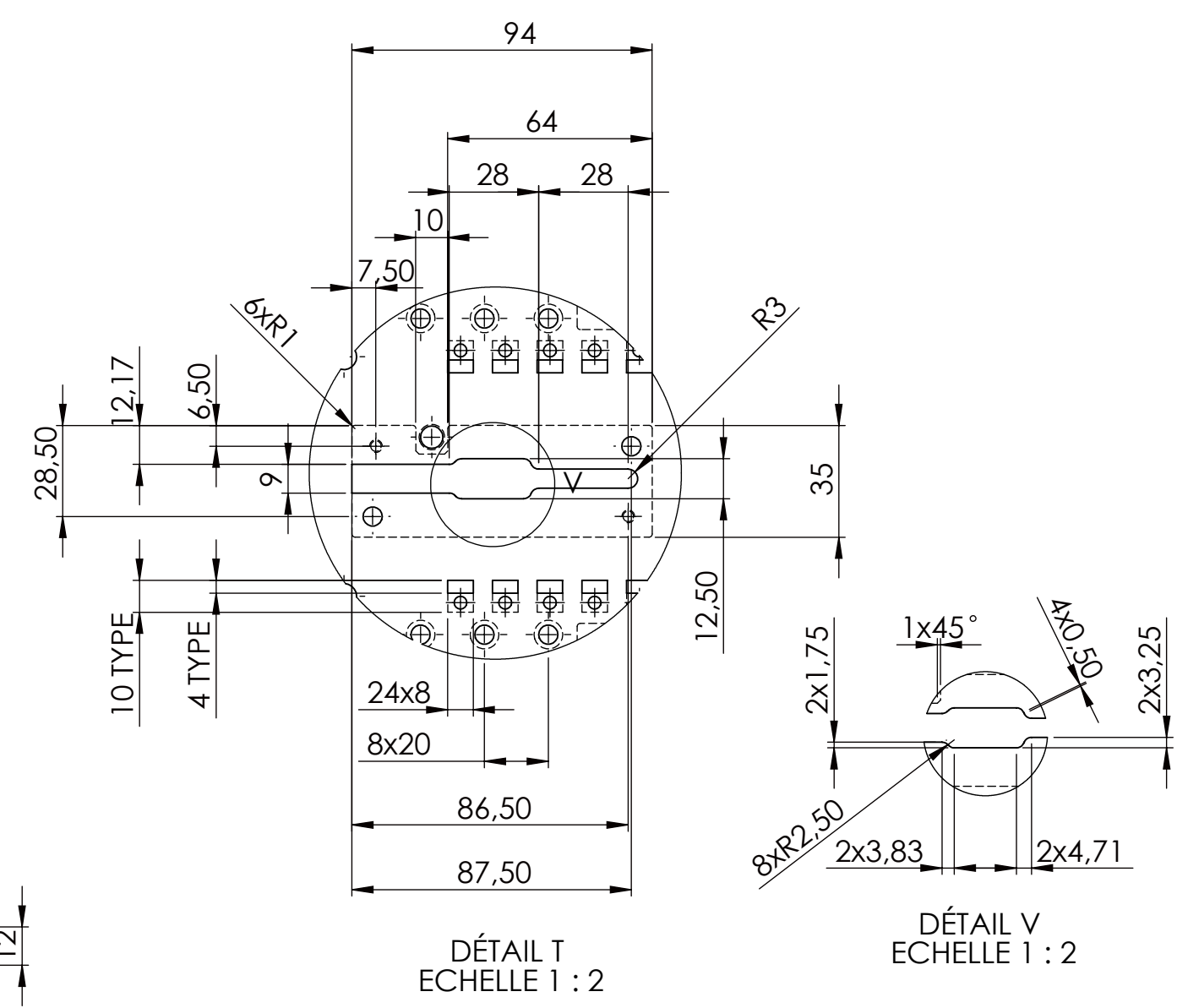
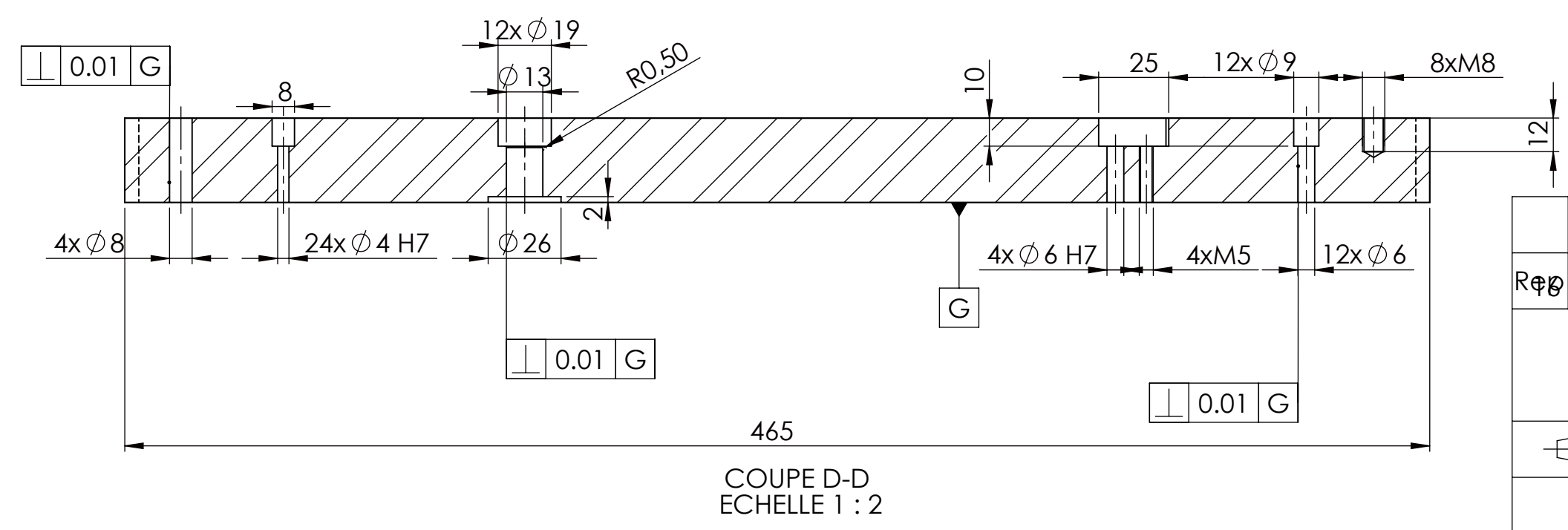
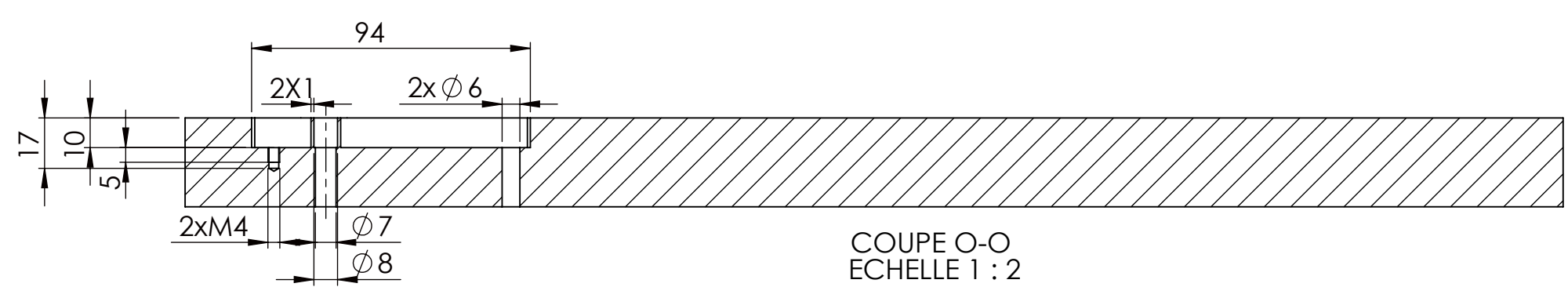
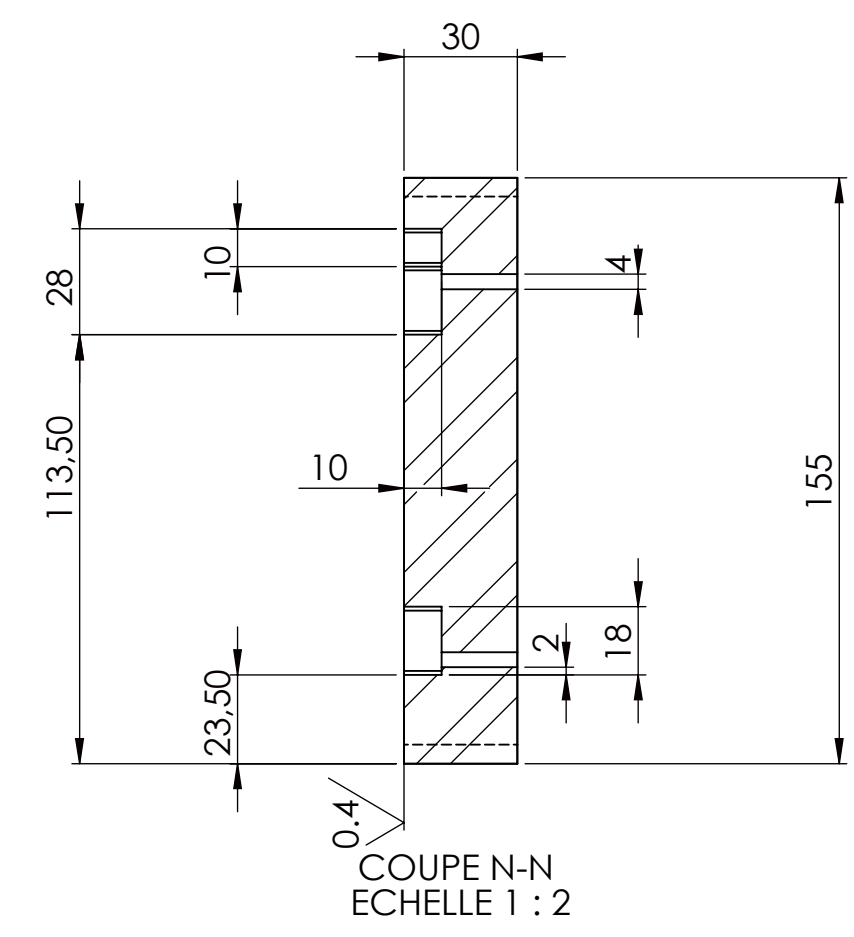
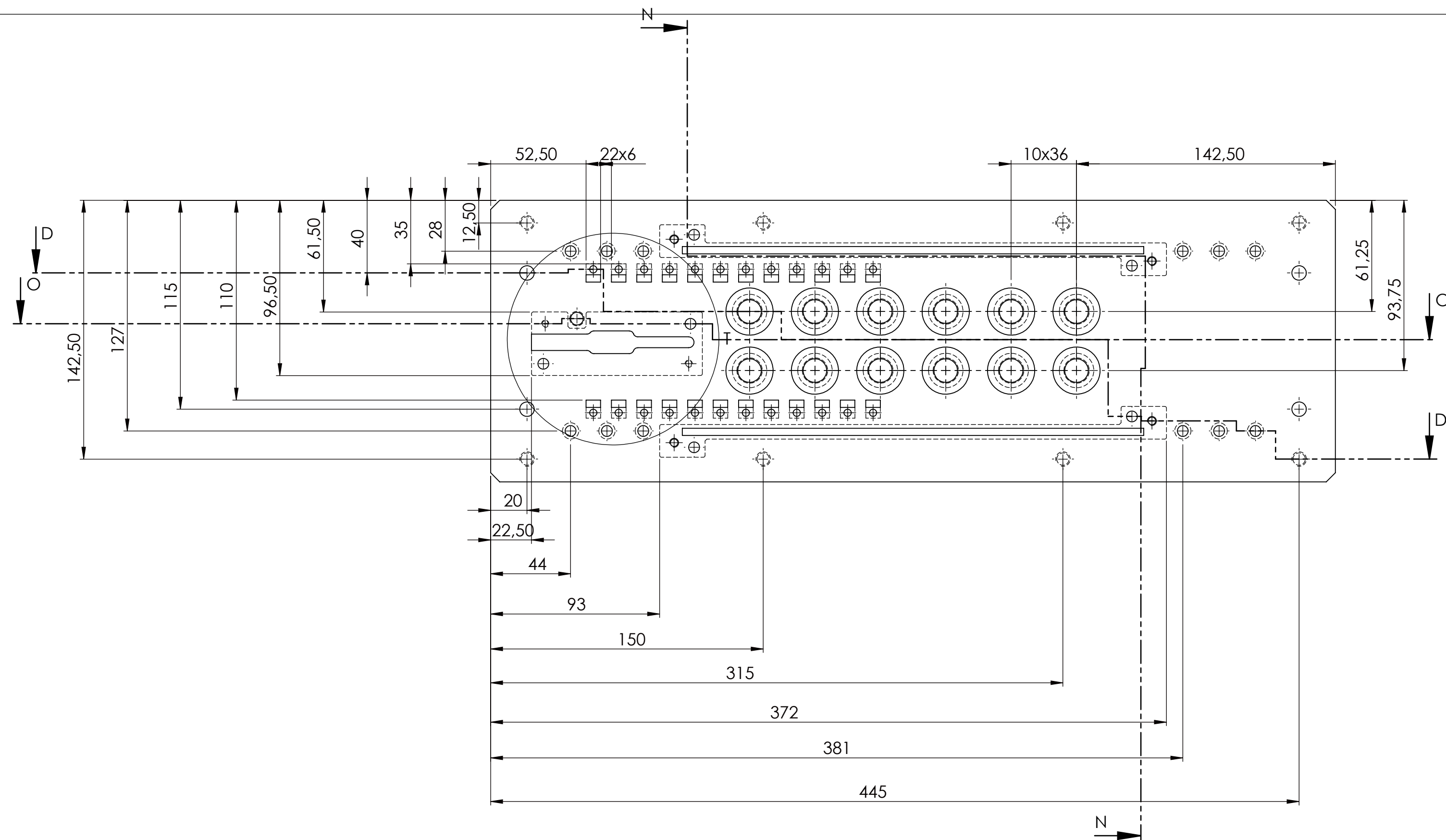
IT=0.01 Sauf indication

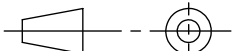
|                                                                                     |     |                                   |         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------|
| 22                                                                                  | 02  | Embase inferieure                 | XC65    |                   |
| Rep                                                                                 | Nbr | Désignation                       | Matiere | Observations      |
| Echelle:<br>1:2                                                                     |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F    |
|  |     |                                   |         | OULD BEN HAMMOU.C |
| A4                                                                                  |     | FGC UMMTO                         |         | Planche N°: 22    |
|                                                                                     |     |                                   |         | M2 CM             |



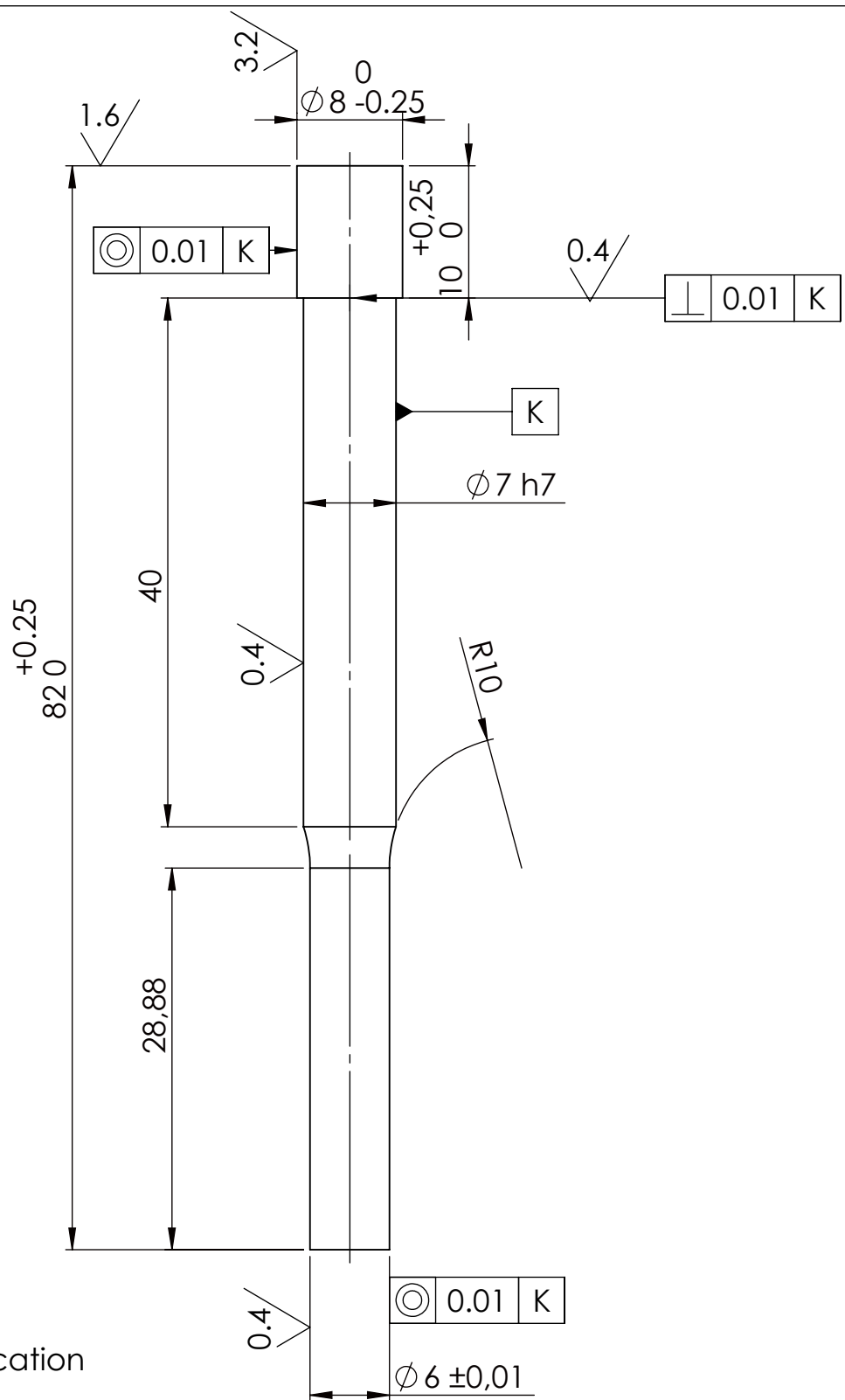
IT=0.01    Sauf indication

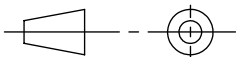
|                                                                                     |     |                                   |         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------|
| 21                                                                                  | 02  | Embase superieure                 | XC65    |                   |
| Rep                                                                                 | Nbr | Désignation                       | Matiere | Observations      |
| Echelle:<br>1:2                                                                     |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F    |
|  |     |                                   |         | OULD BEN HAMMOU.C |
|                                                                                     |     |                                   |         | Planche N°: 21    |
| A4                                                                                  |     | FGC UMMTO                         |         | M2 CM             |

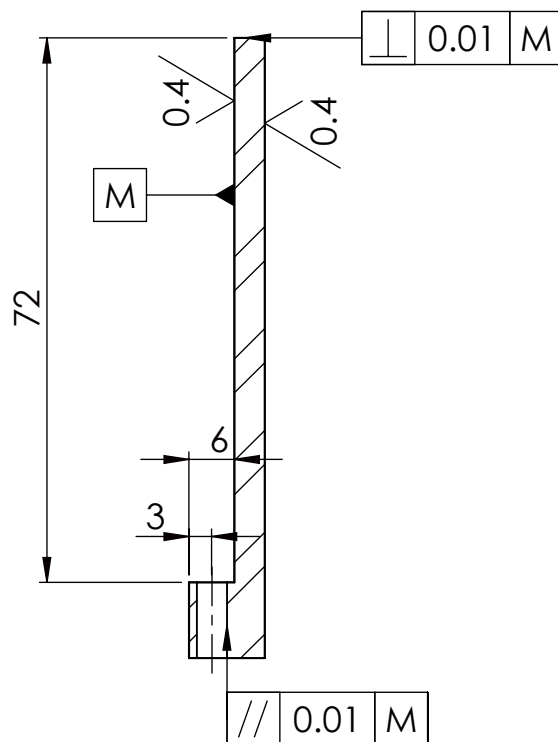
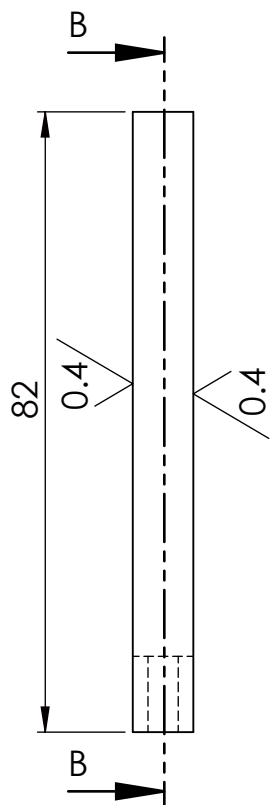


|                                                                                       |     |                                   |         |                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------------------------|
|                                                                                       | 01  | Porte poinçons                    | Z200C12 | Trempé                              |
| Rep                                                                                   | Nbr | Désignation                       | Matière | Observations                        |
| Echelle:<br>1:2                                                                       |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F<br>OULD BEN HAMMOU.C |
|  |     |                                   |         | Planche N°: 07                      |
| A2                                                                                    |     | FGC UMMTO                         |         | M2 CM                               |

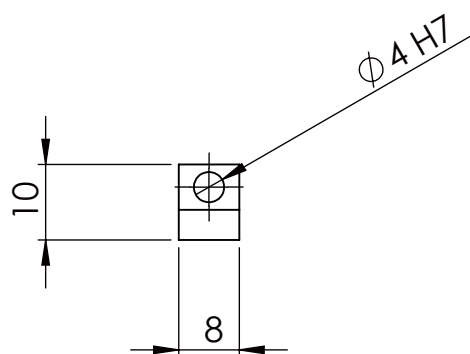
IT=0.01 Sauf indication



|                                                                                     |     |                                   |         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------|
| 02                                                                                  | 01  | Poinçon 6 mm                      | Z200C12 | Trempé            |
| Rep                                                                                 | Nbr | Désignation                       | Matiere | Observations      |
| Echelle:<br>2:1                                                                     |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F    |
|  |     |                                   |         | OULD BEN HAMMOU.C |
|                                                                                     |     |                                   |         | Planche N°:02     |
| A4                                                                                  |     | FGC UMMTO                         |         | M2 CM             |

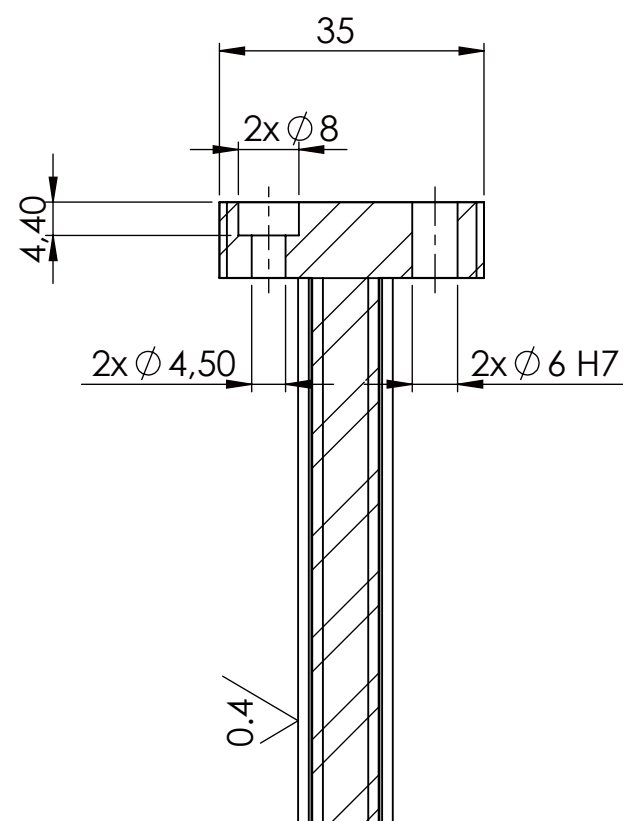
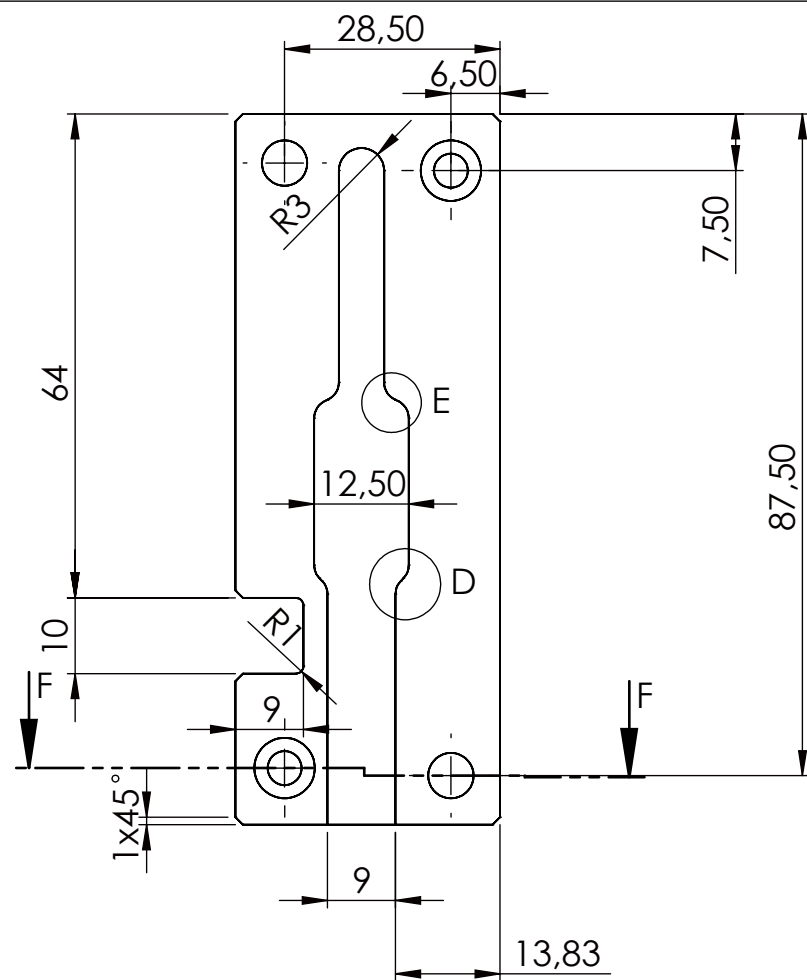


COUPE B-B

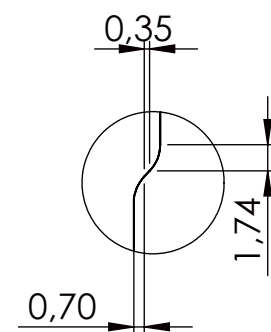
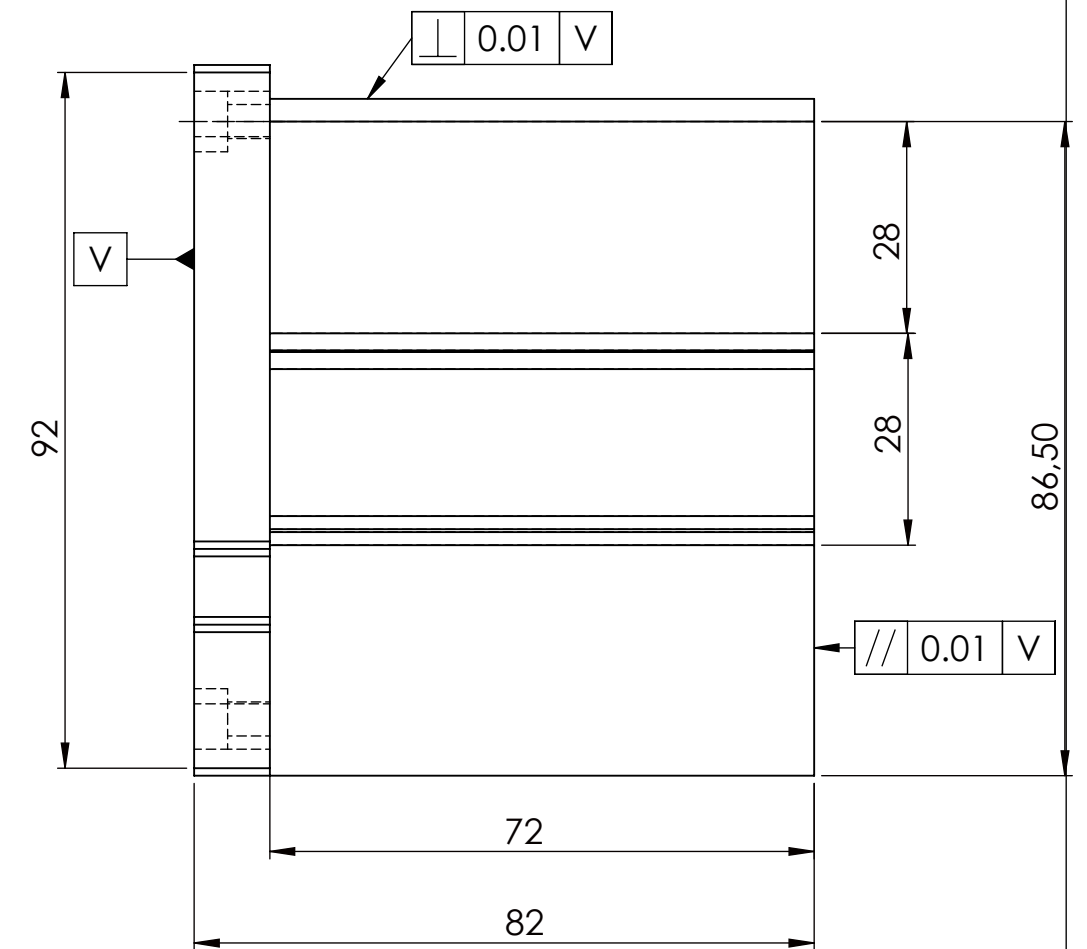
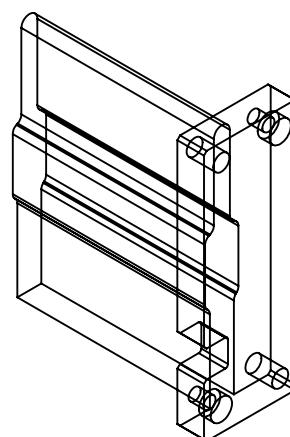


IT=0.01 Sauf indication

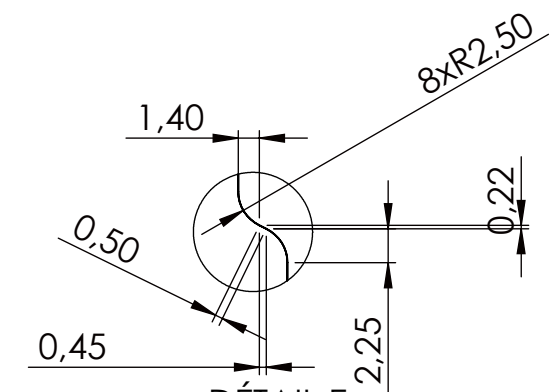
|                                                                                     |     |                                   |         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------|
| 03                                                                                  | 24  | Poinçon aération                  | Z200C12 | Trempé            |
| Rep                                                                                 | Nbr | Désignation                       | Matiere | Observations      |
| Echelle:<br>1:1                                                                     |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F    |
|  |     |                                   |         | OULD BEN HAMMOU.C |
| A4                                                                                  |     | FGC UMMTO                         |         | Planche N°: 03    |
|                                                                                     |     |                                   |         | M2 CM             |



COUPE F-F  
ECHELLE 1 : 1

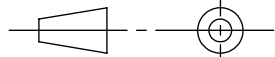


DÉTAIL D  
ECHELLE 2 : 1

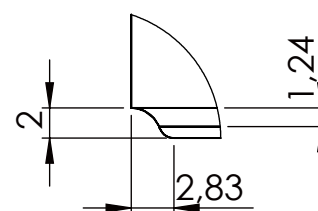
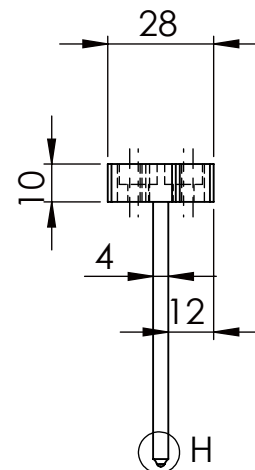
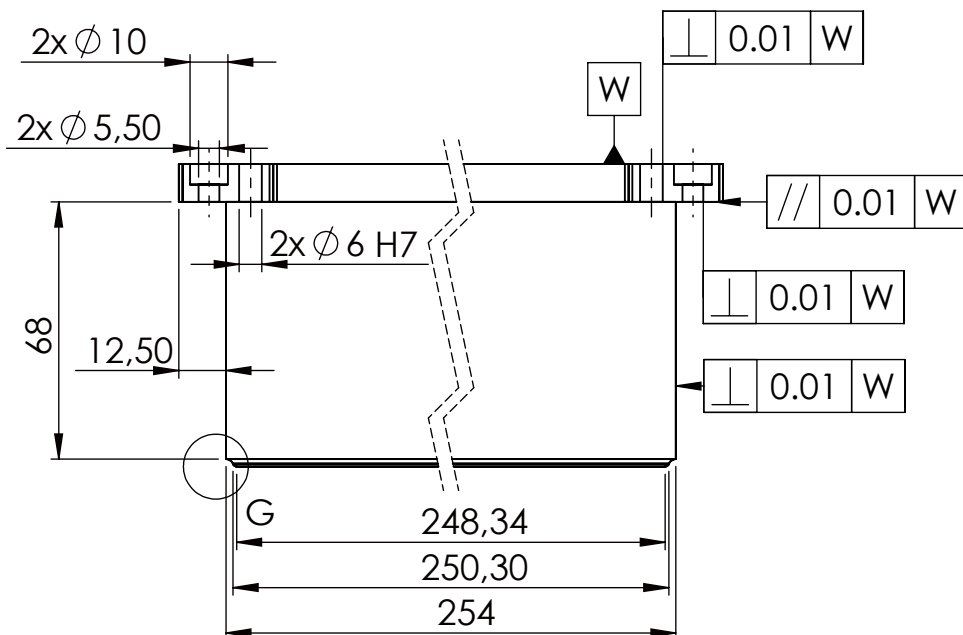


DÉTAIL E  
ECHELLE 2 : 1

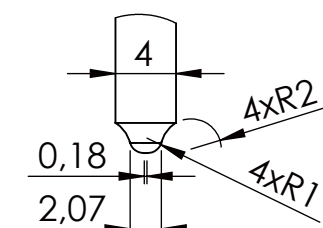
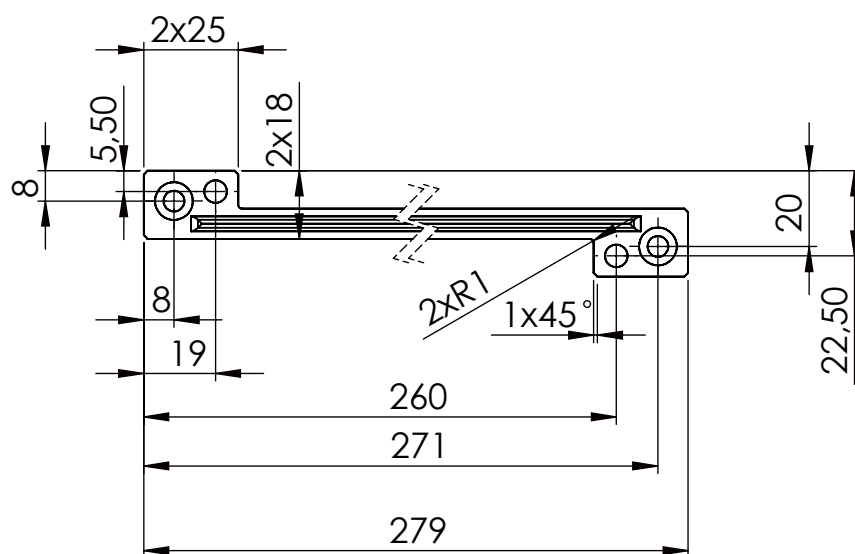
IT=0.01 Sauf indication

|                                                                                       |     |                                   |         |                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------------------------|
| 04                                                                                    | 01  | Poinçon charniere                 | Z200C12 | Trempé                              |
| Rep                                                                                   | Nbr | Désignation                       | Matière | Observations                        |
| Echelle:<br>1:1                                                                       |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F<br>OULD BEN HAMMOU.C |
|  |     |                                   |         | Planche N°: 04                      |
| A3                                                                                    |     | FGC UMMTO                         |         | M2CM                                |



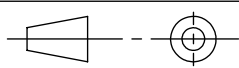


DÉTAIL G  
ECHELLE 2 : 1

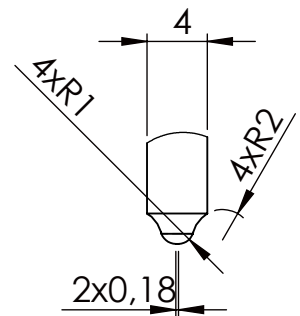
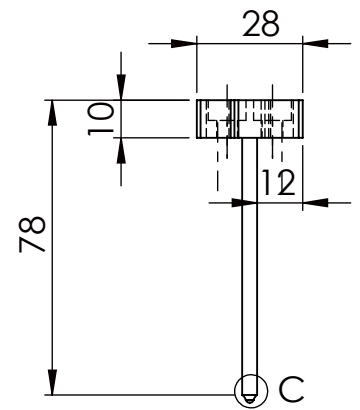
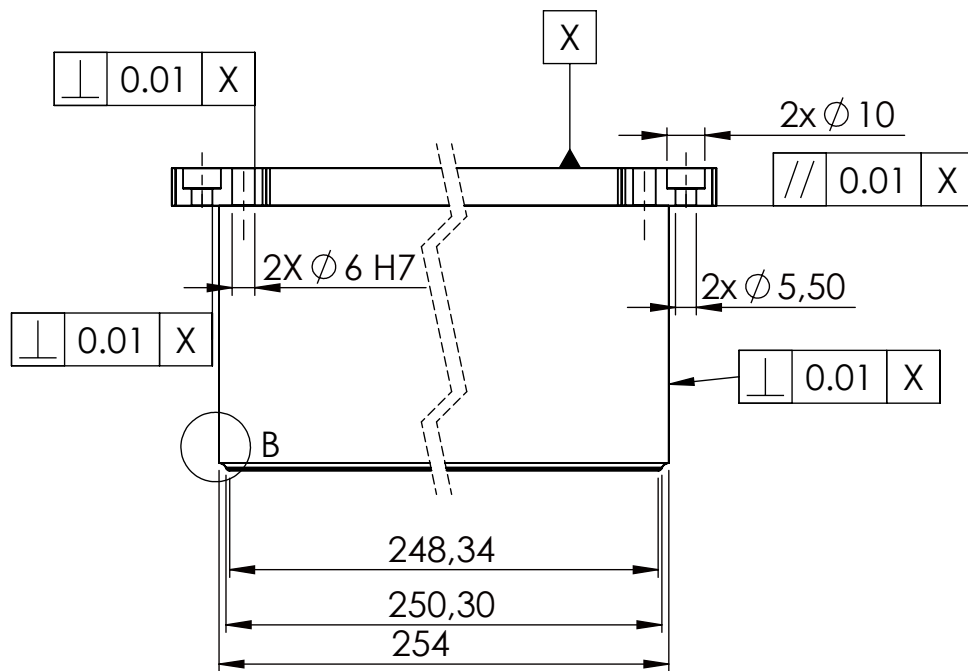


DÉTAIL H  
ECHELLE 2 : 1

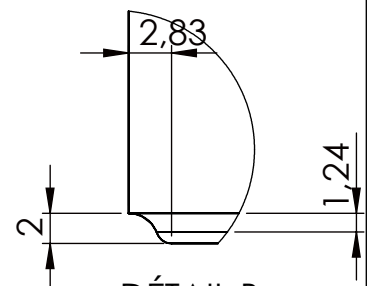
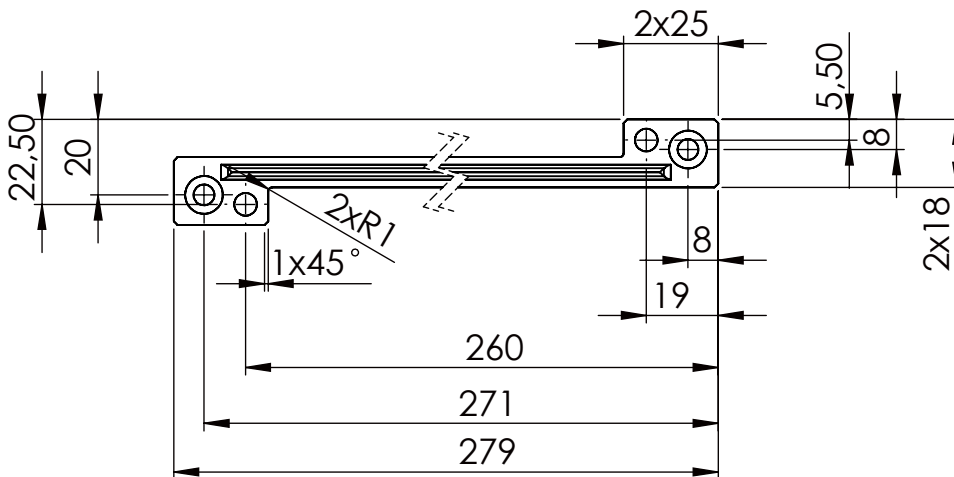
IT=0.01 Sauf indication

|                                                                                     |     |                                   |         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------|
| 06                                                                                  | 01  | Poinçon emboutissage droite       | Z200C12 | Trempé            |
| Rep                                                                                 | Nbr | Désignation                       | Matiere | Observations      |
| Echelle:<br>1:2                                                                     |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F    |
|  |     |                                   |         | OULD BEN HAMMOU.C |
|                                                                                     |     |                                   |         | Planche N°:06     |
| A4                                                                                  |     | FGC UMMTO                         |         | M2 CM             |



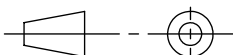


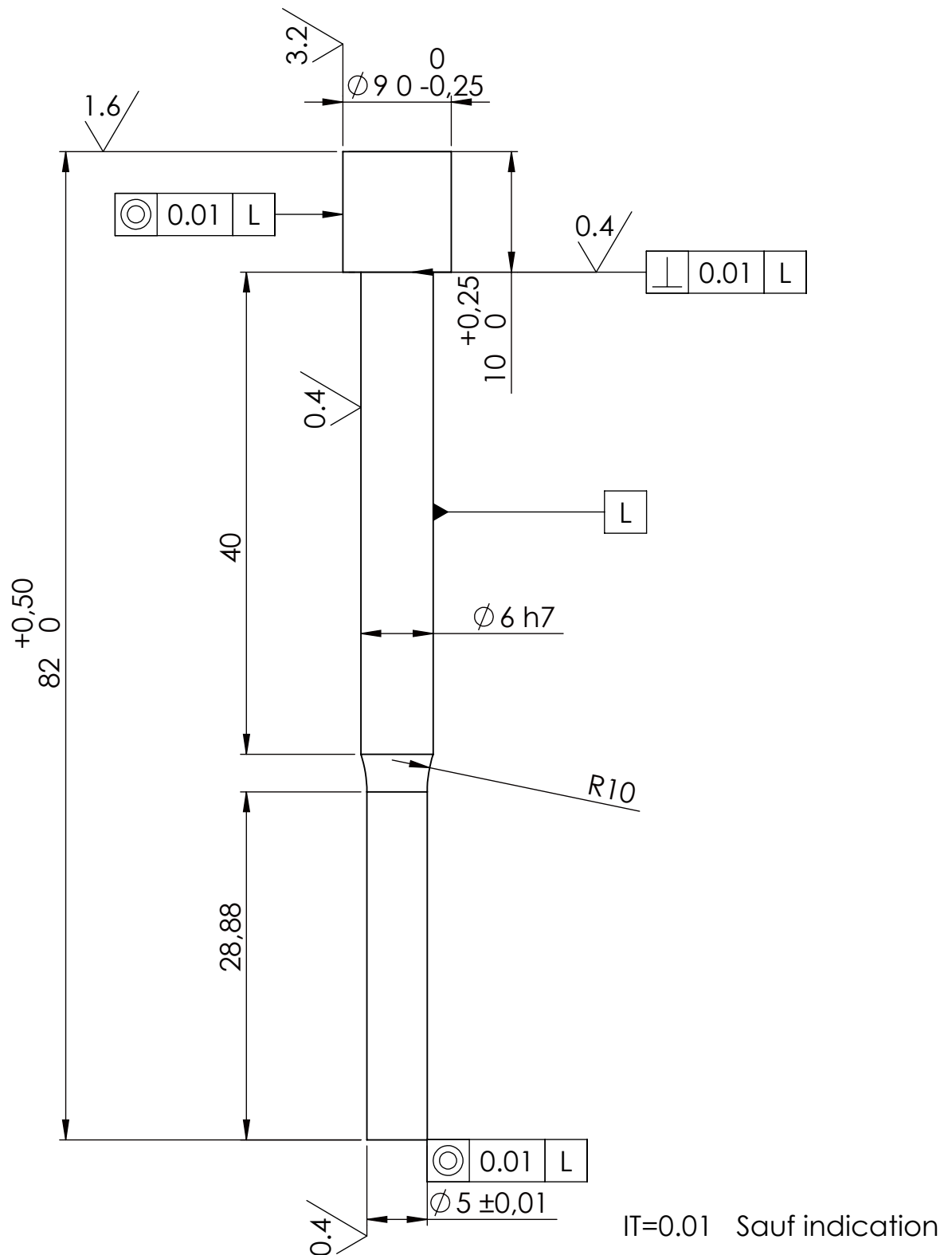
DÉTAIL C  
ECHELLE 2 : 1

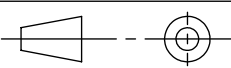


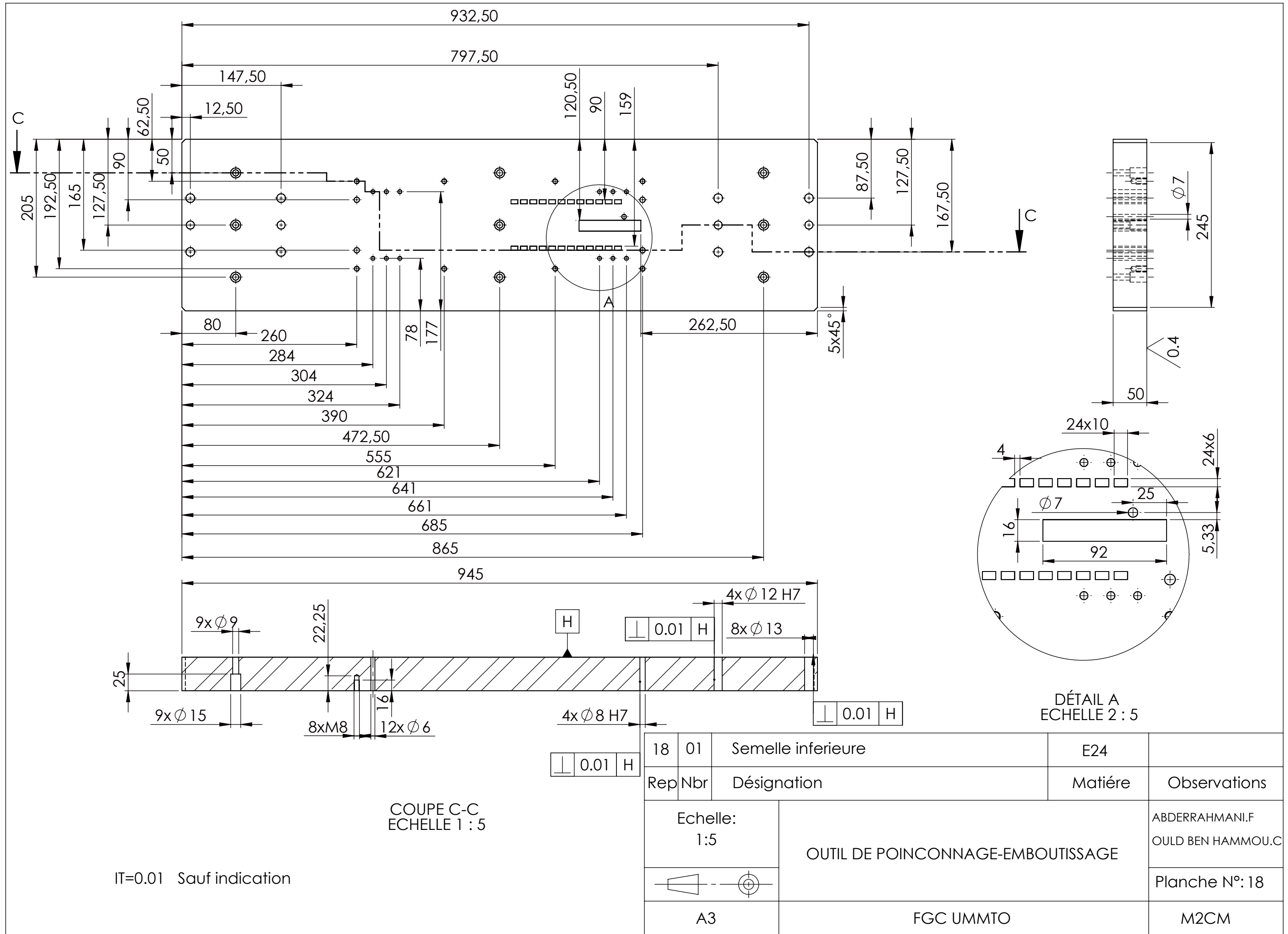
DÉTAIL B  
ECHELLE 2 : 1

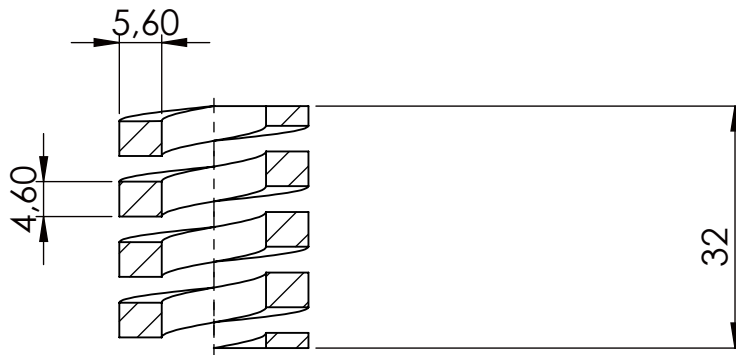
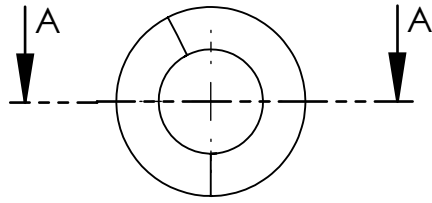
IT=0.01 Sauf indication

|                                                                                     |     |                                   |         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------|
| 05                                                                                  | 01  | Poinçon emboutissage gauche       | Z200C12 | Trempé            |
| Rep                                                                                 | Nbr | Désignation                       | Matiere | Observations      |
| Echelle:<br>1:2                                                                     |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F    |
|  |     |                                   |         | OULD BEN HAMMOU.C |
|                                                                                     |     |                                   |         | Planche N°: 05    |
| A4                                                                                  |     | FGC UMMTO                         |         | M2 CM             |

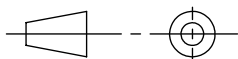


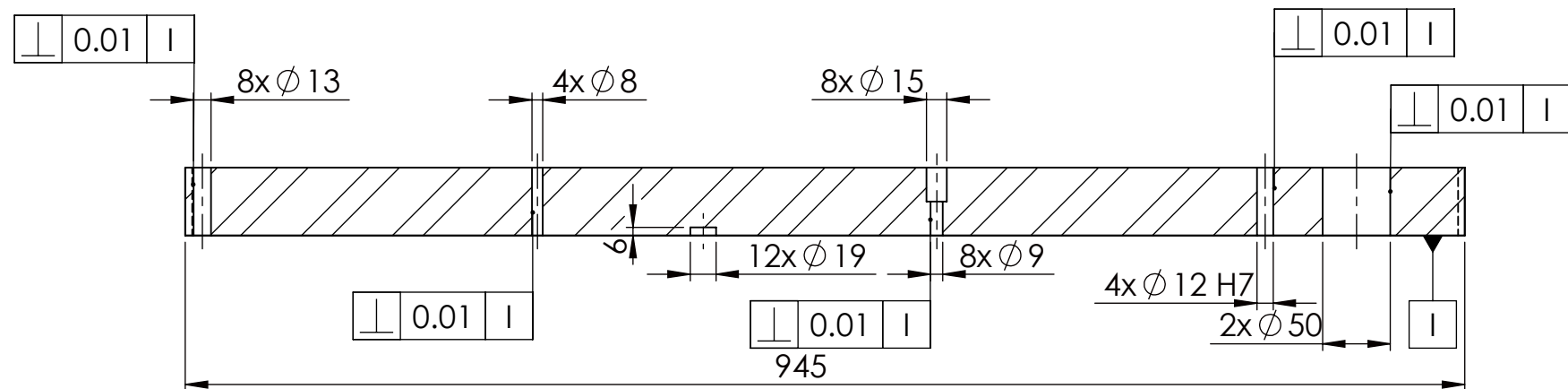
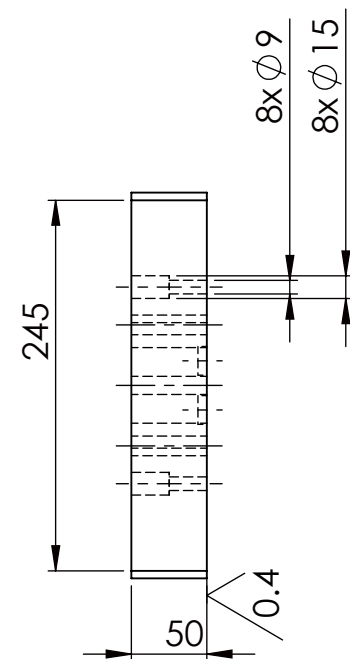
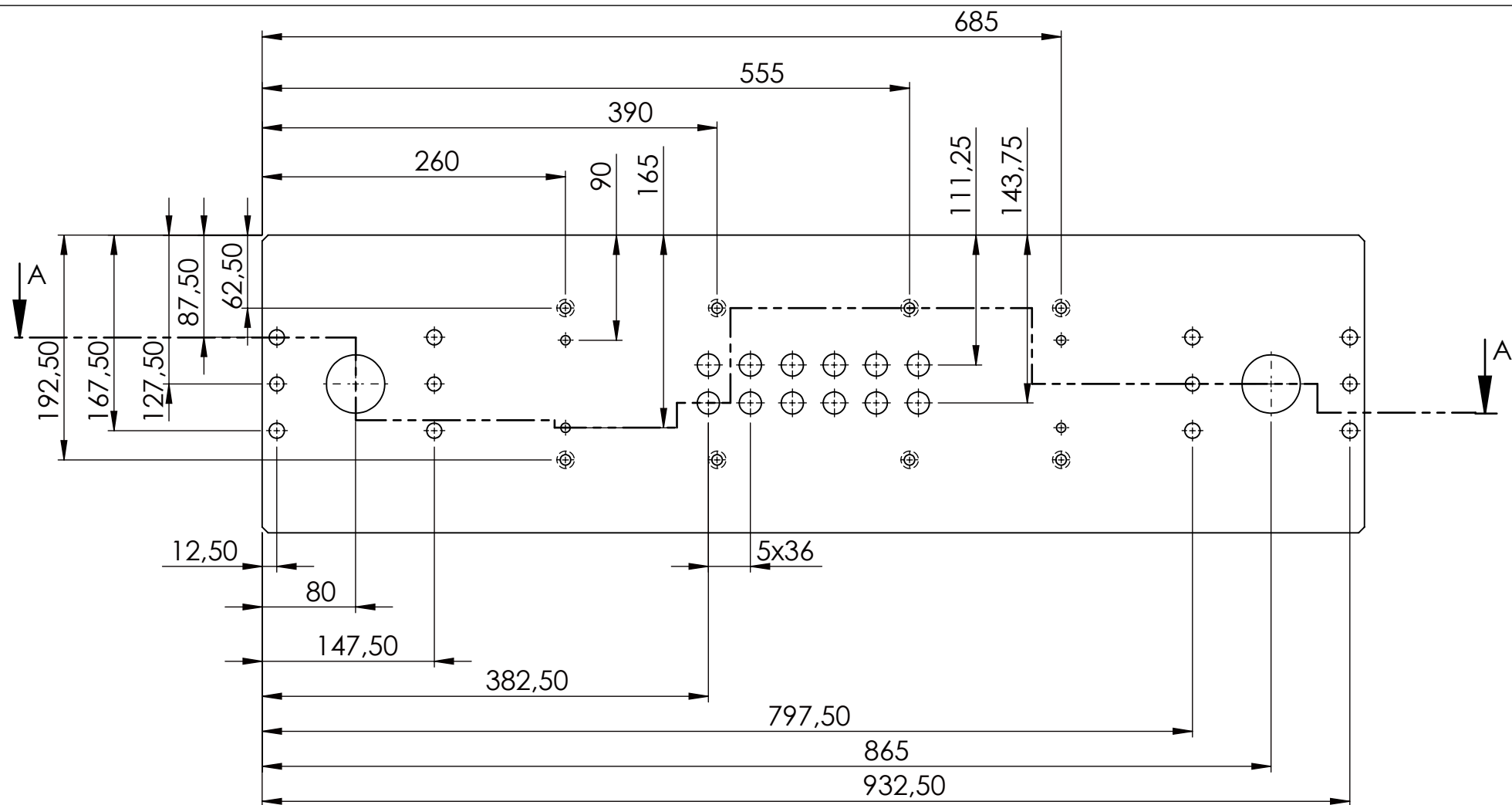
|                                                                                     |     |                                   |         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------|
| 01                                                                                  | 12  | Poinçon 5 mm                      | Z200C12 | Trempé            |
| Rep                                                                                 | Nbr | Désignation                       | Matiere | Observations      |
| Echelle:<br>2:1                                                                     |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F    |
|  |     |                                   |         | OULD BEN HAMMOU.C |
|                                                                                     |     |                                   |         | Planche N°: 01    |
| A4                                                                                  |     | FGC UMMTO                         |         | M2 CM             |





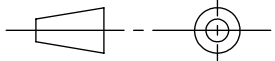
COUPE A-A

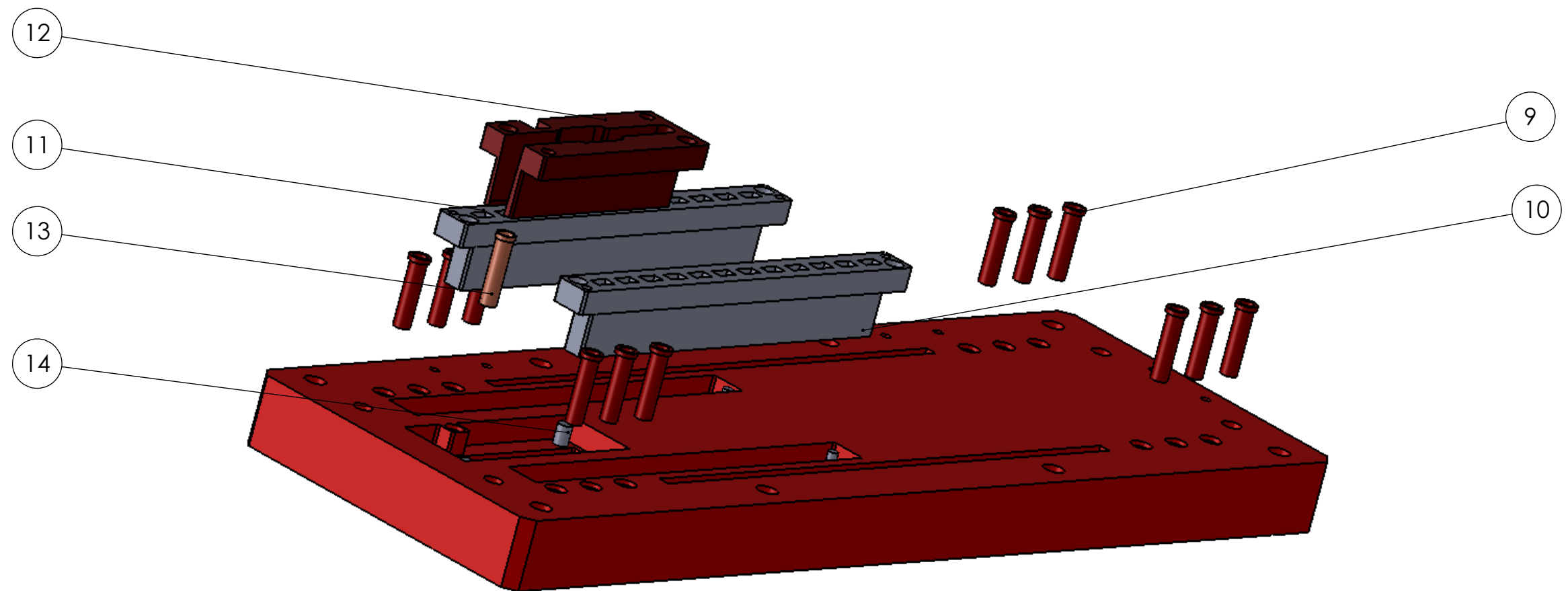
|                                                                                     |     |                                   |  |                |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|--|----------------|-------------------|
| 08                                                                                  | 12  | Ressort                           |  | 51SI 7         |                   |
| Rep                                                                                 | Nbr | Désignation                       |  | Matiere        | Observations      |
| Echelle:<br>1:1                                                                     |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |  |                | ABDERRAHMANI.F    |
|  |     |                                   |  |                | OULD BEN HAMMOU.C |
|                                                                                     |     |                                   |  | Planche N°: 08 |                   |
| A4                                                                                  |     | FGC UMMTO                         |  |                | M2 CM             |

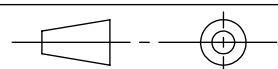


COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 5

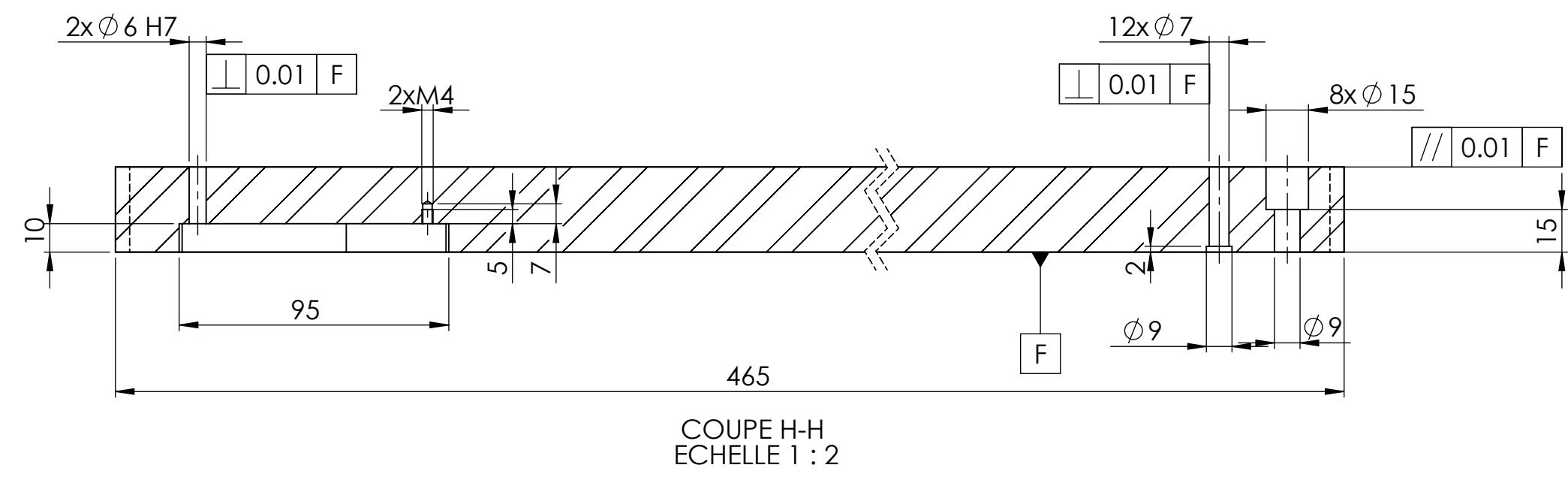
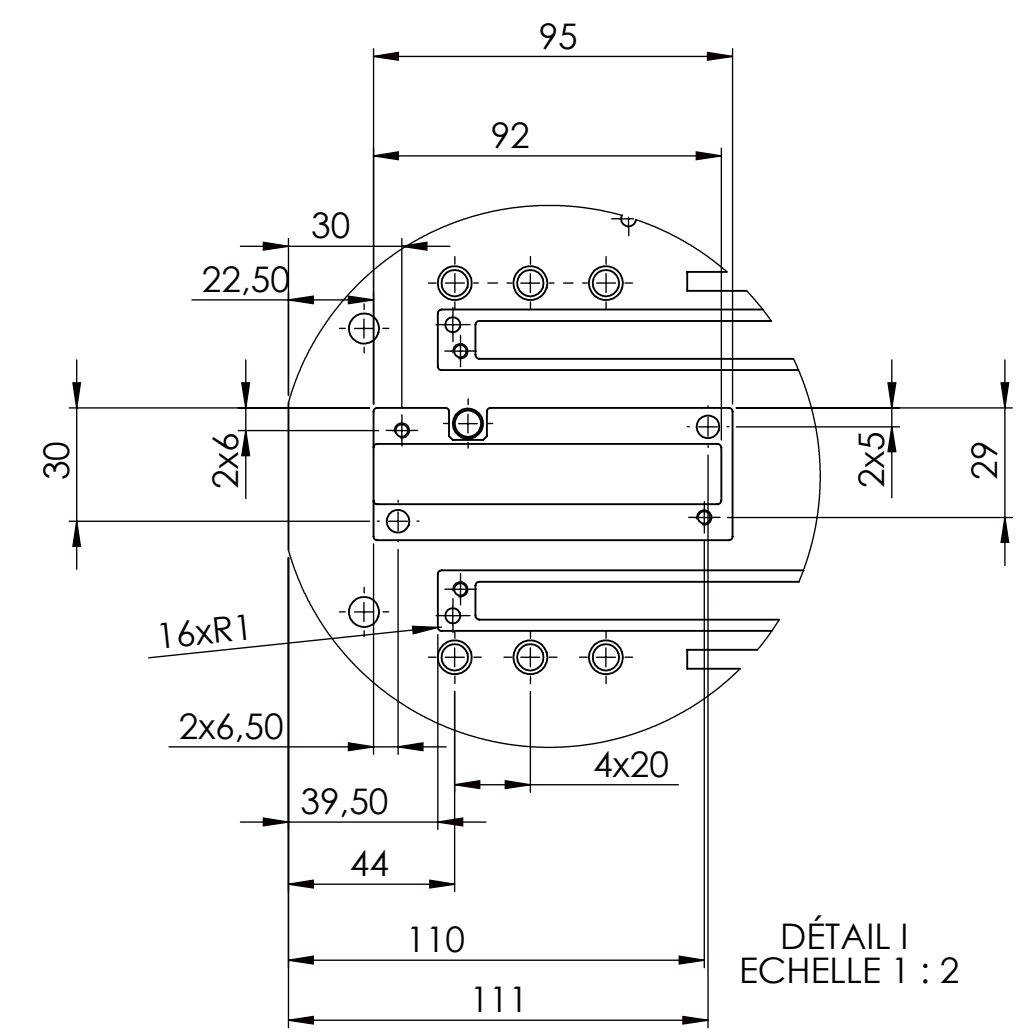
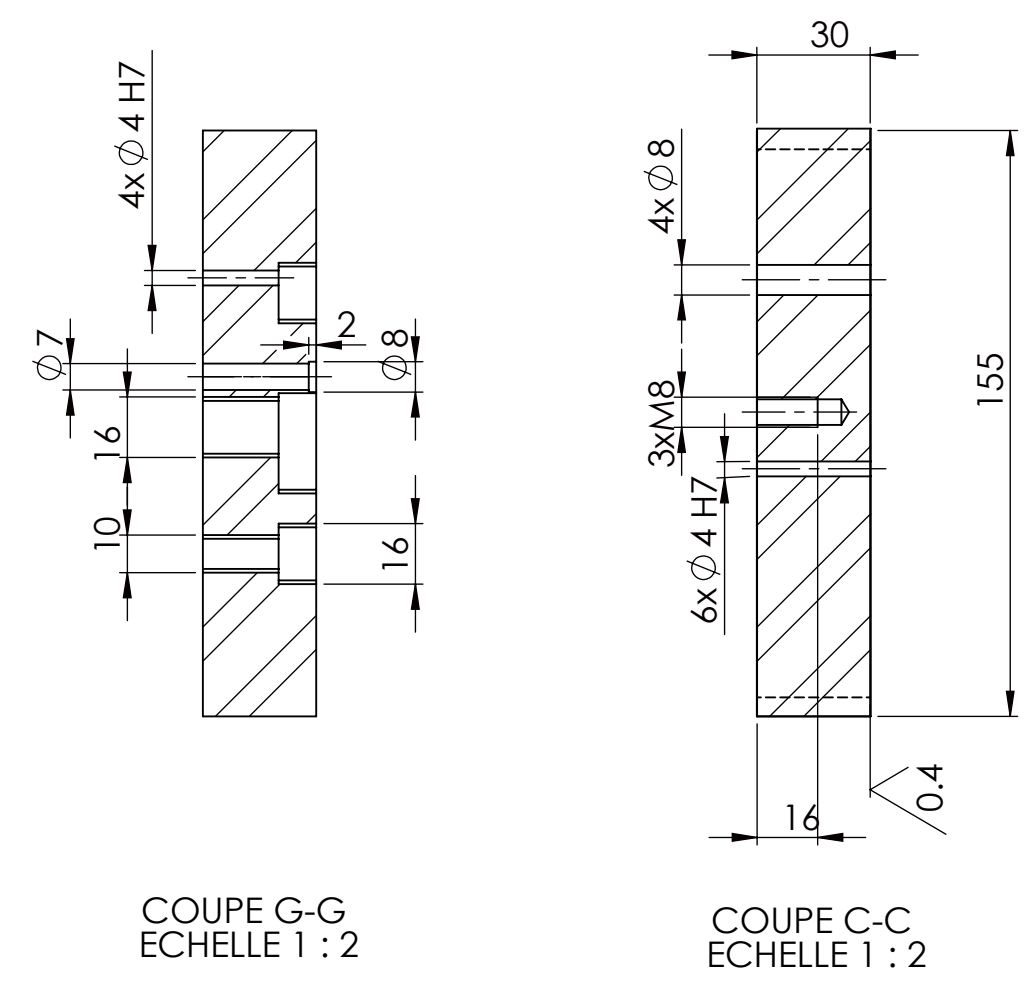
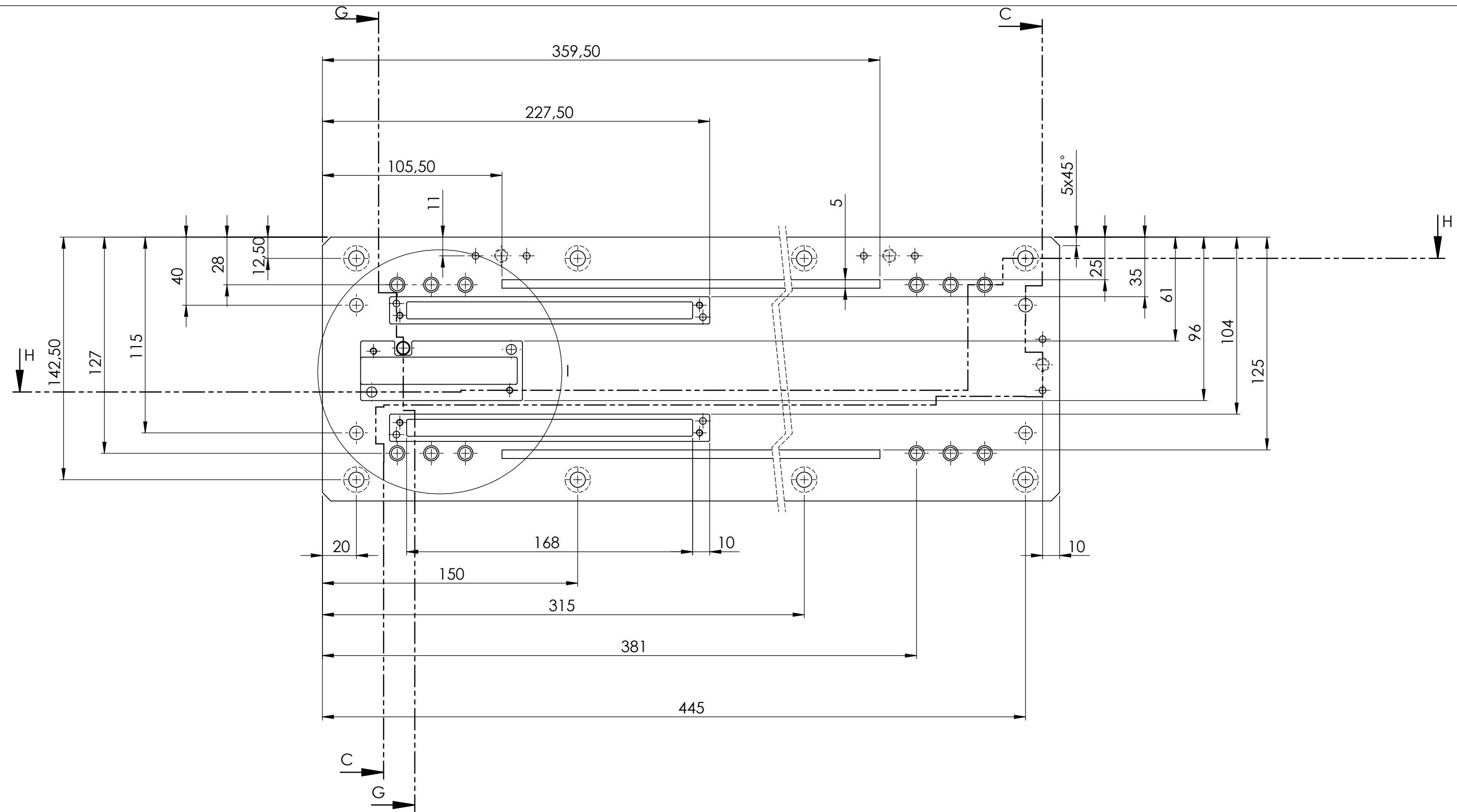
IT=0.01 Sauf indication

|                                                                                       |     |                                   |         |                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------------------------|
| 17                                                                                    | 01  | Semelle superieure                | E24     |                                     |
| Rep                                                                                   | Nbr | Désignation                       | Matière | Observations                        |
| Echelle:<br>1:5                                                                       |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F<br>OULD BEN HAMMOU.C |
|  |     |                                   |         | Planche N°: 17                      |
| A3                                                                                    |     | FGC UMMTO                         |         | M2CM                                |

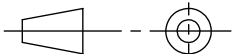


|                                                                                       |     |                                   |         |                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------|-------------------------------------|
| 14                                                                                    |     | Goupille                          |         | Element Standard                    |
| 13                                                                                    | 01  | Canon 6 mm                        | Z200C12 | Trempé                              |
| 12                                                                                    | 01  | Canon charniere                   | Z200C12 | Trempé                              |
| 11                                                                                    | 01  | Canon aération gauche             | Z200C12 | Trempé                              |
| 10                                                                                    | 01  | Canon aération droite             | Z200C12 | Trempé                              |
| 09                                                                                    | 12  | Canon 5 mm                        | Z200C12 | Trempé                              |
| Rep                                                                                   | Nbr | Désignation                       | Matière | Observations                        |
| Echelle:<br>1:2                                                                       |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |         | ABDERRAHMANI.F<br>OULD BEN HAMMOU.C |
|  |     |                                   |         | Planche N°: 27                      |
| A3                                                                                    |     | FGC UMMTO                         |         | M2CM                                |





IT=0.01 Sauf indication

|                                                                                       |     |                                   |  |         |                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|--|---------|-------------------------------------|
| 24                                                                                    | 01  | Matrice                           |  | Z200C12 | Trempée                             |
| Rep                                                                                   | Nbr | Désignation                       |  | Matière | Observations                        |
| Echelle:<br>1:2                                                                       |     | OUTIL DE POINCONNAGE-EMBOUTISSAGE |  |         | ABDERRAHMANI.F<br>OULD BEN HAMMOU.C |
|  |     |                                   |  |         | Planche N°: 14                      |
| A2                                                                                    |     | FGC UMMTO                         |  |         | M2 CM                               |