

**République Algérienne démocratique et populaire**  
**Université de Mouloud Mammeri- Tizi ousou**  
**Faculté du génie de la construction**  
**Département de Génie mécanique**

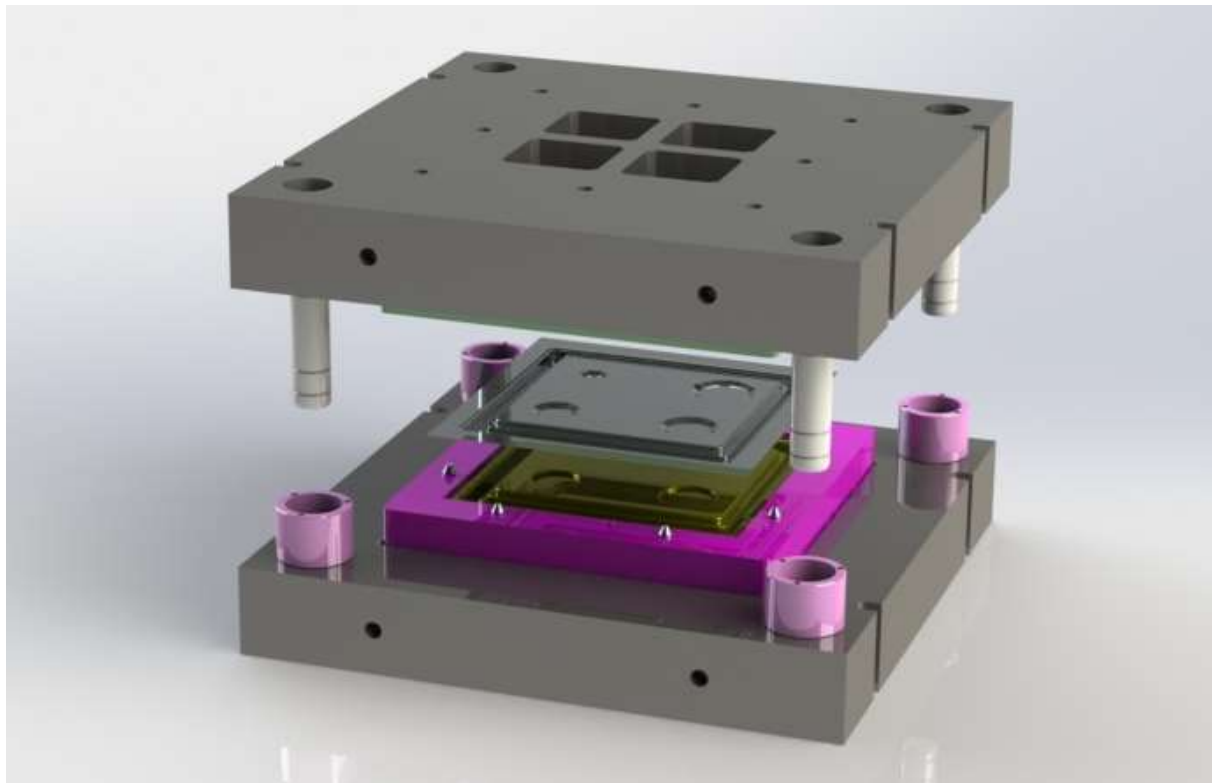


**OPTION : FABRICATION MECANIQUE ET PRODUCTIQUE**

**Mémoire de fin d'étude Master**

**THEME :**

**Etude et conception d'un outil pour emboutissage  
d'une Plaque de cuisson d'une cuisinière.**



**Encadré par : Mr. Asma.F**

**Réalisé par : Mr. AIT OUAZZOU Lyes**

**Mr. AIT CHIKHOUNE Amokrane**

**Membres du jury :**

**Hachour.K      Président**

**Behtani.A      Examineur**

**Promotion 2020**

# *Remerciements*

*Ce mémoire est l'aboutissement d'un parcours accompli qu'on n'aurait pas pu réaliser seuls.*

*Nous remercions notre encadreur, Mr. A.S.M.A.F, qui nous a énormément aidé, épaulé et encouragé durant tout le long de notre travail.*

*Nos remerciements vont également à tous les membres du jury qui ont accepté d'examiner ce travail.*

*Nous tenons aussi à remercier tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.*

*On tient à remercier chaleureusement toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'accomplissement de ce cheminement.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à*

*Mes parents*

*Mes amis*

*Mon cher ami M.A.Y.A.S*

*Lyes*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à*

*Ma chère mère*

*Mon cher père*

*Mon petit frère*

*Et à tous mes amis*

*Amokrane*

# **Table des matières**

# Table des matières

<b>Remerciement.....</b>	<b>I</b>
<b>Dédicaces.....</b>	<b>II</b>
<b>Tables des matières.....</b>	<b>IV</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>IX</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>XI</b>
<b>Liste des planches.....</b>	<b>XII</b>

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
Procédés de mise en forme des tôles.....	2

## **Chapitre I : Les presses. ....3**

### **Introduction. ....3**

Généralités sur les types de presses. ....3

#### **1. Caractéristiques communes des presses. ....3**

A. Bâtis. .... 3

B. Coulisseau. ....5

C. Table de presse. ....5

D. Organes annexes. ....6

#### **2. Types de presses selon l'énergie. ....7**

A. Presses mécaniques. ....7

B. Presses hydrauliques. ....9

C. Servo-presses. ....11

#### **3. Les types de presses selon le nombre de coulisseaux. ....12**

A. Presses simple effet. ....12

B. Presses double effet. ....12

C. Presses triple effet. ....12

<b>4. Alimentation des presses.</b> .....	<b>12</b>
A. Travail à partir de bobines. ....	12
B. Travail à partir de Bandes. ....	13
C. Alimentation à partir de pièces. ....	13
<b>5. Critères de choix d'une presse.</b> .....	<b>13</b>
<b>Conclusion.</b> .....	<b>14</b>

## **Chapitre II : Outils de presses. ....15**

### **Introduction. ....15**

#### **1. Définition .....15**

A. Matrice. ....	15
B. Poinçon. ....	16
C. Serre flan. ....	16
D. Accessoire de outils de presses. ....	16

#### **2. Paramètres influents dans le développement d'un outil. ....17**

A. La pièce à fabriquer. ....	17
B. La gamme de mise en forme. ....	17
C. La technologie de l'outil. ....	18
D. Le type d'outil. ....	19

#### **3. Types d'outils de presse. ....19**

A. Outils à découper. ....	19
B. Outils d'emboutissage. ....	20
C. Outil à suivre ....	22
D. Outil avec système transfert intégré. ....	22
E. Outil suisse et outil de découpage fin. ....	23
F. Outil de reprise. ....	25
G. Outil avec système transfert sur presse. ....	25
H. Outil avec poste à came. ....	26

I. Outil sur ligne de presse tandem. ....	27
<b>4. Matériaux pour outils de presses. ....</b>	<b>28</b>
A. Les fontes. ....	28
B. Les aciers à outils. ....	28
C. Le carbure de tungstène. ....	28
D. Les cupro-aluminium. ....	28
E. Les outils lamellisés. ....	28
<b>Conclusion. ....</b>	<b>29</b>
<b>Chapitre III : Emboutissage des aciers. ....</b>	<b>30</b>
<b>1. Définitions ....</b>	<b>30</b>
<b>2. Le principe de l'emboutissage. ....</b>	<b>31</b>
<b>3. Types d'emboutissage. ....</b>	<b>32</b>
A. Suivant température. ....	32
B. Suivant le nombre d'effets. ....	32
<b>4. Modes d'emboutissage et les essais simulatifs. ....</b>	<b>33</b>
A. Emboutissage en expansion. ....	33
B. Emboutissage en rétreint. ....	34
C. La traction plane. ....	34
D. Cisaillement. ....	35
E. Mode dominant (essais mixtes). ....	35
<b>5. Les défauts en emboutissage. ....</b>	<b>36</b>
A. Les plissements. ....	36
B. Striction et rupture. ....	36
C. Les défauts de surface. ....	36
D. Tolérances dimensionnelles. ....	37
<b>6. Matériaux emboutissables. ....</b>	<b>38</b>
<b>7. Règles de dimensionnement. ....</b>	<b>38</b>
A. Matrice. ....	39
B. Poinçon. ....	39

C. Rayon du flan. ....	39
D. Zone de coin. ....	39
E. Guidages. ....	40
F. Réactions. ....	40
G. Dimensionnements. ....	40
H. Jeux. ....	41
I. Serre-flan. ....	41
J. Joncs de retenue. ....	41
<b>8. Étapes de la conception de la gamme. ....</b>	<b>42</b>
A. Définition géométrique de la pièce. ....	42
B. Détermination du flan minimum. ....	43
C. Établissement des conditions d'emboutissage. ....	44
D. Recherche de l'enveloppe générale des surfaces d'aspect. ....	45
E. Évaluation des rayons poinçon/matrice. ....	45
F. Portées de serre-flan. Joncs et autres artifices. ....	45
<b>8. Emboutissage profond. ....</b>	<b>45</b>
A. Nombre de passes. ....	46
B. Recuit. ....	47
<b>9. Efforts d'emboutissage. ....</b>	<b>48</b>
<b>10. Vitesse d'emboutissage. ....</b>	<b>49</b>
<b>11. Lubrification. ....</b>	<b>50</b>
<b>Chapitre IV : Conception de l'outillage. ....</b>	<b>51</b>
<b>Introduction. ....</b>	<b>51</b>
<b>1. Cahier des charges. ....</b>	<b>51</b>
A. Caractéristiques chimiques. ....	51
B. Caractéristiques mécaniques de la tôle inoxydable. ....	51
C. Processus de fabrication. ....	52
<b>2. Calcul des efforts d'emboutissage. ....</b>	<b>52</b>
A. Emboutissage cylindrique. ....	52

B. Emboutissage quadrangulaire. ....	53
C. Jeu poinçon et matrice. ....	54
D. Rayon de matrice. ....	54
E. Pression du serre flan. ....	54
F. Effort d'extraction de la pièce par les éjecteurs. ....	55
<b>3. Calcul de la résistance à la compression. ....</b>	<b>55</b>
A. Matrice. ....	55
B. Le poinçon. ....	56
<b>4. Vitesse d'emboutissage. ....</b>	<b>57</b>
<b>5. Choix de la presse. ....</b>	<b>57</b>
<b>6. Présentation de l'outillage. ....</b>	<b>58</b>
A. Partie supérieure. ....	58
B. Partie inférieure. ....	58
C. Eléments normalisés. ....	59
<b>7. Fonctionnement de l'outil. ....</b>	<b>59</b>
<b>Conclusion. ....</b>	<b>62</b>
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>63</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>64</b>
<b>Bibliographie.</b> .....	<b>67</b>

## La liste des figures :

<b>Figure I.1</b> : Presse à col de cygne.....	4
<b>Figure I.2</b> : Presse à arcade. ....	4
<b>Figure I.3</b> : Déplacement des plateaux mobiles.....	6
<b>Figure I.4</b> : Presse double effet mécanique.....	7
<b>Figure I.5</b> : Presse hydraulique à simple effet.....	10
<b>Figure II.1</b> : exemple d'un outil classique d'emboutissage.....	15
<b>Figure II.2</b> : outil à découvert simple.....	19
<b>Figure II.3</b> : Outils de détournage normal.....	20
<b>Figure II.4</b> : Outils d'emboutissage sans serre-flan.....	20
<b>Figure II.5</b> : Outil à serre-flan monté sur presse à simple effet.....	21
<b>Figure II.6</b> : Outil à serre-flan monté sur presse à double effets.....	21
<b>Figure II.7</b> : Exemple d'un outil à suivre avec sa mise en bande.....	22
<b>Figure II.8</b> : Outil avec système transfert intégré.....	23
<b>Figure II.9</b> : Schéma de principe d'un outil suisse.....	24
<b>Figure II.10</b> : Principe d'un outil de découpage fin.....	24
<b>Figure II.11</b> : Exemple de manutention des pièces sur outil de reprise.....	25
<b>Figure II.12</b> : Outil avec système transfert sur presse.....	26
<b>Figure II.13</b> : Outil avec post à came.....	26
<b>Figure II.14</b> : Ligne de presse tandem.....	27
<b>Figure. III.1</b> : Procédé d'emboutissage.....	30
<b>Figure. III.2</b> : Schéma d'un essai d'expansion.....	33
<b>Figure III.3</b> : Essai Swift.....	34
<b>Figure III.4</b> : Essai traction plane.....	35
<b>Figure III.5</b> : Diagramme des différents modes de déformations rencontrés en emboutissage.....	36
<b>Figure III.6</b> : Rayon du flan.....	39
<b>Figure III.7</b> : Phases de transformation pour la réalisation d'une pièce emboutie.....	42
<b>Figure III.8</b> : Balancement de la pièce pour la détermination de la direction d'emboutissage.....	43

<b>Figure III.9</b> : Une approche classique (Ligne par ligne) .....	44
<b>Figure III.10</b> : Développement des parties droites.....	44
<b>Figure III.11</b> : Développement des coins.....	44
<b>Figure III.12</b> : Détermination de la surface enveloppe des volumes d’aspect.....	45
<b>Figure III.13</b> : Jonc de retenue, gradin ou redan.....	46
<b>Figure IV.1</b> : mesure la surface de la matrice .....	56
<b>Figure IV.2</b> : mesure la surface du poinçon .....	57
<b>Figure IV.3</b> : l’étape Pose du flan.....	59
<b>Figure IV.4</b> : Serre flan plaque la tôle sur le dévêtisseur.....	60
<b>Figure IV.5</b> : Emboutissage de la pièce. ....	60
<b>Figure IV.6</b> : Retrait de la partie supérieure.....	61
<b>Figure IV.7</b> : Ejection de la pièce. ....	61

## La liste des tableaux :

<b>Tableau 1</b> : Procédés de mise en forme par déformation plastique.....	2
<b>Tableau I.1</b> : Caractéristiques de presses hydrauliques.....	11
<b>Tableau III.1</b> : coefficient en fonction du rapport de réduction.....	49
<b>Tableau IV.1</b> : des caractéristiques chimiques de la tôle inoxydable.....	51
<b>Tableau IV.2</b> : Caractéristiques mécaniques de la tôle inoxydable.....	51

## **La liste des planches :**

Planche 1 : Semelle supérieure.

Planche 2 : Poinçon.

Planche 3 : serre flan.

Planche 4 : Bague de guidage serre flan.

Planche 5 : Colonne de guidage.

Planche 6 : Bague de guidage.

Planche 7 : Bague de guidage détrompeur.

Planche 8 : Colonne de guidage détrompeur.

Planche 9 : Butée fin de course.

Planche 10 : Butée de positionnement du flan.

Planche 11 : Matrice.

Planche 12 : Semelle inférieure.

Planche 13 : Devetisseur.

Planche 14 : Goujon de centrage.

Planche 15 : Axe de ressort devetisseur.

Planche 16 : Partie supérieure.

Planche 17 : Partie inférieure.

Planche 18 : Vue explosée de l'outil complète.

Planche 19 : Dessin définition de la plaque de cuisson.

# **Introduction générale**

### Introduction générale :

Le domaine de fabrication est divisé en plusieurs types, chacun d'entre eux a ses spécificités que ce soit en types de pièces, leurs formes, leurs rôles, leurs usages, ou tout simplement par la méthode d'obtention du brut, car en effet une pièce moulée ou forgée va sans doute subir des opérations d'usinages, par contre une pièce de tôlerie est obtenue à la base d'un brut qui venant des laminoirs et ensuite transformé en bobines.

On peut citer comme exemple, la fabrication des pièces de moteurs automobiles qui sont généralement fabriqués par procédé d'usinage, sans trop s'éloigner du secteur automobile tous les ouvrants du véhicule sont fabriqués par procédés de déformations plastiques, généralement par découpage, emboutissage et détourage. D'ailleurs ces derniers sont les principaux modes d'obtentions des pièces de tôles dans les industries de l'automobile et électroménagères.

L'emboutissage est le mode de fabrication des tôles le plus utilisés, 30% de pièces fabriquées en tôlerie le sont par emboutissage. La thèse qui va suivre aborde le thème de la conception de l'outillage nécessaire pour ce procédé, étant donné que pour la concrétisation du procédé, il est plus que primordial de combiner plusieurs conditions qui vont d'ailleurs être traitées, Les presses, l'outillage, et le procédé en lui-même.

Les presses et malgré leurs complexités, un emboutisseur ou concepteur d'outillage doit impérativement détenir une maîtrise assez avancée de ces dernières, car il ne faut pas oublier que toute la manœuvre se basent et s'effectuent au moyen de celle-ci.

Pour poursuivre dans cette démarche, la connaissance des différentes technologies des outillages pour presses existantes le sont aussi, le concepteur dans ce cas a l'obligation de se référer aux technologies existantes sous peine d'avoir un outil obsolète ou au prix de revient trop onéreux.

Le procédé d'emboutissage, les défauts de tôle après être emboutit et leurs solutions, les choix de la tôle utilisée comme pièce brute et la forme finale auront un grand impact sur l'opération en elle-même, passé son rôle à jouer dans l'assemblage final les propriétés de la tôle, affectent l'opération d'emboutissage.

La pièce à fabriquer est une plaque de cuisson en acier inoxydable se plaçant sur la partie supérieure d'une cuisinière, nous allons nous concentrer sur l'opération d'emboutissage, vu que la pièce en question subit plusieurs procédés avant l'état final, donc pour réaliser cette opération nous allons concevoir un outil qui va donner les formes et dimensions voulues pour la tôle.

La conception portera donc tous ces aspects cités, pour en présenter finalement le produit ainsi que les dessins de définitions, ou figurent toutes les pièces composantes et dessins d'ensembles.

Voici quelques exemples de procédés de mise en forme des tôles par déformation plastique.

Matière de base	Sollicitation	Procédé	Série	Exemples
Solide	Pression direct	Forgeage	Petites séries	Pieces de décoration...
		Laminage		Rails de trains, tôles...
		Estampage	Grandes séries	Vilebrequins, leviers, bielles
	Pression indirecte	Filage direct	Grandes séries	Visseries, douilles...
		Filage inverse	Grandes séries	Boites de coca...
		Tréfilage	Grandes séries	Fils de bobines...
Feuille(tôle)	Cisaillement	Cisailage		Tôleries...
		Poinçonnage découpage		Tôles perforées...
	Flexion	Pliage		Tôleries...
		Roulage et cintrage		Boites de tomates...
	Traction	Emboutissage	Grandes séries	Automobiles, électroménagers...
	Haute énergie	Formage par explosion	Petites séries	Fond des grandes citernes...
		Formage par électrohydraulique		
		Formage par électromagnétique	Grandes séries	
	Poudre	Pression+ haute pression	Frittage	Grandes séries

Tableau 1 : Procédés de mise en forme par déformation plastique.

# **Chapitre I : Les presses**

## Introduction :

Les presses font partie des machines les plus utilisées dans l'industrie d'aujourd'hui notamment dans les secteurs automobiles aéronautiques et électroménagers.

La presse est une machine-outil capable de fournir à un outillage l'effort et l'énergie nécessaire au formage par déformation plastique d'un élément de tôle (flan) pour obtenir une pièce de forme déterminée (embouti).

On note l'existence de plusieurs types de presses selon la forme du bâti, l'agent moteur et le nombre de coulisseaux.

## Généralités sur les types de presses :

Les presses se comportent d'un bâti et d'un ensemble mobile qui anime un ou plusieurs coulisseaux d'un mouvement rectiligne alternatif. [1]

- **La nature de l'agent moteur :**  
Presses mécaniques à système bielle-manivelle.  
Presses hydrauliques.
- **La forme du bâti :**  
Presses à arcade ou montants droits.  
Presses à col de cygne.
- **Le nombre de coulisseaux :**  
Simple effet.  
Double effet.  
Triple effet.

## 1. Caractéristiques communes des presses :

### A. Bâtis :

#### A.1. Bâtis à col de cygne :

Cette forme rend la table et le coulisseau très accessibles.

Les presses à col de cygne sont souvent inclinées de 30° en arrière, ce qui permet une évacuation aisée des Pièces par gravité.

Sous charge le bâtis se déforme élastiquement et provoque un déplacement angulaire des deux parties de l'outil.

De ce fait les presses à col de cygne sont réservées aux presses développant au max 2000 KN d'effort.

L'emploi des tirants appelés également bretelles, confère au bâti une plus grande rigidité, mais réduit l'accessibilité de la table. [1]



Figure I.1 : Presse à col de cygne.

#### A.2. Batis à arcades (montants droits) :



Figure I.2 : Presse à arcade.

Ils présentent une plus grande rigidité et permettent ainsi de supporter des efforts beaucoup plus importants, tout en assurant une plus grande précision dans le guidage des outils.

Néanmoins, la présence de montants réduit l'accessibilité à la table de travail.

Ces bâtis sont utilisés à partir de 1000 kN pour l'emboutissage et sont de règle pour les presses de découpe rapide même de capacité inférieure à 1000 kN.

Exception faite des presses de faible capacité mais de grandes dimensions, les bâtis sont monoblocs jusqu'aux forces nominales de 4000 kN. [1]

### **B. Coulisseau :**

C'est la partie mobile animée d'un mouvement alternatif. Il est soit en fonte soit en acier mécanosoudé.

Sa partie inférieure, appelée semelle, comporte des usinages pour assurer la fixation de la partie supérieure de l'outil : rainures en T pour les outils importants, alésage pour le nez de fixation des petits outils.

Le coulisseau est guidé par des glissières solidaires du bâtis.

Les outillages de taille importante sont fixés par des brides pneumatique placées à l'intérieur du coulisseau. Ces systèmes de bridage sont généralement associés aux plateaux motorisés des presses. [1]

### **C. Table de presse :**

Appelée également table mobile ou plateau, elle reçoit la partie inférieure de l'outil et assure sa fixation (rainure en T, trous taraudés). Pour assurer le passage des chandelles d'éjection, elle est percée de trous.

Certaines tables de presses (presses de découpe) sont ajourées au centre pour permettre l'évacuation des pièces ou de déchets. Il n'existe pas encore de normalisation précise sur la position des trous dans la table.

Le montage des outillages de taille importantes, 5 à 50 t, nécessite parfois un temps non négligeable devant celui de la fabrication : 20% dans certains cas.

L'augmentation du taux de productivité des presses peut être obtenue par des changements rapides des outils avec des plateaux mobiles roulants, et d'autres systèmes avec des coussins d'air pour les outils d'environ 2 tonnes.

Là où un changement d'outil va prendre 6h, il va prendre 1h suivant la complexité et les dimensions de l'outillage. [1]

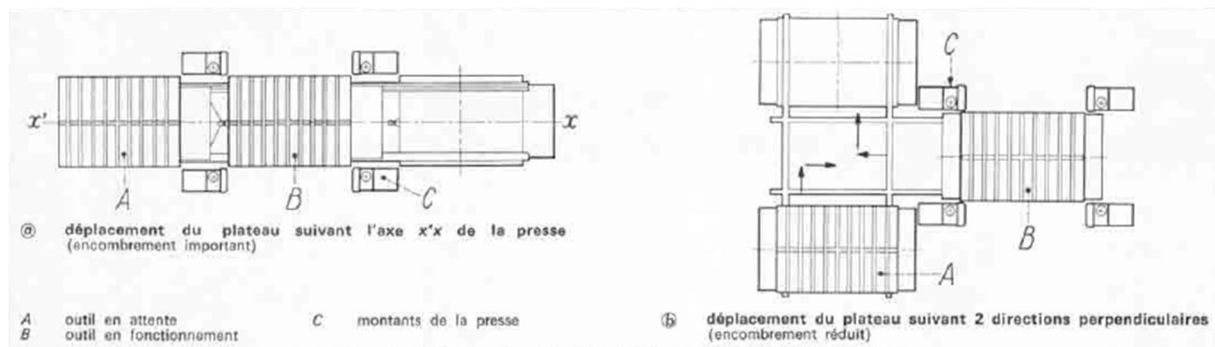


Figure I.3 : Déplacement des plateaux mobiles.

## D. Organes annexes :

### D.1. Equilibreurs :

Ce sont des vérins pneumatiques qui rattrapent les jeux en rappelant le coulisseau vers le haut et qui évitent également sa chute en cas rupture de la bielle. [1]

### D.2. Coussins inférieurs :

Ils permettent l'emboutissage avec serre flan sur presses simples effet ou la fonction d'éjecteurs des pièces. On rencontre généralement deux sortes :

- Les coussins à ressorts ou à rondelles caoutchouc.
- Les coussins pneumatiques. [1]

### D.3. Ejecteurs :

Les presses simples effets, comportent dans leurs coulisseaux un ou plusieurs éjecteurs qui peuvent être pneumatique ou à barre, il s'agit dans ce dernier cas d'une traverse qui, rencontrant des butées réglables solidaires du bâti, pousse par l'intermédiaire d'une chandelle d'éjection ; ce dispositif est appelé éjection positive. [1]

### D.4. Lubrification :

La lubrification des glissières, tête de bielle, paliers est assurée par une centrale de graissage automatique, et par barbotage par les engrenages. [1]

## 2. Types de presses selon l'énergie :

### A. Presses mécaniques :

Le principe de fonctionnement des presses mécaniques est un système bielle-manivelle (vilebrequin ou excentrique) imprime le mouvement au coulisseau. On appelle point mort bas (PMB) la distance minimale entre la table et le coulisseau et point mort haut (PMH) la distance maximale

La course du coulisseau est égale à 2 fois le rayon de manivelle.

L'énergie nécessaire au travail de formage est fournie par un volant d'inertie entraîné par un moteur électrique. [1]

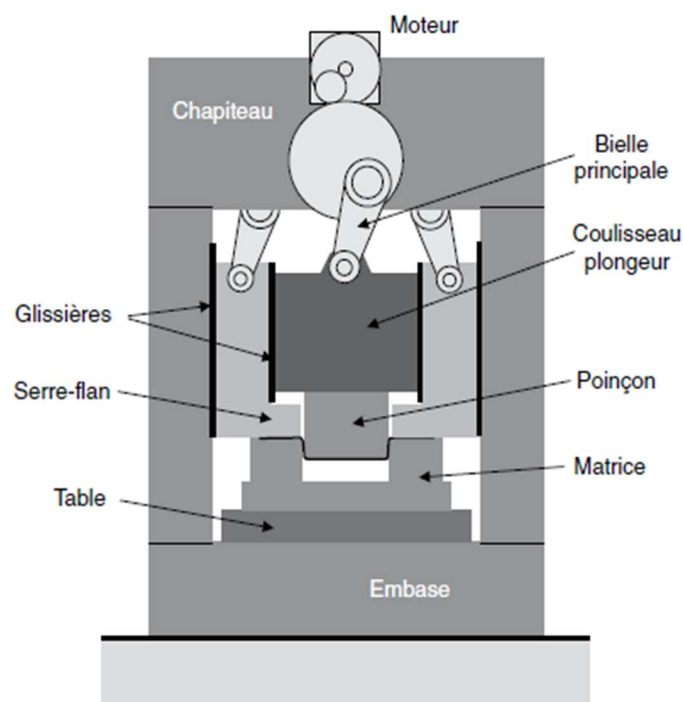


Figure I.4 : Presse double effet mécanique.

### A.1. Organes de commandes :

#### A.1.1. Moteurs :

Ils sont généralement à courant alternatif triphasé avec des taux de glissement pouvant atteindre 15%.

Certaines presses sont équipées de moteur à courant continu à vitesse réglable permettant de synchroniser soit l'opération de presse avec certaines autres opérations telles que l'alimentation par exemple soit de synchroniser entre elles des presses d'une même ligne. [1]

### **A.1.2. Embrayages et freins :**

Pour des raisons d'économie d'énergie et de gain de temps, le volant de la presse tourne en permanence, donc la mise en mouvement et l'arrêt du coulisseau passent obligatoirement par l'utilisation d'un embrayage et d'un frein. On peut dénombrer deux types d'embrayages : embrayage à clavette pivotante ou à friction.

- **Embrayages à clavette :**

Il est utilisé pour les presses de faible capacité, 800 KN maximum.

- **Embrayages à friction :**

Ce sont les embrayages les plus répandus et ils tendent même à remplacer les embrayages à clavettes sur les presses de faible capacité. [1]

### **A.1.3. Vilebrequins et Excentriques :**

Les vilebrequins sont les plus répandus, ils sont en acier XC 42 ou 35 CD 4 trempé et revenue pour  $R_r=90$  à 100 bars.

Les presses de forte capacité sont, de préférences, équipées d'excentriques à engrenages en acier moulé. [1]

### **A.1.4. Bielles :**

Elles sont réalisées en fonte, ou en acier forgé, leur longueur varie entre 8 et 14 fois la course.

Le pied de bielle attaque le coulisseau sur une articulation à rotule pour les petites presses ou sur un axe soit directement, soit par l'intermédiaire d'un cylindre glissant dans un fourreau fixé au bâti pour diminuer les réactions sur les glissières du coulisseau. [1]

## **A.2. Différents types de presses mécaniques :**

### **A.2.1. Presses de découpages et petits formages :**

#### **A.2.1.1. Presses rapides :**

Elles permettent le formage de petites pièces électriques et électroniques (cosses, contacts) d'une vitesse de 1200 coups/mn avec des presses de 250-400-600 KN. [1]

#### **A.2.1.2. Presses de découpages fins :**

Le découpage fin exige de presses spécifiques. Les tolérances dimensionnelles des pièces nécessitent des presses compactes en plus des forces importantes appliquées pour l'obtention des pièces. Donc robustesse du bâti et sa rigidité sont nécessaires afin d'assurer le guidage précis de l'outil. [1]

#### **A.2.2. Presses à vis :**

Le mouvement de translation du coulisseau est transmis par une vis (système vis écrou) Le rotor étant accouplé à la vis, le stator étant solidaire du bâti.

Elles sont utilisées pour des opérations de frappe de nervure et de gravure.

Les efforts varient entre 1250 et 1700 KN pour des courses de 100 à 560 mm. [1]

#### **A.2.3. Presses à genouillères :**

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

- 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 fixée au coulisseau. [1]

#### **B. Presses hydrauliques :**

De structure comparable à celle des presses mécaniques, elles se différencient par le mode d'action du coulisseau et par le moyen de production de l'énergie nécessaire au formage.

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

Les vitesses de travail sont plus faibles que sur les presses mécaniques (la vitesse étant inversement proportionnelle à la section du piston, il serait nécessaire, pour obtenir des efforts nominaux élevés, d'avoir des groupes et des circuits conçus pour de très hautes pressions). [1]

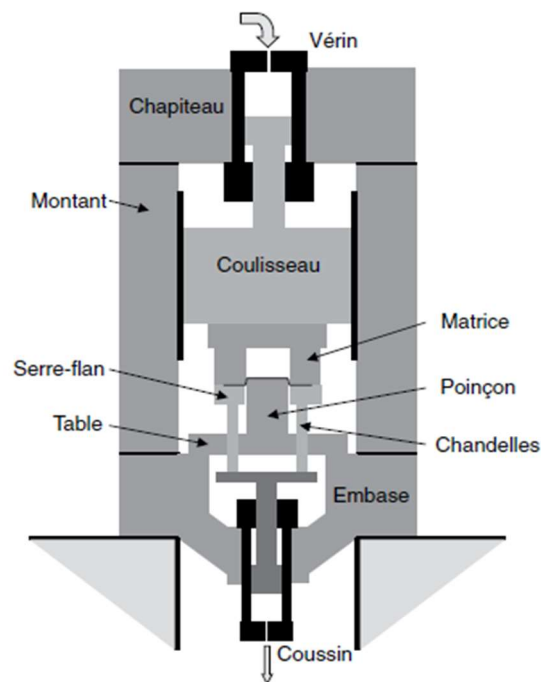


Figure I.5 : Presse hydraulique à simple effet.

### B.1. Différents types de presses hydrauliques :

#### -Presses à eau :

Ces machines fonctionnent avec de l'eau comme fluide moteur. Elles sont actionnées par des pompes et des accumulateurs. Ces machines, très anciennes, subsistent dans les usines d'emboutissage à chaud.

#### -Presses à huile :

Elles sont équipées de pompes délivrant des pressions de l'ordre de 300 bars.

Jusqu'à 150 bars, les pompes basses pression sont à *palettes*, au-delà les pompes dites haute pression sont à *pistons radiaux* ou *axiaux*. Elles peuvent être à débit constant ou variable. L'effort maximal peut être appliqué en n'importe quel point de la course et elles ne présentent aucun risque de surcharge accidentelle.

La loi de mouvement optimal du coulisseau est obtenue, sur presses mécaniques, au prix de solutions mécaniques complexes, encombrantes et qu'elle ne peut pas être modifiée facilement. Il en est différemment des presses hydrauliques. [1]

## B.2. Caractéristiques des presses Hydrauliques :

Structure	Force Nominal (KN)	Vitesse d'approche (m/min)	Vitesse de travail (m/min)	Course (mm)	Passage (mm <sup>3</sup> )	Table (mm)
Col de cygne Simple effet	150	20	7	300	500	
	300	18 à 24	2 à 3	400	700	210 <sup>2</sup>
	750	5	2.5	375	900	
Arcade Double effet	1000/500	20	0 à 10	600	1200	800 x 900
	2500/1250	24	0.5 à 2	700	1500	1000 x 1000 1250 x 1000
	4000/2000	24	0.5 à 2	800	1750	1250 x 1000 1500 x 1300

Tableau 2 : Caractéristiques des presses hydrauliques. [1]

## C. Servo-presses :

Il s'agit d'une technologie très récente : une dizaine d'années environ.

L'idée de base consiste à remplacer le classique moteur électrique à induction, l'embrayage et le volant d'inertie, par un ou des servomoteur(s) en prise directe avec le mécanisme donnant le mouvement alternatif. Il peut s'agir de bielles, genouillères, ou d'autres mécanismes.

La consommation totale d'énergie est réduite car le moteur ne tourne que pendant le mouvement du coulisseau. La vitesse de déplacement de celui-ci est presque infiniment modulable, ce qui permet :

- de régler une approche très rapide,
- de ralentir le coulisseau juste à l'instant de l'attaque (réduit le bruit et les chocs pour la découpe),
- de régler la vitesse de travail au mieux vis-à-vis du matériau embouti,
- de maintenir le coulisseau au PMB pour parfaire la frappe,
- de remonter très rapidement le coulisseau,
- de régler les courses avec une extrême précision (de l'ordre du 1/100 mm).

Les avantages revendiqués sont donc nombreux mais semblent plutôt d'ordre économique (consommation globale d'électricité plus faible, augmentation des cadences). Il n'apparaît pas clairement, au vu des résultats actuellement connus, de grand bénéfice sur le plan de la qualité du formage<sup>1</sup>.

Parmi les inconvénients, il faut noter le fait que la puissance installée doit être beaucoup plus élevée que pour une presse mécanique classique car il faut fournir une grande énergie instantanée durant certaines phases de l'emboutissage. Des moyens de stockage additionnels externes de l'énergie sont donc envisagés pour les presses de grosse capacité (utilisation de condensateurs, d'un volant d'inertie...)

On est également obligé de (re)mettre un frein en cas d'arrêt d'urgence.

Ces presses sont encore peu répandues au moment de la publication. [2]

### 3. Les types de presses selon le nombre de coulisseaux :

#### A. Presses simple effet :

Elles ne comportent qu'un seul coulisseau actionné, suivant sa taille, par 1, 2 ou 4 bielles et elles couvrent toute la gamme des efforts de 10 à 30000 KN. Elles sont destinées pour l'emboutissage ou le pliage.

#### B. Presses double effet :

Ces presses sont composées de deux coulisseaux un servant de serre flan, l'autre de coulisseau plongeur supportant le poinçon.

Servant pour l'emboutissage profond.

#### C. Presses triple effet :

Conçu de la même façon qu'une presse double effet, elle contient un troisième coulisseau permettant de réaliser des contres emboutis de faible profondeur.

### 4. Alimentation des presses :

L'alimentation des presses tend toujours vers l'automatisation, ceci pour permettre d'une part une amélioration des conditions de travail du personnel, en particulier de la sécurité, et d'autre part une augmentation de productivité. [1]

On peut distinguer deux types d'alimentation des presses :

- Les aménages qui alimentent l'outil à partir de bobines ou de bandes.
- Les robots ou manipulateurs qui transportent les pièces d'un poste ou d'une presse à l'autre.

#### A. Travail à partir de bobines :

Ce type de travail est spécifique aux outils à suivre (*découpage, poinçonnage*). Aux différents stades de sa fabrication, la pièce reste accrochée à la bande non utilisée est appelée *squelette*.

L'alimentation de l'outil en matière est réalisée à partir de *bobines* dont les diamètres les plus courant sont 900 à 1500 mm. [1]

### **B. Travail à partir de Bandes :**

Ces appareils sont destinés à alimenter les outils à partir de bandes de tôles empilées.

La bande est séparée de la pile par deux ventouses, elles-mêmes entraînées par un vérin qui assure leur déplacement jusqu'à l'aménage à rouleau ou à pinces. [1]

### **C. Alimentation à partir de pièces :**

Il peut aussi bien s'agir de flans que de pièces en cours de formage.

Le flan étant plan, on utilise, soit des dispositifs à tiroir pour les tôles d'épaisseur supérieur à 1 mm, soit des bras mécaniques à dépression (ventouses) ou magnétiques. Quand il s'agit de pièces au cours de formages l'alimentation s'effectue à l'aide d'un transfert à pinces. [1]

## **5. Critères de choix d'une presse :**

- **Nature de travail :**  
Les presses mécaniques sont préconisées pour les travaux de cadences élevés (découpe et poinçonnage).  
Les presses hydrauliques sont utilisées pour les emboutissages profonds.
- **Effort nominal :**  
L'effort fourni par une presse mécanique augmente avec la diminution de la distance du PMB.  
La presse hydraulique fournit le même effort en tout point de la course.
- **Effort au serre flan :**  
Il est en fonction du mode de fabrication, expansion pure ou retrait.
- **Course :**  
Elle est déterminée, pour les hauteurs de pièces à produire.  
Pour permettre un dégagement aisé de la pièce, la course de la presse doit être en moyenne 2.5 fois la hauteur de la pièce.
- **Dimensions de la table :**  
Les dimensions de l'outillage sont déterminées par les pièces à réaliser de ce fait, les dimensions des tables le sont aussi.
- **Distance minimale entre tables et coulisseaux :**  
Hauteur outil fermé (HOF), c'est la distance qui sépare la table du coulisseau lorsque celui-ci est au PMB de la plus grande course :  
C'est la hauteur libre minimale disponible entre tables inférieure et supérieure.

- **Cadences :**

Les presses mécaniques permettent des cadences plus élevées mais ne permettent pas la réalisation de forme profonde et complexes.

Les presses hydrauliques ont des cadences plus faibles mais permettent la réalisation de formes profonde et complexes.

- **Entretien et mise en œuvre :**

Les presses hydrauliques nécessitent un personnel d'entretien plus qualifié, mais leurs mises en œuvre est plus aisée car des erreurs de réglages ne sont pas aussi lourdes de conséquences que sur les presses mécaniques. [3]

## **Conclusion :**

Pour la mise en forme des tôles, le choix du type de presses est primordial, il se fait selon des critères bien définis, généralement imposés par les contraintes de fabrication de la pièce, comme la nature de travail, l'effort nominal et les cadences de fabrication.

Les presses mécaniques sont utilisées pour les opérations de découpage et d'emboutissages peu profonds avec des cadences de fabrication élevées.

Les presses hydrauliques sont utilisées pour la réalisation d'emboutissages profonds et des pièces nécessitant des efforts importants.

En vue des avancées technologiques dans le domaine des presses, les servo-presses tendent à se faire leurs places dans la mise en forme des métaux en feuilles malgré qu'elles montrent beaucoup plus d'avantages économiques que de qualité de formage.

Il est nécessaire d'ajouter que le choix du type de l'outil, peut nous contraindre à alimenter la machine différemment en tôle.

# **Chapitre II : Les outils de presses**

### Introduction :

Les presses permettent de réaliser des opérations de mise en forme à l'aide d'outils spécifiques à chaque type d'opération.

Afin de concevoir ces outils de presse il faudrait prendre en considération et respecter plusieurs paramètres pour réussir à satisfaire les formes et les précisions géométriques des pièces.

### 1. Définition :

Un outil de presse est une construction mécanique de précision, supposée indéformable, en général, composée d'une partie mobile supérieure bridée sur le coulisseau et d'une partie inférieure fixe bridée sur la table de la presse. Cet ensemble, parfaitement guidé, permet de travailler la tôle par des opérations successives de découpage, pliage, cambrage, emboutissage, de façon à obtenir la pièce désirée. [3]

#### Principaux composants :

Les outils de presses se composent généralement de trois parties principales. Une **matrice** qui épouse à peu près la forme extérieure de la pièce à réaliser, un **poinçon**, ayant la forme intérieure de la pièce, qui va pousser dans la matrice une tôle de contour adapté qu'on appelle « flan » et un **serre-flan** qui appuie ce dernier sur l'extérieur de la matrice pour éviter la formation de plis et réguler l'avalement du métal dans l'outil.[1]

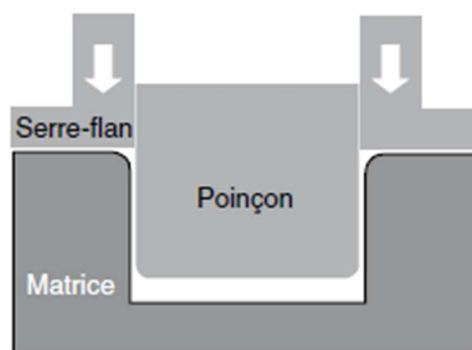


Figure II.1 : exemple d'un outil classique d'emboutissage.

#### A. Matrice :

C'est le plus gros élément de l'outil puisque le poinçon doit pousser la tôle dedans et qu'elle doit supporter entièrement le flan.

En examinant une matrice, on voit donc une cavité centrale dont la forme reproduit assez exactement celle de la pièce à fabriquer, entourée d'une surface annulaire plate ou gauche sur laquelle repose le flan au départ de l'emboutissage. Cette surface peut porter des éléments de freinage tels que joncs ou redans. [1]

### **B. Poinçon :**

Sa forme reproduit, en principe, la forme intérieure de la pièce voulue, sauf si des corrections de courbure ont été apportées pour compenser le retour élastique.

Sauf dans le cas d'un nez de poinçon parfaitement plat entouré par un rayon de poinçon très faible, le métal sera soumis à l'expansion et amené à glisser sur le poinçon. Pour cette raison, un poinçon doit être soigneusement poli. [1]

### **C. Serre flan :**

Un serre-flan est un élément essentiel de tout outil d'emboutissage, car il sert à éviter la formation de plis, il s'applique soit directement sur le flan et le plaque sur la matrice, ce qu'on appelle « effet de confinement », soit il s'applique sur des butées appelées aussi « cales de compensation » situées au autour de la matrice et qui bloque son déplacement.

On ne contrôle plus alors une pression sur la tôle, mais un jeu entre serre-flan et matrice. [1]

### **D. Accessoire de outils de presses :**

Les outils de presse nécessitent, pour fonctionner correctement, certains accessoires dont nous ne citerons que les principaux. [1]

- Joncs et redans
- Boudins de protection
- Poinçons de contre-emboutissage
- Lames de crevage
- Cames
- Presseurs
- Drageoirs
- Éjecteurs

## 2. Paramètres influents dans le développement d'un outil :

Les paramètres influents sur les caractéristiques de l'outil peuvent être classés en quatre catégories. [3]

### A. La pièce à fabriquer :

- **Choix de la nuance de la matière** : matériau plus ou moins formable, avec ou non une forte résistance et ayant une précision géométrique, notamment en épaisseur, plus ou moins forte. Par exemple, la nuance d'acier à Haute Limite d'Élasticité (HLE) S420MC sera moins formable que la nuance S315MC moins résistante et sa précision, en épaisseur, sera moins bonne que l'acier laminé à froid HC420LA, de caractéristique élastique pourtant égale. [3]
- **Niveau de tolérances demandées** (Tolérances géométriques des outils et des pièces) : valeurs de tolérances exigées, capacités, situation de ces caractéristiques géométriques sur la pièce (zones déformées ou non) ... Par exemple, des tolérances au centième sur des ajourages ne sont, en général, pas tenables excepté dans le secteur des pièces de connectique pour lequel la matière, l'outil et la presse sont particulièrement adaptés. [3]

### B. La gamme de mise en forme :

La gamme de mise en forme, se caractérise par :

- **Sa « non-unicité »**, autrement dit, la gamme de mise en forme choisie n'est pas l'unique chemin pour obtenir la pièce à réaliser.  
Cette gamme peut être imaginée de différentes manières en fonction de l'expérience du développeur, tout en respectant une logique de développement cohérente. Son importance est pourtant centrale dans la performance de l'outil car, si la gamme n'est pas « robuste », l'outil sera difficile à régler avec de réelles difficultés pour obtenir des pièces conformes (sensibilité notamment aux variations des caractéristiques de la tôle travaillée). D'où l'importance d'associer, à un critère de validation de la gamme, celui concernant la maîtrise de fabrication. [3]
- **Sa dépendance aux contraintes** :
  - Liées aux moyens de production, par exemple, la taille de la presse et son tonnage pourront limiter la taille de l'outil et le nombre d'opérations pouvant être réalisées.
  - Économiques, puisque l'outil est réalisé pour une série de pièces donnée, une cadence définie (par exemple, 1 800 pièces /heure) et un engagement matière minimum. La gamme définit également les dimensions globales de l'outil et son niveau de complexité, dont l'incidence est directe sur le coût de l'outil. [3]

### C. La technologie de l'outil :

Parmi les caractéristiques principales d'un outil, on peut distinguer les suivantes.

- **Les paramètres ayant une influence directe sur les opérations de mise en forme** (découpage, pliage, emboutissage) comme les jeux, les pressions et les rayons.
- Ces paramètres sont souvent définis dès la conception de l'outil et sont ensuite ajustés à la mise au point.
- **La fonction de guidage des éléments mobiles dans l'outil** (par exemple, le poinçon par rapport à la matrice) et du positionnement de la tôle (par exemple, l'utilisation de pilotes dans la bande).
- **La fonction d'évacuation qui concerne tant les pièces que les déchets.** Dans le cas des pièces, l'évacuation peut être réalisée à partir de la séparation de celle-ci par rapport au squelette de la bande (cas d'un outil à suivre) de deux manières : en traversant la matrice de découpe (on appelle ce mode d'évacuation « passage à travers ») ou en restant sur le plan de défilement de la bande et en utilisant un plan incliné sur lequel la pièce pourra basculer et glisser. Pour les déchets, on retrouve les mêmes types d'évacuation avec la possibilité de les séparer en plusieurs morceaux (cas, par exemple, de la mise en place de coupes déchets sur un outil de détournage automobile).
- **Les systèmes à cames** : la présence de tels systèmes dans l'outil doit être considérée comme contraignante pour son fonctionnement. En effet, les cames sont des éléments dont l'usure est plus importante et qui demanderont de ce fait une maintenance plus forte. D'autre part, elles peuvent nécessiter de réduire la cadence de la presse. De plus, l'outil subira un surcoût du fait de leur présence.
- **Les matériaux à outil et leurs traitements** : les matériaux utilisés pour réaliser les différents composants de l'outil doivent être adaptés à la tôle mise en forme, aux opérations réalisées et à l'endurance attendue. Les traitements de surface et notamment, les revêtements durs appliqués aux éléments actifs de l'outil, peuvent apporter un gain déterminant dans la durée de vie des outils (par exemple, l'utilisation bénéfique d'un revêtement de type TiCN dans le travail de l'acier inoxydable austénitique).
- **La précision d'usinage et d'ajustage** : les machines d'usinage sont aujourd'hui très perfectionnées (électroérosion par enfonçage et au fil destinée essentiellement aux parties actives de l'outil, centre d'usinage pour les parties de guidage et les ossatures d'outil, rectification plane ou de forme pour des tolérances très réduites). Elles permettent des précisions au centième de millimètre, voire inférieures au centième.
- **La facilité de maintenance** : ce point n'est pas à négliger dans la conception de l'outil. En effet, il faut penser au reconditionnement ou au changement des parties actives de l'outil et des pièces d'usure. Par exemple, l'emploi d'éléments rapportés en aciers plus durs permet, lorsqu'ils sont usés, de ne changer que ces éléments. L'accessibilité de l'outil et son démontage doivent également être prévus à la conception.

Les choix technologiques de l'outil doivent, dans tous les cas, s'adapter à la fabrication demandée : quantité de pièces à produire et qualité exigée. Ces choix ne sont pas toujours libres. Ils sont parfois précisés dans un cahier des charges de conception d'outil, remis par le donneur d'ordres qui peut être, lui-même, du métier. [3]

### D. Le type d'outil :

Le type d'outil, conditionne : une partie de la gamme de mise en forme choisie (par exemple, il donne possibilité ou non de réaliser plusieurs pièces au coup de presse), la technicité mise en jeu (guidage dans la bande ou sur la pièce en reprise) et plus globalement la productivité de l'outil (les grandes séries sont habituellement destinées aux outils à suivre). Son coût est également lié au type d'outil utilisé (par exemple, un outil à suivre sera plus cher que plusieurs outils de reprise). [3]

## 3. Types d'outils de presse :

### A. Outils à découper :

#### A.1. Outil découvert

- Outil découvert simple

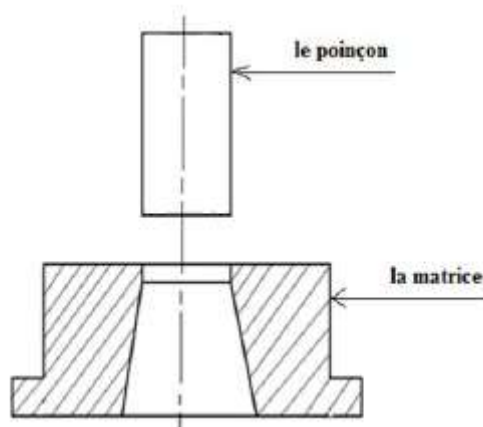


Figure II.2 : outil à découvert simple.

Cet outil est constitué uniquement d'un poinçon et d'une matrice. Il ne peut être employé dans les travaux de série du fait de la remontée de la bande de tôle avec le poinçon. En outre, cette bande n'est pas guidée sur la matrice et doit être déplacée à vue après chaque coup de presse. [4]

## A.2. Outils de détourage

Après emboutissage, les pièces obtenues présentent des bords (collerette) irréguliers donc il est nécessaire de détourer pour obtenir un bord franc. [4]

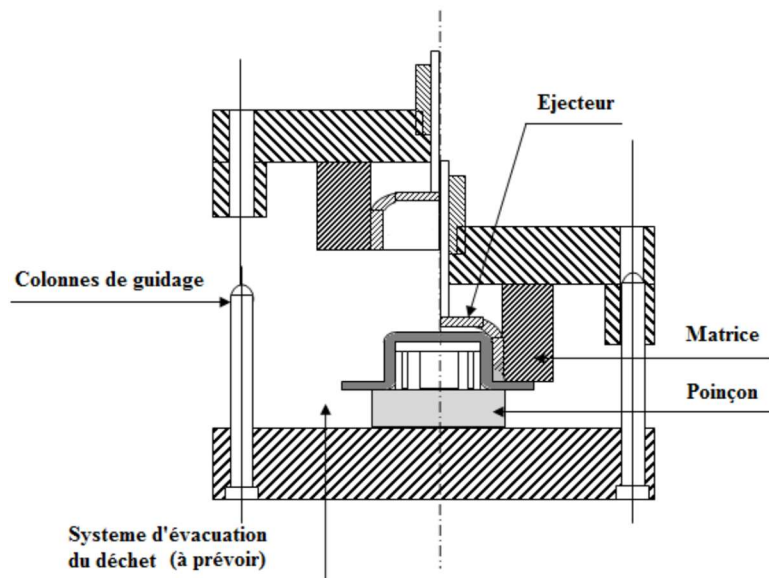


Figure II.3 : Outils de détourage normal.

## B. Outils d'emboutissage :

L'outil d'emboutissage nous permet de former des corps creux par déformation plastique des métaux en feuille. On trouve des outils avec ou sans serre-flan. [4]

### B.1. Outil sans serre-flan :

Le plus simple se compose d'un poinçon et d'une matrice, il est également appelé outil d'emboutissage par passe à travers.

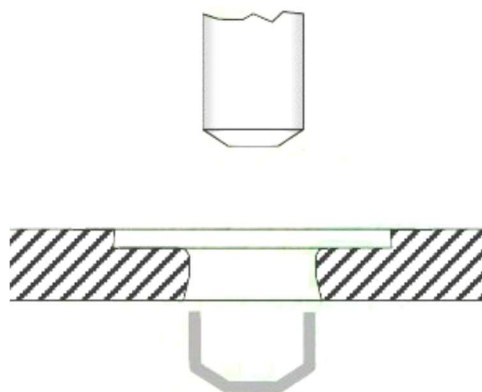


Figure II.4 : Outils d'emboutissage sans serre-flan.

Le poinçon entraîne la pièce formée à travers la matrice. Au cours de l'opération les parois de l'embouti augmentent légèrement l'épaisseur de la sortie de la matrice. A la remontée du coulisseau de la presse, la pièce est décrochée du poinçon par la face inférieure de la matrice. [4]

### B.2. Outil avec serre-flan :

Il existe deux genres d'outil à serre flan, suivant qu'il est destiné à une presse simple effet ou à une presse à double effets.

- **Outil monté sur presse à simple effet :**

Cet outil se compose simplement d'une matrice, d'un poinçon et d'un serre-flan qui est actionné le plus souvent par des ressorts situés sous le plateau de la presse.

En conséquence, l'outil est inversé au précédent ; le poinçon et le serre-flan constituent la partie inférieure de l'outil tant dis que la matrice occupe la partie supérieure. Les pièces embouties remontent avec la matrice et sont chassées par un éjecteur actionné par la presse en haut de course. [4]

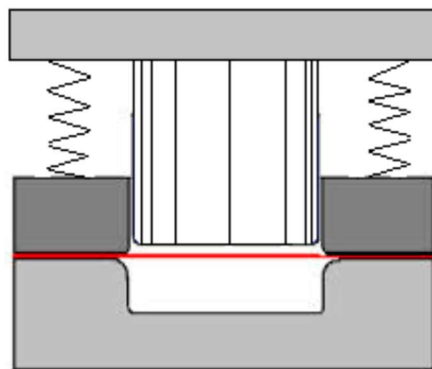


Figure II.5 : Outil à serre-flan monté sur presse à simple effet.

- **Outil monté sur presse à double effets :** Dans les presses à double effets, le coulisseau extérieur porte le serre-flan qui maintient la tôle pendant que le poinçon fixé au coulisseau intérieur déforme le métal. [4]

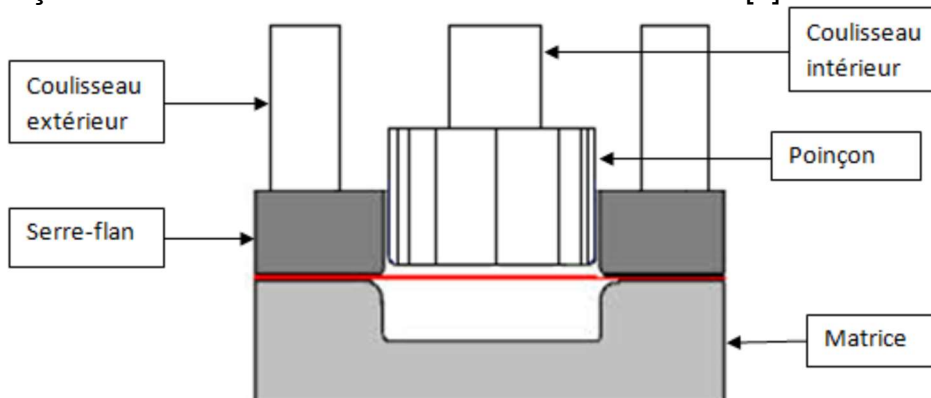


Figure II.6 : Outil à serre-flan monté sur presse à double effets.

### C. Outil à suivre :

Cet outil, encore appelé « outil à suite » ou « outil progressif », permet de réaliser à chaque coup de presse une pièce (ou plusieurs) terminée au sens de sa mise en forme. Dans ce cas, toutes les étapes de la mise en forme de la pièce (découpage, emboutissage, pliage) sont réalisées successivement avec le même outil et sur la même bande.

La figure montre la bande posée sur la partie basse de l'outil, sur laquelle peuvent être visualisées les différentes opérations de mise en forme.

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

L'aménage est constitué d'un dispositif de pinçage de la tôle qui est en phase avec la cinématique de la presse (avance de la bande lors de la remontée du coulisseau de la presse). Cette avance de la bande, à chaque coup de presse, s'appelle « le pas ». [3]

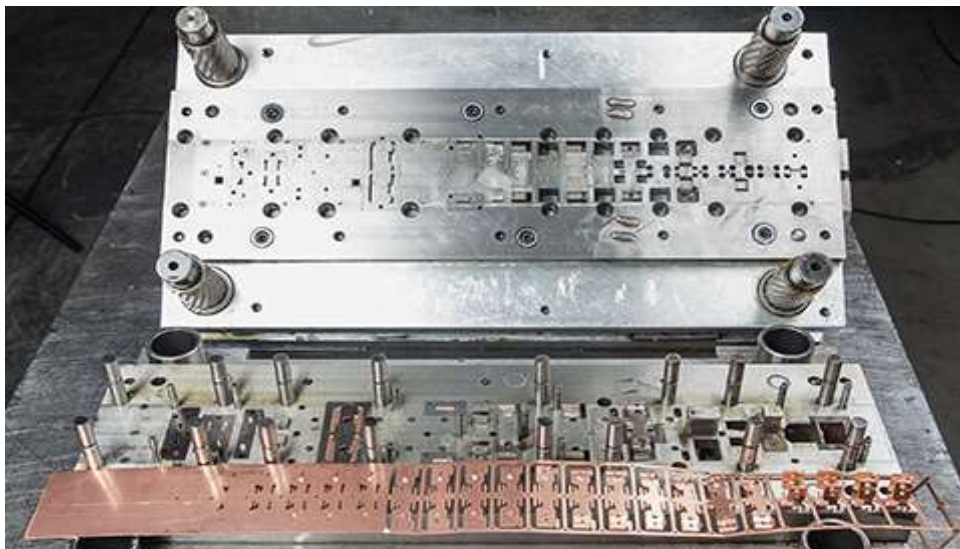


Figure II.7 : Exemple d'un outil à suivre avec sa mise en bande.

### D. Outil avec système transfert intégré :

C'est le même principe que l'outil à suivre, mais au cours de la transformation de la bande dans l'outil, l'ébauche de la pièce est détachée du squelette de la bande et un système de prise et de maintien de cette ébauche permet son déplacement de poste en poste comme pour un outil transfert. Ce système de prise de pièce peut être pneumatique, mécanique ou commandé par électronique.

Ce type d'outil est réalisé, pour des raisons techniques, lorsque la pièce ne peut pas rester attachée à la bande jusqu'au dernier poste, comme pour l'outil à suivre. Ce type d'outil est également destiné aux grandes séries de pièce. [3]

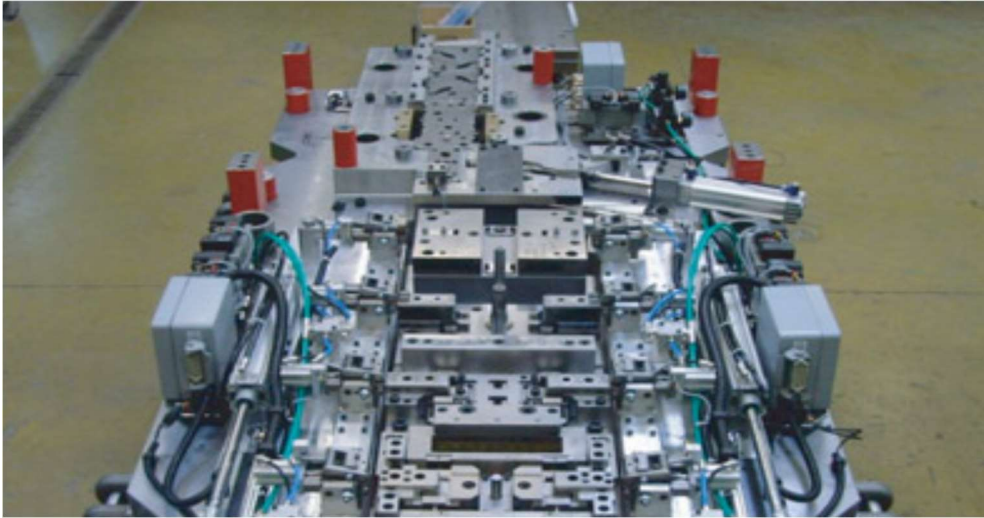


Figure II.8 : Outil avec système transfert intégré.

### E. Outil suisse et outil de découpage fin :

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

Cela a pour avantage l'obtention de cotes d'ajourage et de détournage plus précises. En effet, ces cotes ne dépendent que des cotes outils (pas d'imprécisions dues à l'avance de la bande). La planéité de la pièce est également supérieure à celle qui pourrait être obtenue sur un outil à suivre, du fait d'un meilleur équilibre des efforts de découpage.

Le problème de ce type d'outil est l'évacuation des pièces et des déchets

Un outil suisse est, en général, monté sur une presse mécanique simple effet.[3]

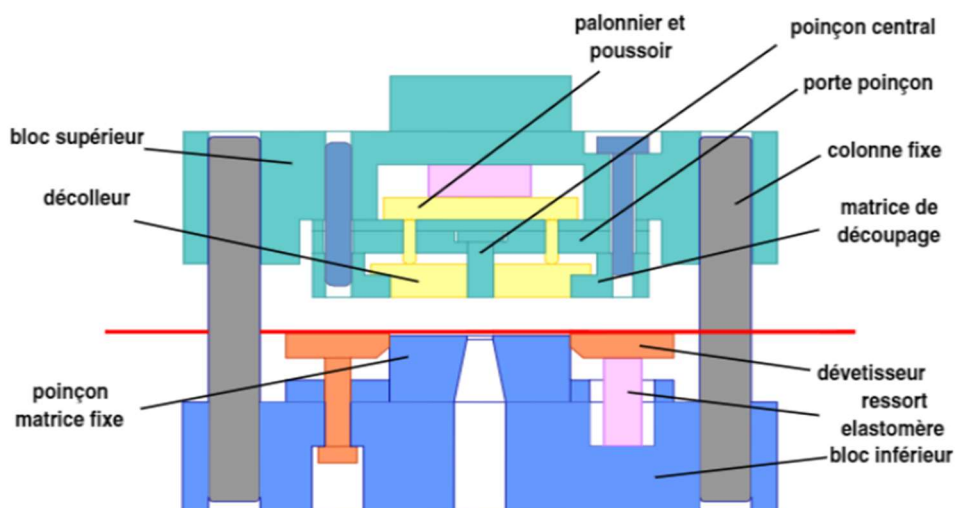


Figure II.9 : Schéma de principe d'un outil suisse.

- L'**outil de découpage fin** est un cas particulier de l'outil suisse puisqu'il est, en général, dédié au découpage de forte épaisseur (de 5 à 15 mm) et qu'il réalise plusieurs opérations de découpage simultanément sur le même poste. Cet outil a la particularité de permettre l'obtention de bords découpés sans produire de zones arrachées.

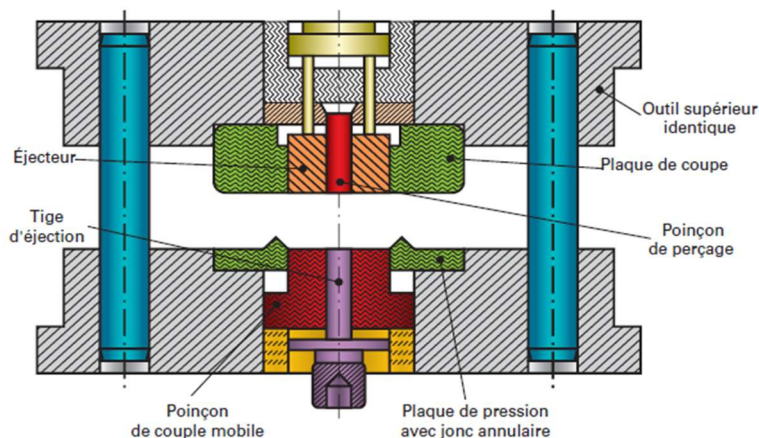


Figure II.10 : Principe d'un outil de découpage fin.

**Un outil de découpage fin** se monte sur une presse à triple effet hydraulique, qui peut être également mécanique avec les effets réalisés par un système hydraulique (cas des épaisseurs plus faibles). Ces outils, plutôt complexes, sont dédiés aux grandes séries de pièce. [3]

### F. Outil de reprise :

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

Ce type d'outil est principalement utilisé pour les pièces de petite et moyenne série.[3]



Figure II.11 : Exemple de manutention des pièces sur outil de reprise.

### G. Outil avec système transfert sur presse :

L'outil avec système transfert de la presse est comparable avec l'outil de reprise vu précédemment, en ce sens que plusieurs outils individuels (postes) sont nécessaires à la réalisation de la pièce.

Il se rapproche également de l'outil à suivre du fait que toutes les opérations sont réalisées sur la même presse et dans le même flux. Ainsi, l'ensemble des outils sont montés sur la même presse.

La particularité de ce type d'outil est que le déplacement du flan et des ébauches successives de la pièce est réalisé, de poste en poste, par un système de transfert automatique à deux ou trois axes intégrés à la presse.

Les axes ont pour fonction :

- Le pinçage de la pièce par deux barres (déplacement latéral).
- L'élévation de la pièce (déplacement vertical pour les formes ou emboutis importants).
- La translation de poste à poste (déplacement longitudinal).

À chaque coup de presse, une ou plusieurs pièces sont ainsi terminées.

Ces types d'outil sont principalement utilisés pour les grandes séries, pour réaliser des économies de matière et lorsque l'outil à suivre ne peut concurrencer ce procédé. [3]



Figure II.12 : Outil avec système transfert sur presse

### H. Outil avec poste à came :

L'outil avec poste à came peut se trouver sur un outil à suivre, un outil transfert et plus généralement dans tous les types d'outils.

Il ne s'agit donc pas ici, à proprement parler, d'un véritable type d'outil.

Cette conception permet d'ajouter un mouvement particulier dans l'outil dont la direction est différente de la direction verticale du coulisseau de la presse. Le coulisseau imprime un mouvement vertical, qui est repris par une came qui pousse à son tour un coulisseau propre à l'outil dans la direction perpendiculaire au mouvement du coulisseau de la presse.

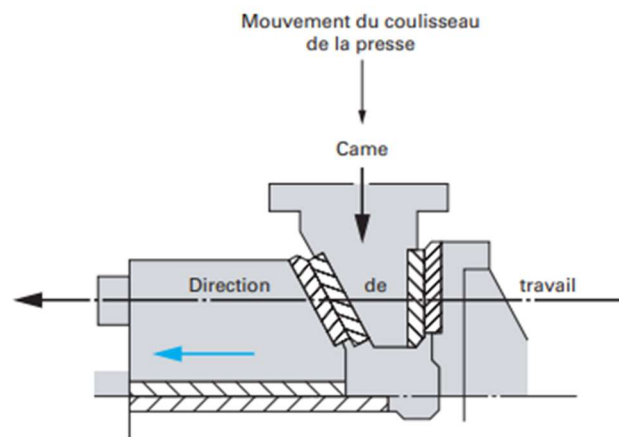


Figure II.13 : Outil avec post à came.

La présence de poste à came dans un outil alourdit de manière sensible le prix de ce dernier et entraîne une maintenance plus importante et plus fréquente de l'outil. [3]

### I. Outil sur ligne de presse tandem :

Les outils disposés sur les lignes de presse tandem sont principalement utilisés dans le milieu automobile pour la fabrication de pièces de carrosserie (pièce de peau), comme les pavillons, les portes, les capots...

Une ligne de presse tandem est constituée de plusieurs presses.

- Une première presse, destinée à l'emboutissage et située en tête de ligne (par exemple, une presse de 1 600 t). Cette presse réalise l'OP 10 ou 01 (selon la désignation des constructeurs automobiles). L'outil utilisé peut-être :
  - à double effet : il se présente avec la matrice en partie inférieure, le poinçon fixé sur le plongeur de la presse et le serre-flan étant en partie supérieure ;
  - à simple effet : dans ce cas, le poinçon est en partie inférieure, la matrice fixée sur le coulisseau et le serre-flan mû par les chandelles en partie inférieure.
- Un ensemble de plusieurs presses (par exemple, quatre presses de 800 t), destinées aux opérations de mise en forme (hors emboutissage) nécessaires à la finalisation de la pièce. Sur ces presses sont réalisées les ajourages et détourages, les bombages de bord et les conformations.

Cette ligne est automatisée et comporte des bras robot entre chaque presse pour assurer la manutention des pièces (l'ensemble est géré par un automate ou par un ordinateur). La cadence est de l'ordre de 20 à 30 coups/min. Les outils sont de taille importante et peuvent peser entre 10 et 15 t. [3]



Figure II.14 : Ligne de presse tandem.

## **4. Matériaux pour outils de presses :**

### **A. Les fontes :**

La fonte grise (contenant du graphite lamellaire) est un matériau relativement bon marché qui permet de fabriquer de gros outils et qui s'adapte à des formes très complexes. Les outils utilisés pour l'emboutissage des pièces de carrosserie automobile sont presque tous en fonte. [1]

### **B. Les aciers à outils :**

Quand on veut faire de très grandes séries, plusieurs millions de pièces, l'usure des outils devient un élément important du prix de revient.

Il peut alors devenir rentable d'investir dans des outils coûteux à l'achat mais qui, durent longtemps, permettent finalement des économies sur l'outillage et les arrêts de ligne : ce sont les aciers à outils. Il existe une telle quantité d'aciers à outils de sortes différentes. Les meilleurs actuellement sont obtenus par la métallurgie des poudres.[1]

### **C. Le carbure de tungstène :**

Lorsque les séries sont énormes et les pièces assez petites, le carbure de tungstène (WC) devient le matériau ultime en termes de résistance à l'usure. Sa très grande dureté lui permet de résister à l'abrasion et de maintenir ainsi la géométrie et la qualité des pièces. [1]

### **D. Les cupro-aluminium :**

Ce sont des alliages que les praticiens appellent, à tort, bronze d'aluminium<sup>1</sup> mais qui sont encore plus couramment désignés du nom du principal fournisseur :

AMPCO. Il s'agit d'alliages de cuivre et d'aluminium dont l'avantage est de s'opposer au grippage car le système cristallin est différent de celui du fer.

Ils ne sont pas à conseiller, en revanche, pour l'emboutissage de tôles revêtues de zinc, qu'elles soient obtenues par électrodéposition ou au trempé. [1]

### **E. Les outils lamellisés :**

Pour diminuer le prix de revient de l'outillage, des recherches sont actuellement en cours concernant un moyen de production original et rapide : il s'agit de découper des feuilles d'acier dur, par exemple au laser ou au jet d'eau, de les empiler et les fixer les unes sur les autres et d'obtenir ainsi la forme d'un outil qu'il suffit ensuite de polir pour obtenir la forme définitive. [1]

### **Conclusion :**

La conception des outils de presses est influencée particulièrement par la pièce à fabriquer, La technologie de l'outil, la gamme de mise en forme et le type d'outil.

Chaque opération se fait avec un outil conçu spécialement pour sa réalisation.

Cela détermine également la technicité et le cout de fabrication.

La connaissance des outils de presse doit permettre de développer une réflexion constructive pour répondre au mieux aux problèmes qui pourraient se poser au cours d'un projet.

# **Chapitre III :**

# **L'emboutissage des**

# **aciers**

### 1. Définitions :

Procédé permettant de donner à des tôles planes des formes complexes non développables par déformation plastique, c'est-à-dire impliquant des modifications locales de dimension dans différentes directions. On peut illustrer cette approche en disant qu'un pli est développable, au moins par la pensée car on peut remettre la tôle à plat par une opération simple. À l'inverse, une demi-sphère n'est pas développable.

L'emboutissage des tôles minces est une opération qui est habituellement réalisée sous presse double effet à l'aide d'outillages comprenant :

- Un *poinçon* sur lequel se cambre et se tend le métal.
- Une *matrice* servant d'appui au métal et pouvant parfois être une contre forme (du moins partielle) du poinçon.
- Un *serre-flan* dont le rôle sera de maintenir la tôle et de freiner l'écoulement du métal vers l'intérieur de la matrice.

Le métal à emboutir peut se présenter soit sous forme de *bobines* (alimentation continue), soit sous forme de *flans*, plaques prédécoupées de contour circulaire ou polygonal la plupart du temps. Au cours de l'opération d'emboutissage, le métal est tout d'abord pincé entre la matrice et le serre-flan puis, lorsque le serrage est effectif, le poinçon descend à l'intérieur de la matrice entraînant ainsi le métal dans sa course et l'obligeant à épouser son contour sous l'effet des tensions engendrées par la retenue du serre-flan. [2]

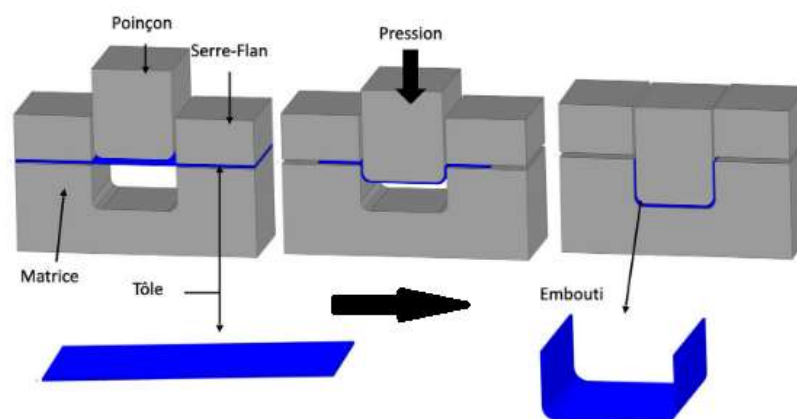


Figure. III.1 : Procédé d'emboutissage.

La réalisation d'une pièce emboutie suppose que, outre l'opération d'emboutissage proprement dite, on effectue un certain nombre d'opérations complémentaires dites *de parachèvement* indispensables après emboutissage pour que la pièce réponde à sa destination :

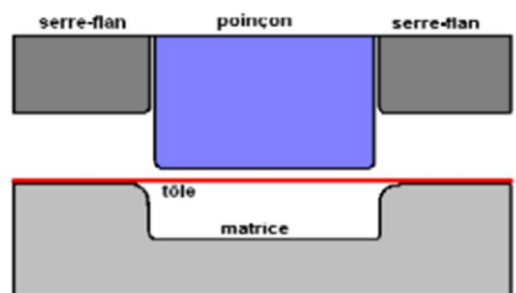
- **Le calibrage** permet de marquer certains détails fins et de réduire la dispersion géométrique.

- **Le détourage** consiste à séparer la partie utile de la pièce des parties annexes qui lui ont été ajoutées pour en permettre le formage.
- **Le tombage bord et le relevage bord** ont pour objet de réorienter des zones périphériques qui ont été embouties dans le prolongement des surfaces principales de la pièce pour en faciliter le formage.
- **Le poinçonnage et le relevé de collet** permettent respectivement de réaliser des trous et d'en relever le bord. [5]

### 2. Le principe de l'emboutissage :

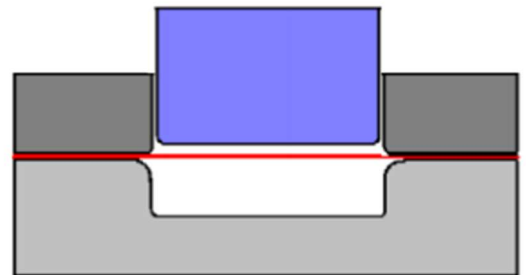
#### Phase 1 :

Le poinçon et le serre-flan sont relevés, et la tôle est posée sur la matrice.



#### Phase 2 :

Le serre-flan descend et vient serrer le pourtour de la tôle sur la matrice.



#### Phase 3 :

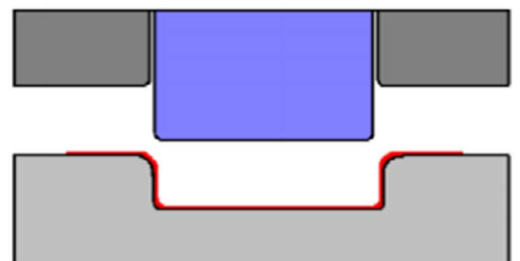
La tôle étant maintenue (avec glissement possible entre le serre-flan et la matrice), le poinçon est abaissé et vient plaquer la tôle, en la déformant contre le fond de la matrice.



#### Phase 4 :

On relève le poinçon et le serre-flan, et la pièce reste formée au fond de la matrice.

Il ne reste qu'à la sortir et la détourer.



### 3. Types d'emboutissage :

#### A. Suivant température :

- **Emboutissage à froid** (pratiqué à la température ambiante) :

C'est le procédé le plus employé pour la fabrication en grande série.

Ce type de formage permet d'obtenir une meilleure précision dimensionnelle tout en permettant des cadences de travail élevées, limite les couts et évite la formation d'oxyde. Mais l'épaisseur des tôles emboutis et leurs caractéristiques mécaniques limitent ce type d'emboutissage. La solution pour ce type de problème est d'effectuer un emboutissage en plusieurs passes.

Malgré que ce type de manipulation augmente l'effet d'écrouissage qui se traduit en durcissement structural et baisse de ductilité. [8]

- **Emboutissage à chaud :**

Pour lequel la tôle est portée à la température de forgeage se pratique quand : Le métal ou l'alliage ne peut pas se conformer à froid, cette technique facilite la déformation du matériau, permet l'emboutissage des pièces profondes par chauffage du flan et de la matrice et permet d'éviter l'écrouissage et la formation des contraintes résiduelles.

En raison de l'épaisseur et de la surface de la tôle, l'emboutissage à froid exige une force supérieure à celle de la presse dont on dispose.

Le plus grand domaine d'application est le formage de fond de réservoir en acier.

Contrairement à l'emboutissage à froid cette technique nécessite des mises au point de la sécurité plus importante, les cadences de fabrications sont moins élevées du fait de l'inertie de chauffage, ajouté à cela la mauvaise qualité des pièces et leurs dimensions moins précises. [8]

#### B. Suivant le nombre d'effets :

- **Emboutissage sans serre flan (simple effet) :**

Lors de l'emboutissage il y a formation de plis. Ces derniers limitent la réduction du diamètre possible à 20% environ, ce qui donne des emboutis dont la hauteur est approximativement égale à 15% du diamètre. Donc ce type d'emboutissage concerne les pièces avec emboutis peu profond par rapport au diamètre du poinçon.

- **Emboutissage avec serre flan (double effets) :**

L'emboutissage est utilisé pour différentes hauteurs d'emboutis. C'est généralement le type le plus utilisé dans l'industrie car comportant des serre flan limitant ou bloquant carrément les déplacements du flan.

- **Emboutissage triple effets :**

Similaire à celui du double effet sauf qu'il contient des poinçons agissants à contre sens de l'emboutissage initial et formant des formes de contre embouti. Les industries automobiles et électroménagères sont généralement celles où l'on le trouve le plus en raison de la complexité des formes de leurs pièces.

### 4. Modes de d'emboutissage et les essais simulatifs :

#### A. Emboutissage en expansion :

L'exemple typique de l'expansion pure est donné par l'emboutissage sur un poinçon hémisphérique. La figure (III.1) représente un tel procédé. Le métal est totalement bloqué entre matrice et serre-flan, en général simultanément par un jonc et par une force de serre-flan élevée. Quand le poinçon s'élève, la partie de métal située au-dessus passe de la forme plane à une forme plus ou moins bombée, dépendant de la hauteur atteinte. La surface augmentant et le volume restant constant, le métal ne peut que s'amincir sur le sommet. [9]

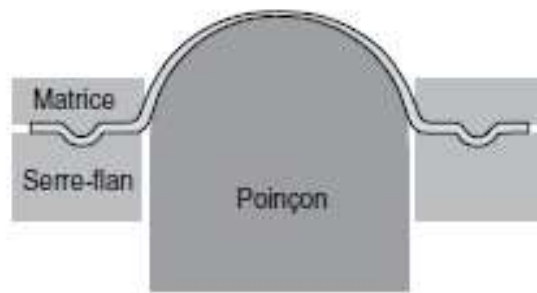


Figure. III.2 : Schéma d'un essai d'expansion.

Les essais à dominante expansion sont les plus anciens. On trouve l'essai Persoz (1903), l'essai Erichsen (1910), l'essai Olsen (1930) plus particulièrement utilisé aux États-Unis, qui se font sur un poinçon rigide hémisphérique et les essais utilisant une pression hydraulique : Jovignot (1930) et les *bulge tests* en général.

L'indice Erichsen ou indice d'emboutissage (IE) correspond à la profondeur (en mm) de l'embouti lors de l'apparition d'une fissure. Comme il dépend de l'épaisseur du métal, des abaques définis dans les normes de produit permettaient de s'assurer de leur conformité. Le test est très sensible à la lubrification, qui modifie le lieu de rupture et il est donc important de bien la contrôler. Il a été éliminé de l'actuelle norme EN 10130 définissant les tôles minces en acier laminé à froid pour emboutissage mais est encore utilisé, par exemple, pour tester l'adhérence des revêtements métalliques ou la qualité des soudures laser ou molette des flans soudés. [5]

### B. Emboutissage en rétreint :

D'une certaine façon, la déformation en rétreint peut être considérée comme l'inverse de l'expansion car elle s'obtient, d'une part en utilisant un poinçon plat et, d'autre part, en laissant le métal venir de la périphérie la collerette pour former la partie cylindrique verticale la jupe ou le mur ceci en supprimant le jonc et en réglant une pression de serre-flan juste suffisante pour éviter la formation de plis.

Durant ce type d'opération, le métal de la collerette est constamment attiré dans l'ouverture de la matrice, on dit *avalé*, pour devenir la partie cylindrique, la jupe. [2]

Les essais à dominante rétreint sont les essais Guyot (1958) et Guyot modifié (1960), maintenant abandonnés, et surtout l'essai Swift de 1954, modifié en Swift-IDDRG en 1957 puis en 1969. Il s'agit de former un godet cylindrique et de rechercher la plus grande taille de flan circulaire qui peut s'emboutir sans rupture.

Des variantes sont utilisées en laboratoire pour juger de l'aptitude au rétreint ou du pouvoir lubrifiant et en contrôle de fabrication pour tester la qualité de certains revêtements. [5]

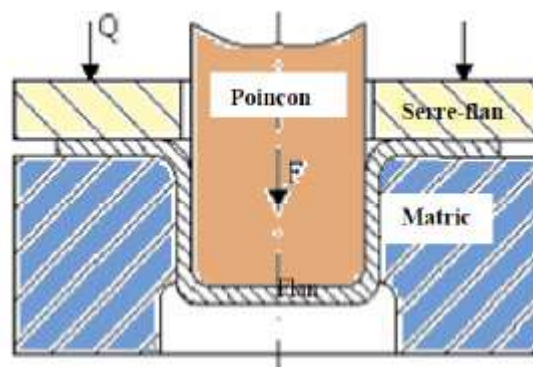


Figure III.3 : Essai Swift

### C. La traction plane :

Il semble n'exister qu'un seul essai reconnu de traction plane, le **Limiting Dome Height** (LDH, dû à Gosh en 1975). Il consiste à déformer des bandes de largeur variable, sans lubrification, sur un poinçon hémisphérique jusqu'à trouver celle qui

casse pour le plus faible déplacement du poinçon. Très utilisé aux États-Unis, il n'a jamais connu un grand succès en Europe. L'idée de base est que, la plupart des ruptures d'emboutissage ayant lieu en traction plane, il est industriellement suffisant de juger les propriétés du métal dans ce mode. Le test est donc présenté comme un test d'atelier, destiné à une sélection rapide du métal. [2]

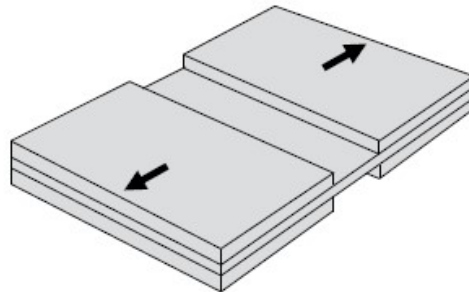


Figure III.4 : Essai traction plane

### D. Cisaillement :

Poursuivant l'illustration des modes de déformation par des tests mettant en évidence la façon dont se déforme le métal, nous allons considérer une forme d'éprouvette très utilisée pour produire du cisaillement. La partie utile est constituée par un rectangle de tôle dont les bords sont tenus par deux mors dont l'un est fixe et l'autre peut se déplacer parallèlement à la direction principale de l'éprouvette. [2]

### E. Mode dominant (essais mixtes) :

Nous savons que dans l'emboutissage d'une pièce :

- que toute pièce emboutie présente au moins deux modes principaux différents,
- que la plupart des pièces présentent *tous* les modes de déformation,
- que la même zone d'une pièce peut subir successivement plusieurs modes.

Il existe enfin des essais à caractère mixte, qui sont : [5]

- **L'essai Engelhardt** (1959), qui se déroule en deux temps. On laisse d'abord le métal former un godet par rétreint, puis on bloque fortement la collerette, ce qui permet de connaître, par un seul essai, la capacité de déformation globale du métal.
- **L'essai Swift hémisphérique**, où l'on forme un godet cylindrique dont le fond est hémisphérique. L'essai fait donc appel simultanément à la formabilité en rétreint et en expansion. Mais Swift lui-même a montré que le résultat dépendait de la géométrie de l'outil...
- **L'essai de coupelle conique Fukui** : il est également supposé donner un résultat dépendant des aptitudes à l'expansion et au rétreint du métal. Il est

rarement utilisé de nos jours, surtout en raison de la difficulté d'usinage des éprouvettes.

- **L'essai KWI**, mis au point par Siebel et Pomp au Kaiser Wilhelm Institut de Düsseldorf en 1929. Il consiste à provoquer l'expansion d'un trou usiné et à mesurer l'augmentation de diamètre à la rupture. Appliqué à des trous poinçonnés, il permet de juger la sensibilité du métal à l'effet d'entaille. Notons qu'il s'agit là d'une propriété qui a récemment pris beaucoup d'importance avec l'introduction des aciers à hautes et très hautes caractéristiques (DP, TRIP...).

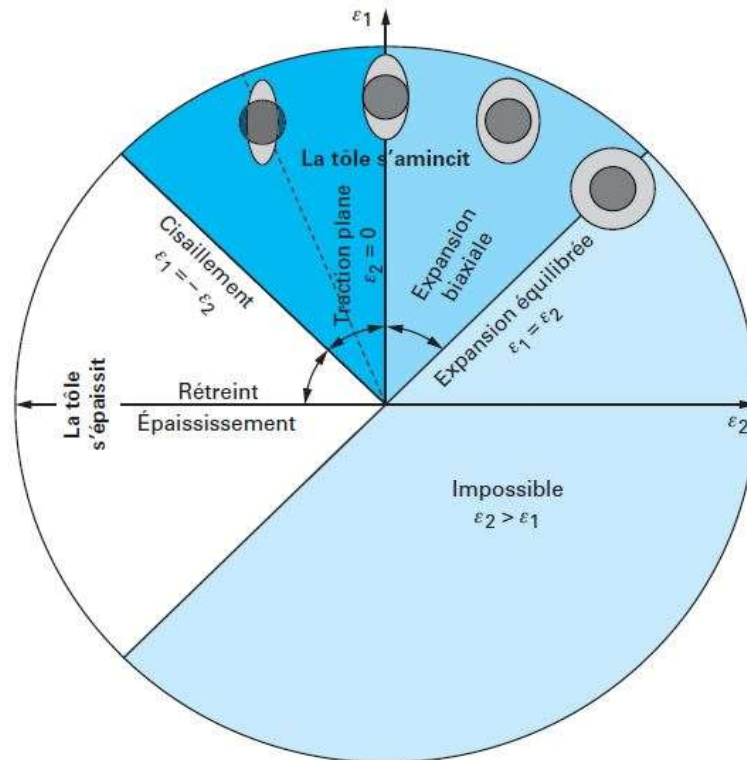


Figure III.5 : Diagramme des différents modes de déformations rencontrés en emboutissage.

## 5. Les défauts en emboutissage :

### A. Les plissements :

On appelle *plis* les ondulations de la tôle résultant d'un flambement local associé à un champ de contraintes de compression.

Quand la tôle est soumise à une compression dans son plan, elle devrait en toute logique subir une déformation plastique augmentant son épaisseur.

Malheureusement sa faible épaisseur lui fait adopter une autre solution qui nécessite moins d'énergie. [2]

Les pièces présentant des plis ne sont pas forcément à rebuter, s'il s'agit par exemple de pièces non visibles où les défauts de forme obtenus ne présentent aucune incidence sur le comportement en service. Il est préférable de maîtriser les

plis, en les transformant par exemple en nervures supplémentaires judicieusement disposées qui renforceront la pièce tout en facilitant son formage. [5]

### **B. Striction et rupture :**

La présence de rupture sur une pièce est un critère de rebut indiscutable. Cette rupture se produit généralement dans les zones de l'embouti sollicitées en expansion ou en traction plane. Son apparition signifie en fait que les déformations locales ont dépassé la capacité d'allongement plastique du métal. L'absence de rupture n'est cependant pas suffisante pour garantir la réussite de l'embouti.

Compte tenu du fait que, dès son apparition, la localisation des déformations s'intensifie rapidement et de façon non contrôlable, l'emboutisseur a intérêt à choisir des conditions opératoires qui le tiennent suffisamment loin de la striction sous peine de se trouver confronté à des arrêts de ligne fréquents, ou du moins à des rebuts importants. [5]

### **C. Les défauts de surface :**

L'aspect de surface constitue un critère déterminant pour l'acceptation des pièces embouties.

Les défauts d'aspect peuvent avoir deux origines différentes, les *défauts accidentels* (tels que picots, rayures, marquages divers) liés à des incidents survenus au cours de la manipulation des pièces comme au cours du formage, et les *défauts systématiques* liés à une hétérogénéité de déformation ou au glissement du métal sur le rayon d'entrée de la matrice.

La prévention passe par une préparation et un entretien soigné de l'ensemble des moyens de production (propreté des outils, manipulateurs et palettes de stockage adaptés). [5]

### **D. Tolérances dimensionnelles :**

La pièce emboutie n'a jamais la géométrie de l'outil. Certes, elle s'en rapproche souvent de très près, mais présente généralement un écart de cote lié au retour élastique de la pièce après extraction de l'outil.

Cet écart par rapport à la géométrie nominale peut être minimisé par une mise au point méticuleuse des outils. Mais il ne peut généralement être complètement annihilé du fait des dispersions inévitables de l'ensemble des paramètres qui régissent le procédé.

Une opération de calibrage peut parfois s'avérer nécessaire pour assurer la précision géométrique recherchée. [5]

### 6. Matériaux emboutissables :

Tous les matériaux disponibles en feuilles et présentant une bonne ductilité à froid sont susceptibles d'être transformés par emboutissage.

La sélection du matériau est le plus souvent dictée par les conditions de service de la pièce. Mais, dans tous les cas, il ne peut s'agir que de matériaux ne présentant pas de fragilité au formage. Dans la mesure du possible, il convient de viser de préférence des matériaux à basse limite d'élasticité, à fort coefficient d'anisotropie pour des déformations de rétreint et à écrouissage important pour favoriser la répartition des déformations. Un fort allongement en traction est une garantie supplémentaire de réussite bien que non indispensable dans certains modes de déformation. [5]

#### Critères de l'emboutissabilité :

L'aptitude à l'emboutissage est fortement corrélée à deux phénomènes particulièrement importants :

- L'écrouissage, qui traduit l'aptitude du matériau à résister à la localisation de la déformation. Dans le cas de matériaux satisfaisant à la loi d'Hollomon ( $\sigma = k\varepsilon^n$ ) (acier extra-doux par exemple), un coefficient d'écrouissage  $n$  élevé traduit un comportement favorable. Sur un plan pratique, un rapport  $R_e/R_m$  faible est également un bon indicateur. [5]
- L'anisotropie du matériau, qui conditionne la répartition des écoulements de matière dans les différentes directions de l'espace. Un coefficient d'anisotropie  $r$  élevé traduit une bonne résistance à l'amincissement dans un mode de déformation en traction et, par voie de conséquence, un écoulement privilégié dans le plan de la tôle facilitant la déformation dans les zones de rétreint (sous serre-flan en particulier). [5]

### 7. Règles de dimensionnement :

Dans ce qui suit, nous allons évoquer quelques règles de métier qui, si elles n'ont pas toujours une base physique bien établie, ont cependant fait leurs preuves dans la pratique. La plupart proviennent de vieux ouvrages technologiques devenus introuvables. Elles perdent évidemment de l'intérêt avec la pratique du calcul par éléments finis. [3]

Elles sont à considérer comme un point de départ et non comme des règles absolues et s'appliquent en général au cas des aciers doux pour emboutissage du genre DC04.

Il est donc recommandé d'adopter des critères plus sévères (rayons agrandis, par exemple) si l'on veut les appliquer à des aciers moins formables. [3]

#### A. Matrice :

Une règle générale est de respecter, au minimum, un rayon de matrice égal à cinq fois l'épaisseur de la tôle. Une formule simple due à *Kackzmarek*, permet de prévoir le rayon de matrice dans le cas d'un embouti cylindrique de révolution ; elle s'applique bien pour les aciers ductiles :

$$R_{mat} = 0,8 \cdot \sqrt{(D - d) \cdot e}$$

Avec :

$R_{mat}$  : rayon de matrice

$e$  : épaisseur du métal

$D$  : diamètre du flan

$d$  : diamètre du poinçon

#### B. Poinçon :

Le rayon de poinçon (celui entourant le sommet, appelé *rayon de nez de poinçon*), est généralement supérieur au rayon de matrice surtout s'il y a de l'expansion.

#### C. Rayon du flan :

La formule suivante permet de déterminer très rapidement le rayon  $R$  du flan permettant d'obtenir, avec un acier doux, une pièce de hauteur  $h$  en tenant compte du rayon de coin  $r$  et du métal restant dans la collerette  $D$  :

$$R = \left( \frac{h + D}{2} \right) + r$$

Le schéma explicite les paramètres considérés :

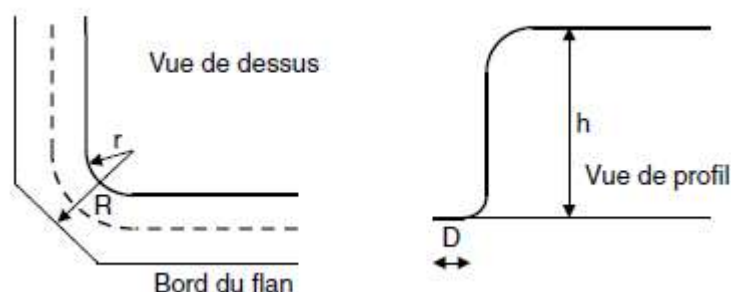


Figure III.6 : Rayon du flan.

### D. Zone de coin :

Il est souvent nécessaire, pour équilibrer les efforts de retenue entre les zones droites et les coins, d'agrandir le rayon de matrice dans les angles. Il est alors recommandé de faire le changement de rayon de façon progressive, sur un secteur de 15° environ. [3]

### E. Guidages :

Les guidages ne doivent pas, en principe, reprendre des efforts ou, sinon, des efforts très faibles. Les guidages peuvent être très précis (quelques centièmes de millimètre). Ils concernent : le bloc mobile de l'outil par rapport à celui fixe (utilisation, en général, de colonnes), les parties actives l'une par rapport à l'autre (respect du jeu entre poinçon et matrice), la bande par rapport aux éléments actifs de l'outil (suite à l'avance de la bande dans un l'outil à suivre, on assure le positionnement précis de la bande (cas d'un outil à suivre, ou du flan, cas d'un outil transfert) grâce à des pilotes ou à des drageoirs. Il existe deux types de guidage. [3]

- Guidage par colonnes :
  - Guidage lisse à colonnes :
    - Avec bague de guidage acier.
    - Avec bague de guidage bronze.
    - Avec bague de guidage bronze avec inserts autolubrifiants.
  - Guidage à billes ou guidage à rouleaux. Ce type de guidage est souvent réservé aux cadences de presse rapides.
- Guidage par réaction (guidage sur plaques de frottement). Ce sont des guidages mécaniques réalisés par des plaques de frottement rapportées, de façon à reprendre des efforts latéraux (cas des gros outils avec reprise d'efforts latéraux et longitudinaux).

### F. Réactions :

L'outil subit des efforts importants, notamment près des parties actives. Les déformations (flexion, compression ou traction dans le domaine de comportement élastique) et les déplacements de ces parties (rattrapage des jeux entre les éléments de l'outil), entraînent des défauts de positionnement qui, même faibles (quelques centièmes de millimètre), peuvent avoir des conséquences sur le fonctionnement de l'outil (dégradation accélérée) ou sur la pièce (défauts géométriques). C'est pour cela que, lorsque c'est nécessaire, des réactions sont prévues dans l'outil avec l'utilisation de cales. [3]

### G. Dimensionnements :

Pendant la mise en forme de la tôle, l'outil subit des efforts qui se répartissent dans les différents éléments composant l'outil. Les parties actives étant le siège des contraintes les plus élevées, c'est souvent à ce niveau que les dimensionnements, lorsque c'est nécessaire, sont réalisés. Pour cela, plusieurs règles de dimensionnement des éléments d'outil existent :

**En emboutissage**, le dimensionnement des parois est plus rare du fait des efforts plus faibles et des formes en général plus massives des parties actives. Une attention plus particulière peut être portée au rayon matrice. En effet, la contrainte qu'il va subir sera inverse au rayon choisi. L'usure sera ainsi plus grande avec un rayon plus faible. [3]

### H. Jeux :

Les jeux concernant le poinçon et la matrice sont des paramètres très importants. En emboutissage, ils doivent être déterminés pour permettre un passage libre de la matière (on évite, en général, de réaliser un laminage pendant l'emboutissage). En cas de rétreint de la partie de tôle avalée (réduction de diamètres), la tôle s'épaissit et le jeu doit donc prendre en compte cet épaissement. Si une conformation de l'épaisseur de la jupe de l'embouti doit être réalisée, on choisira un jeu inférieur à l'épaisseur de la tôle. Dans ce cas, on peut réaliser cette conformation par une opération de reprise avec étirage de paroi ou, pour réduire le nombre d'opérations, par la réalisation simultanée de l'emboutissage et de l'opération d'étirage de paroi.

Le jeu radial entre poinçon et matrice doit être plus grand que l'épaisseur nominale du métal embouti, pour tenir compte des tolérances sur l'épaisseur des métaux en feuilles :

$$e < J < e \sqrt{\frac{D}{d}}$$

$\sqrt{D * d} = \sqrt{\beta}$  Tient compte de l'épaissement de la tôle en fin d'emboutissage (déformation en retreint)  $J \leq 1,2e$ . [3]

### I. Serre-flan :

L'effort serre-flan est souvent très important dans l'outil.

En emboutissage, il empêche que les plis se produisent dans la zone avalée sous serre-flan du fait du rétreint et permet de réguler l'avalement de la tôle en matrice. Il peut représenter jusqu'à 50 % de l'effort d'emboutissage. Le serre-flan peut servir de

guidage du poinçon : il sert généralement de guidage dans le cas de petites pièces précises (notamment dans la connectique), nécessitant un positionnement poinçon/matrice pouvant être inférieur au centième de millimètre. Le problème est le risque de grippage dans le canon de guidage. [3]

#### J. Joncs de retenue :

Les joncs sont essentiellement utilisés pour les outils automobiles. Leur but est de freiner ou de bloquer l'avancement du flan pendant la réalisation de l'emboutissage. La forme des joncs, leur implantation et leurs dimensions sont variables et sont souvent définies dans des documents internes aux entreprises. La simulation numérique est également de plus en plus utilisée pour définir leur forme et leur position. [3]

### 8. Étapes de la conception de la gamme :

La conception de la gamme d'emboutissage nécessite plusieurs étapes que nous allons suivre pas à pas.

#### A. Définition géométrique de la pièce :

L'emboutissage ne permet que très rarement d'obtenir directement la pièce définie par le bureau d'études. Généralement, il est nécessaire de réaliser une pièce dérivée *capable* de la géométrie souhaitée.

La première étape consiste donc, partant de la *pièce Études*, à la remodeler dans ses zones périphériques et à la compléter par des surfaces additionnelles (ou habillage) pour aboutir à une *pièce Méthodes* plus équilibrée qui sera emboutissable avec un minimum de difficultés (figure III.10). [5]

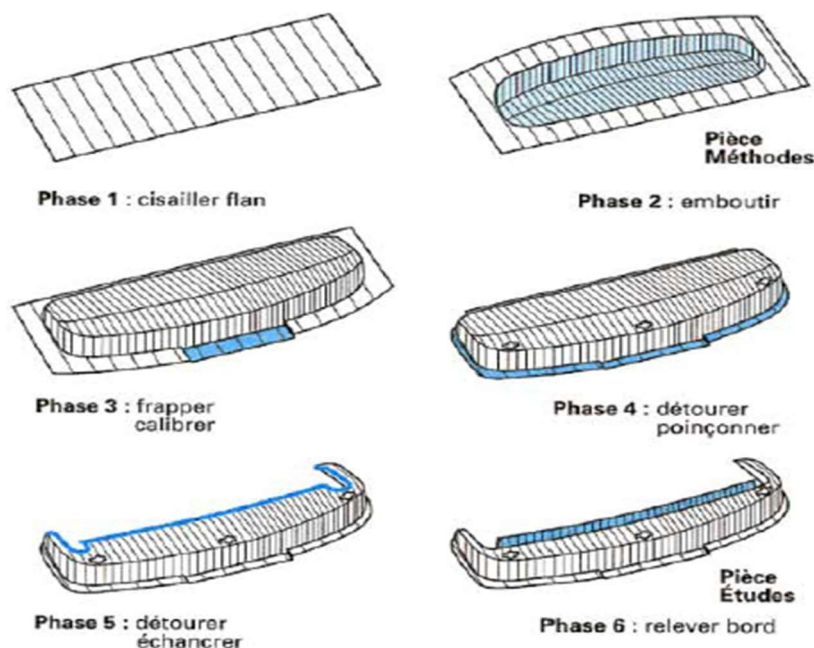


Figure III.7 : Phases de transformation pour la réalisation d'une pièce emboutie.

- **Étude des gradients de profondeur :**

Des variations de profondeur importantes entre deux sections voisines conduisent à des champs de déformations sévères susceptibles de provoquer des ruptures ou des plis rédhibitoires. Il convient donc d'évaluer les profondeurs, section par section, de façon à vérifier que ces gradients de profondeur soient raisonnables au regard des caractéristiques du matériau (allongement en particulier).

Des différentiels de profondeur importants entre deux parois opposées de la pièce entraînent généralement le rehaussement de la plus basse pour équilibrer les écoulements dans les deux parois. [5]

- **Balancement de la pièce :**

Cette phase a pour objet de définir la position que devra avoir la pièce par rapport à l'axe d'emboutissage. Le *balancement* ou *balance* de la pièce est indispensable pour l'opération d'embouti, principalement pour les pièces d'aspect.

Le choix de cette position est fait de façon à respecter l'équilibre des efforts selon les différents brins de la pièce et à prévenir ainsi les glissements sur le nez de poinçon, au niveau des lignes de style en particulier. Lors de la progression du plongeur, la ligne restera totalement bloquée sous le poinçon en n'entraînant aucun glissement apparent. [5]

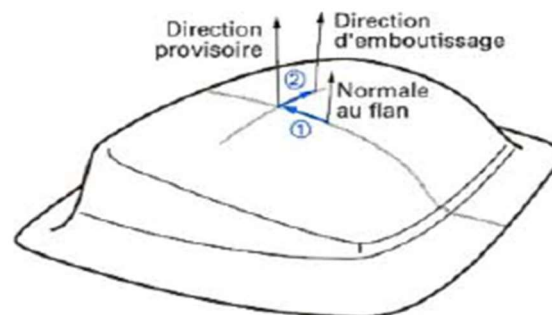


Figure III.8 : Balancement de la pièce pour la détermination de la direction d'emboutissage.

### B. Détermination du flan minimum :

Une fois la *pièce Méthodes* définie en position dans l'outil, il est possible de définir la ligne d'entrée matrice et donc la dimension du flan minimum à l'aide de considérations géométriques.

- **Une approche classique :** consiste à réaliser un développement de la surface de la pièce ligne par ligne qui conduit à un contour de flan minimum,

elle s'applique essentiellement aux pièces à fort élancement (rapport longueur sur largeur). [5]

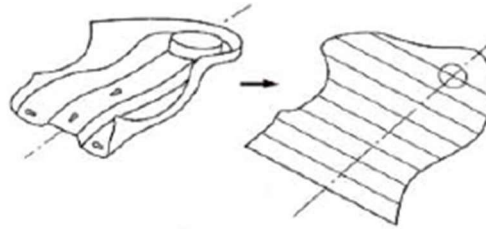


Figure III.9 : Une approche classique (Ligne par ligne).

- Une autre approche consiste à réaliser une décomposition de la pièce en volumes simples que l'on développe ensuite en surfaces équivalentes.
- **Développement des parties droites** : ayant réalisé des sections successives de la pièce, on peut calculer pour chacune sa longueur totale en sommant les longueurs des arcs de cercles et des segments de droite qui la constituent :  

$$L = AB + BC + CD + DE + EF + FG + GH$$
 La longueur développée est calculée sur la fibre neutre supposée à mi-épaisseur dans les parties rectilignes et à 2/5 de l'épaisseur côté intérieur dans les parties courbes. [5]

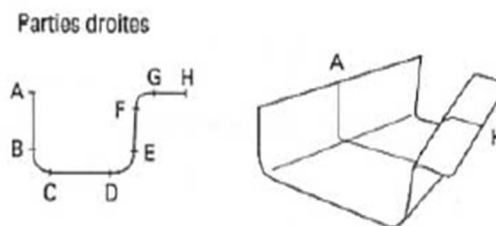


Figure III.10 : Développement des parties droites.

- **Développement des coins** : un coin équivaut à un cylindre de hauteur  $h$  et de rayon  $R$  raccordé au fond par un rayon  $r$ . L'application du théorème de Guldin permet alors de déterminer le rayon du flan correspondant à la surface équivalente. [5]

Le théorème de Guldin :  $S = 2\pi \cdot R \cdot h$

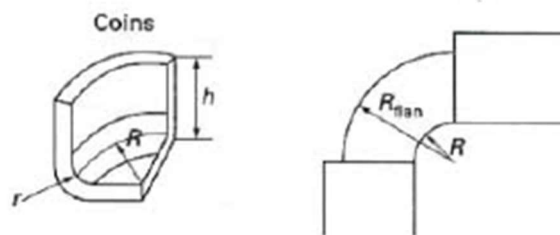


Figure III.11 : Développement des coins.

### C. Établissement des conditions d'emboutissage :

L'établissement des conditions d'emboutissage nécessite la prise en compte d'aspects très divers. Dans cette mise au point, la simulation numérique peut s'avérer être un moyen très intéressant pour visualiser le comportement de la pièce à l'intérieur des outils tout au long de l'opération d'emboutissage. [5]

#### C.1. Identification des zones d'allongement, pliage, rétreint :

Cette étape permet de caractériser les différentes zones de la pièce en fonction de leur mode de déformation, donc de pouvoir identifier les types de difficultés (striction, pli) susceptibles d'apparaître à l'intérieur de chacune d'entre elles et par-là même de prévoir les artifices permettant de réguler les écoulements dans ces zones (jonc, redan ou gradin). [5]

#### C.2 Séparation des zones développables et non développables :

La géométrie de la tôle lors de l'attaque du poinçon est directement issue des déformations imposées par le serre-flan lors de son serrage. Pour que cette géométrie soit propice à l'emboutissage, il est nécessaire qu'elle soit exempte de distorsions qui pourraient conduire à des défauts de formage rédhibitoires. C'est pour cette raison que les portées du serre-flan sont construites, dans la mesure du possible, à partir de surfaces développables. [5]

### D. Recherche de l'enveloppe générale des surfaces d'aspect :

La finalité de cette opération est la prévision des précautions nécessaires à l'obtention d'une pièce sans défauts engendrés par le procédé d'emboutissage.

Cette étape consiste à déterminer la surface approchée la plus simple selon laquelle la tôle s'enroulera lorsque le poinçon attaquera la surface du flan. Elle peut être obtenue à partir de deux lignes enveloppes correspondant aux sections les plus caractéristiques de la pièce (figure III.12).

On ne tient pas compte à ce stade des contrecourbures de la pièce, tout se passe comme si on couvrait la pièce par une feuille d'emballage. [5]

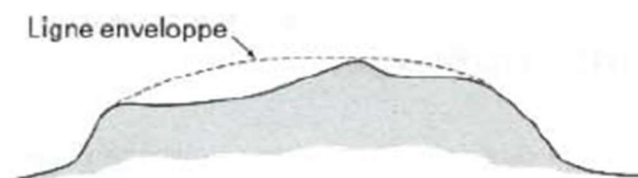


Figure III.12 : Détermination de la surface enveloppe des volumes d'aspect.

### E. Évaluation des rayons poinçon/matrice :

Une fois définies les formes annexes et la direction d'emboutissage, il convient de dimensionner les *rayons d'outils* de façon à éviter les déchirures intempestives du métal. En règle générale, plus les rayons d'entrée matrice sont petits, plus les efforts de formage augmentent et plus les gradients locaux de déformation sont sévères.

En pratique, ils sont compris entre cinq et dix fois l'épaisseur de la tôle. Pour des tôles de 0,7 mm d'épaisseur (cas courant en carrosserie), des rayons d'entrée matrice inférieurs à 5 mm sont à éviter.

Les *rayons de poinçon* sont de préférence supérieurs aux rayons d'entrée matrice afin d'éviter les déchirures du métal à leur droit. Cette règle n'est valable que si les rayons ne sont pas ceux de la pièce. [5]

### F. Portées de serre-flan. Joncs et autres artifices :

Les portées de serre-flan ainsi que la forme et la position des joncs sont les derniers éléments sur lesquels le service des Méthodes pourra jouer pour obtenir une pièce bonne.

En règle générale, la portée de serre-flan doit constituer une surface développable afin de prévenir la formation de plis lors du serrage de la tôle dans l'outil. Quand la développabilité complète s'avère impossible. Lorsque la géométrie le permet, il est possible d'utiliser des zones utiles de la pièce comme portée de serre-flan, de façon à minimiser l'engagement matière.

Le contrôle de l'écoulement est obtenu à l'aide d'artifices qui freinent la matière, du type jonc de retenue, gradin ou redan (figure III.14), habituellement placés sur la matrice hors des zones utiles de la pièce. [5]

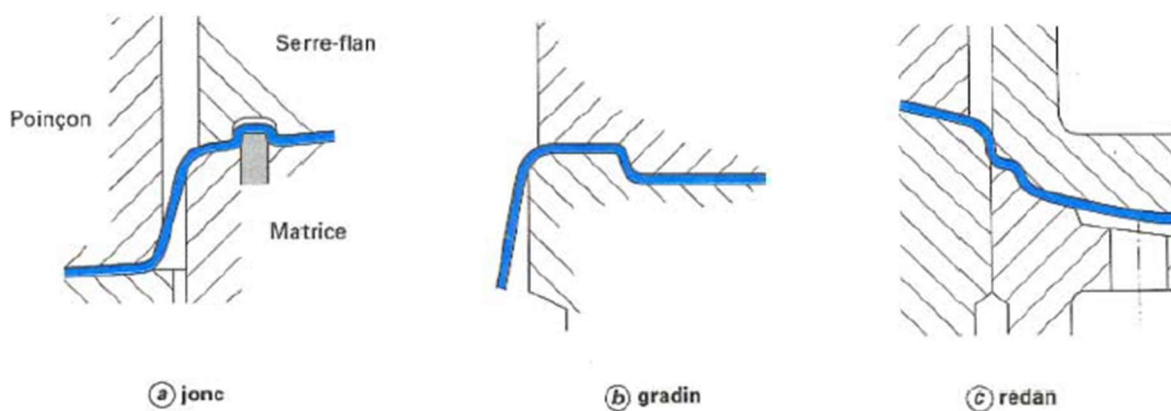


Figure III.14 : Jonc de retenue, gradin ou redan.

## 8. Emboutissage profond :

### A. Nombre de passes :

La réussite de l'opération d'emboutissage (pièce non déchirer) sera assurée si les efforts admissibles par la paroi (partie déjà former sur le poinçon) sont supérieurs à deux nécessaires pour poursuivre la déformation sous serre-flan et au rayon de matrice.

Les efforts de déformation sous serre-flan sont d'autant plus importants que le diamètre du flan est grand et que la limite élastique est élevée.

Si le rapport d'emboutissage est tel que plus de quatre passes sont nécessaires, il est souvent plus avantageux d'effectuer un recuit dès la seconde passe. Le métal ayant retrouvé ses propriétés plastiques d'origine, on peut reprendre l'emboutissage de troisième passe avec le rapport de réduction  $m1$ . [8]

- **Embouti ovales et quadrangulaires à grands rayons de paroi :**

Les emboutis à grands rayons de paroi et les ovales sont limités à des emboutis cylindriques en posant :

$$D = 1,13\sqrt{S} \text{ avec } S \text{ surface du flan.}$$

$$d = 1,13\sqrt{Sp} \text{ avec } Sp \text{ aire de la section droite du poinçon.}$$

- **Embouti quadrangulaires à faible rayon de paroi :**

L'embouti est réalisable en une seule passe si, d'une part, sa profondeur est inférieure à 6 fois le rayon de paroi ( $h < 6r$ ) pour l'acier et 20fois pour l'aluminium et si, d'autre part, le cylindre inscrit peut s'emboutir en une seule passe. [8]

- **Pièces de révolution générées par une conique :**

L'exécution est relativement aisée par formage sur matériaux élastiques, elle nécessite un grand nombre de passes sur outillage rigide : on effectue un embouti étagé inscrit dans le profil de la pièce, puis on termine par un étirage et une frappe. [8]

### B. Recuit :

L'emboutissage provoque un écrouissage qui modifie les caractéristiques de ductilité du matériau. La charge à la rupture  $Rt$  augmente mais la limite élastique  $Re$  croit plus vite (à la limite  $Re = Rt$  et il n'y a plus de possibilité de déformation).

On élimine les effets de l'écrouissage pour deux causes principales :

- **Formabilité :** Si le nombre de passe est supérieur à 4, les rapports de réduction sont trop faibles et il devient plus économique d'effectuer un recuit.

- Tenue de la pièce en service : Si la pièce doit présenter des caractéristiques de ductilité proches de celles du métal d'origine (appareils à pression).

Il existe deux possibilités :

- Le recuit de restauration ou recuit d'adoucissement qui s'effectue à basse température. Il ne restitue qu'une partie des propriétés mécaniques sans la structure du métal.  
Laiton : 200 à 300°C, acier doux : 400°C.
- Le recuit de cristallisation, effectué à des températures plus élevées, rend au métal ses propriétés initiales et reconstitue une structure équiaxe. Plus le taux d'écrouissage est élevé, plus basse sera la température de recuit. Du point de vue résistance, c'est le recuit de cristallisation qui assure le maximum de sécurité.

Précautions : un embouti n'est jamais déformé de façon homogène et les zones à écrouissage critique seront affectées par un important grossissement du grain, qui entraînera :

-un risque de peau d'orange néfaste aux pièces de présentation.

-Un risque de rupture lors des opérations d'emboutissage suivantes. [8]

### 9. Efforts d'emboutissage :

La connaissance des efforts de formage est nécessaire pour guider le choix de la presse. Les modèles de calcul théoriques actuels se révèlent d'une part insuffisamment précise et d'autre part peu pratique à l'emploi.

L'approche, qui consiste à considérer que l'effort maximal d'emboutissage  $F_p$  ne peut être supérieur à l'effort  $F_R$  qui provoquerait la déchirure de la pièce, est dans la majorité des cas suffisante. [8]

$$F_p \leq F_R = L \cdot e \cdot R_f$$

Avec :

$e$  (mm) épaisseur de la tôle.

$F_R$  (daN) force maximale admissible par la pièce en cours d'emboutissage.

$L$  (mm) périmètre de la pièce.

$R_f$  (hbar) résistance à la rupture.

- **Pièces cylindriques :**  
**1 ère passe :**

$$F_R = \pi \cdot d \cdot e \cdot R_f$$

Avec :

D (mm) diamètre du poinçon

$F_R$  (DaN)

e (mm)

$R_f$  (hbar)

Cette valeur est pondérée par un coefficient qui prend en compte le rapport de réduction

$$Fp = k.Fr$$

M=d/D	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
k	1	0.86	0.72	0.60	0.50	0.40

L'effort maximal d'emboutissage intervient généralement au premier tiers de la course.

**Passes suivantes** : effort maximal :

$$F_R = 0.5 F_{R(n-1)} + 5D_n \cdot e \cdot R_f \cdot \log_{10} \left( \frac{d_n - 1}{d_n} \right)$$

Avec :

n nombre de passes

$F_{R(n-1)}$  effort maximal pour la  $(n - 1)^e$  passe.

- **Pièces quadrangulaires** :

La formule qui conduit à l'estimation maximale :

$$F_R = R_f \cdot e(2\pi \cdot r_c \cdot k_A + L \cdot k_S)$$

Avec  $k_A = 0,5$  pour emboutis peu profond

= 2.0 pour emboutis dont  $h=5r_c$  à  $6r_c$  (h hauteur,  $r_c$  rayon de coin)

$k_S = 0,2$  pour jeu important, pas de serre-flan

=0.3 à 0,5 pour écoulement facile, faible pression de serre-flan.

= 1 pour fortes pression de serre-flan.

- **Effort serre-flan** :

On utilise la formule

$$F_{SF} = p \cdot S$$

Avec : S ( $m^2$ ) surface du flan en contact avec la matrice.

p (hbar) pression spécifique.

$F_{SF}$  (daN) effort serre-flan.

## 10. Vitesse d'emboutissage :

Nous appelons vitesse d'emboutissage la vitesse V de pénétration du poinçon dans la matrice :

- Presses hydrauliques :  $1 < V < 10$  m/min.
- Presses mécaniques :  $10 < V < 70$  m/min.

La vitesse d'emboutissage, dans les gammes permises par les presses industrielles, n'a pas d'influence sensible sur les caractéristiques rationnelles et conventionnelles des m étaux en feuilles, mais c'est un facteur déterminant pour assurer la réussite des emboutis profond. [8]

En effet, on est généralement contraint, pour ce type de fabrication, à utiliser des vitesses peu élevées (quelques mètres/minutes) pour permettre un écoulement contrôlé du métal sous serre-flan et au rayon matrice. La vitesse contribue, en parallèle des pressions de serre-flan sur la tôle et de la nature des lubrifiants, à établir des conditions spécifiques de frottement qui conditionnent également la qualité de l'emboutissage. On peut donner comme ordre de grandeur des vitesses maximales d'emboutissage :

- Acier inoxydable = 15 m/min.
- Acier doux = 28 m/min.
- Laiton et aluminium = m/min. [8]

### 11. Lubrification :

Dans le formage à froid des métaux en feuilles, pratiquement toute l'énergie mécanique absorbée par la déformation plastique et les frottement tôles-outillages est transformée en énergie thermique.

La contribution des forces de frottement en emboutissage peut représenter 20 à 40 % de l'énergie totale absorbée. Elle sera d'autant plus faible que les produits seront de bonne qualité, leur action ayant pour conséquences :

- Une meilleure régularité et une amélioration de la qualité dans la production des pièces embouties (état de surface, aspect).
- La possibilité de réaliser des pièces difficiles (formes complexes, emboutis profonds) pour lesquelles les conditions aux limites tôles-outillages sont apparemment devenues prépondérantes par rapport aux conditions opératoires, forme du flan, pression de serre-flan, vitesse d'emboutissage.

Il résulte de l'analyse de l'opération d'emboutissage qu'il existe pour un métal donné (acier doux, acier inox, etc...) quatre facteurs principaux qui déterminent le comportement des lubrifiants :

- La pression de contact  $p$  tôle sous serre-flan : quelques bars  $< p < 100$  hbar
- La vitesse de glissement  $V_g$  tôle-outillage : quelques m/min  $< V_g < 45$  m/min.
- La température moyenne  $T_m$  des pièces :  $30^\circ C < T_m < 80^\circ C$ .
- La nature des contacts : c'est-à-dire la longueur des arcs des contacts (plusieurs mm) et l'état de surface recouvrant les aspects morphologiques et physico chimiques (rugosité, tension superficielle, etc.). [8]

# **Chapitre IV : Conception de l'outillage**

## Introduction :

Le chapitre présentera tout d'abord un cahier des charges détaillé de la pièce à fabriquer, pour ensuite expliquer les différentes étapes de sa mise au point. Cette démarche permet la conception de l'outillage, d'ailleurs des calculs pour les efforts d'emboutissage seront fait ainsi que les calculs des contraintes subies par l'outil.

Le choix de la presse se fera en fonction de ces derniers.

En dernier lieu des planches et des dessins de définitions présentant toutes les pièces composantes de l'outillage d'emboutissage de la pièce seront réalisée.

## 1. Cahier des charges

Dans notre travail la pièce à réaliser est une table de travail d'une cuisinière dont les caractéristiques sont présentées au dessin de définition de la pièce.

Caractéristiques de la tôle en acier inoxydable satinée (X2CrNi 18-9)

Les normes de la tôle :

Tôle en acier inoxydable satinée (X2CrNi 18-9) selon la norme EN 10088-2-2014

### A. Caractéristiques chimiques

C(%)	Si(%)	Mn(%)	Ni(%)	Cr(%)	N(%)	S(%)	P(%)
≤0.03	≤1.00	≤2.00	8-10	17.5-19.5	≤0.10	≤0.015	0.045

Tableau IV.1 : des caractéristiques chimiques de la tôle inoxydable

### B. Caractéristiques mécaniques de la tôle inoxydable

Limite d'élasticité Rp 0.2%	Resistance à la traction Rm	Allongement après rupture A80%
220 N/mm <sup>2</sup>	520-700 N/mm <sup>2</sup>	45 %

Tableau IV.2 : Caractéristiques mécaniques de la tôle inoxydable.

#### B.1. Aspect de la surface :

La qualité de surface est : 2B/SAT

#### B.2. Dimensions nominales selon la norme EN 10131

Epaisseur (mm) 0.6

Largeur (mm) 700

#### B.3. Emplacement de la pièce

La pièce se monte au-dessus de la cuisinière.

**Processus de fabrication :**

- Le processus de fabrication de la table de travail passe par 4 étapes :
- Les bobines de tôles sont découpées sous formes de flans aux longueurs souhaitées.
- Le flan est posé sur la presse à emboutir pour la phase d'emboutissage.
- Poinçonnage et détourage sur une autre presse.

**2. Calcul des efforts d'emboutissage :**

Les efforts d'emboutissage se calcul en sommant les deux types d'emboutissage existants le premier étant l'emboutissage circulaire le deuxième rectangulaire

$$F_e = F_c + F_r$$

**A. Emboutissage cylindrique :**

On a dans notre cas 4 zones circulaires qui correspondent aux 4 bruleurs de la cuisinière.

$$F_c = d * e * \pi * R_m * K$$

d : diamètre de chaque partie cylindrique sur la matrice.

e : épaisseur de la tôle.

R<sub>m</sub> : résistance à la traction de la tôle.

$M = \frac{d}{D}$  K est choisi selon M suivant le tableau cité précédemment (dans le tableau III.1 page 49).

$$D_1 = 142.90 \text{ mm} \quad D_2 = 122.90 \text{ mm} \quad D_3 = 102.90 \text{ mm} \quad D_4 = 62.90 \text{ mm}$$

$$d_1 = 115.35 \text{ mm} \quad d_2 = 95.35 \text{ mm} \quad d_3 = 75.35 \text{ mm} \quad d_4 = 35.35 \text{ mm}$$

**Application numérique :**

$$F_{c1} = 115.35 * 0.6 * \pi * 610 * 0.4 = 53052.82 \text{ N}$$

$$F_{c2} = 95.35 * 0.6 * \pi * 610 * 0.4 = 43854.24 \text{ N}$$

$$F_{c3} = 75.35 * 0.6 * \pi * 610 * 0.4 = 34655.66 \text{ N}$$

$$F_{c4} = 35.35 * 0.6 * \pi * 610 * 0.4 = 16258.49 \text{ N}$$

Calcul de l'effort totale cylindrique en sommant les efforts :

$$F_c = F_{c1} + F_{c2} + F_{c3} + F_{c4}$$

**Application numérique :**

$$F_c = 53052.82 + 43854.24 + 34655.66 + 16258.49 = 147821.21N$$

**B. Emboutissage quadrangulaire :**

$$F_r = R_m * e * (2 * \pi * r_c * K_A + L * K_S)$$

$$L = 2 * (a + b)$$

$L$  : périmètre de la zone quadrangulaire.

$r_c$  : rayon de coin.

$K_A = 0.5$  pour embouti peu profond

= 2 pour embouti dont  $h = 5r_c$  à  $6r_c$  ( $h$  hauteur)

$K_S = 0.2$  pour jeu important, pas de serre flan.

= 0.3 à 0.5 pour écoulement facile, faible pression de serre flan.

= 1 pour forte pression de serre flan.

**Application numérique :**

$$F_r = 610 * 0.6 * (2 * \pi * 10.3 * 0.5 + 2 * (560 + 575) * 0.4) = 344171.176 N$$

Calcul des efforts totaux :

$$F_e = F_c + F_r$$

$$F_e = 147821.21 + 344171.176 = 491992.38 N$$

**C. Jeu poinçon et matrice :**

$$J = e + 0.07 * \sqrt{(10 * e)}$$

Application numérique :

$$J = 0.6 + 0.07 * \sqrt{(10 * 0.6)} = 0.77 mm$$

**D. Rayon de matrice :**

$$R_{mat} = 0.8\sqrt{(D - d) * e}$$

Application numérique :

$$R_{mat} = 0.8\sqrt{(700 - 595) * 0.6} = 6.34 \text{ mm}$$

**E. Effort d'extraction de la pièce par le dévêtisseur :**

$$F_d = P + 7\%F_e$$

$F$  Force d'extraction de la pièce

$P$  Poids de la pièce.

$$P = d_{densité} * 1000 * V_{volume} * g = 8.02 * 1000 * 10^{-3} * 0.6 * 0.7 * 0.7 * 9.81 = 23.12 \text{ N}$$

$$7\%F_e \text{ Pourcentage de l'effort d'emboutissage. } 7\%F_e = 7\% * 491992.38 = 34439.46 \text{ N}$$

$$F_d = 23.12 + 34439.46 = 34462.58 \text{ N}$$

**F. Pression du serre flan :**

Pour la présence du serre flan la condition  $e < 0.2(D - d)$  doit être satisfaite.

$$0.6 < 0.2(700 - 595) = 21 \text{ mm} \quad \text{le dispositif a besoin d'un serre flan.}$$

Calcul de l'effort du serre flan :

$$F = S_a * P$$

$S_a$  : surface du flan en contact avec la serre flan.

$P$  : pression spécifique qui est égale à 2 N/mm<sup>2</sup>

**Application numérique :**

$$F = 173243.36 * 2 = 346486.72 \text{ N}$$

Il faut ajouter à cela l'effort de dévêtissage puisque le serre flan plaque la tôle sure ce dernier.

$$F_{SF} = F + F_d$$

Application numérique :

$$F_{SF} = 346486.72 + 34439.46 = 380926.18N$$

### 3. Calcul de la résistance à la compression :

Le matériau utilisé pour les poinçons et la matrice est le C 45 et sa Limite d'élasticité.

$$R_e = 340 \text{ N/mm}^2$$

A. Matrice :

$$\sigma_{com} = \frac{F_e}{S} < R_e$$

$$R_e = 340 \text{ N/mm}^2 \text{ pour C 45}$$

$$S = 440116.1 \text{ mm}^2$$

Surface mesuré par fonction mesurer SDWORKS

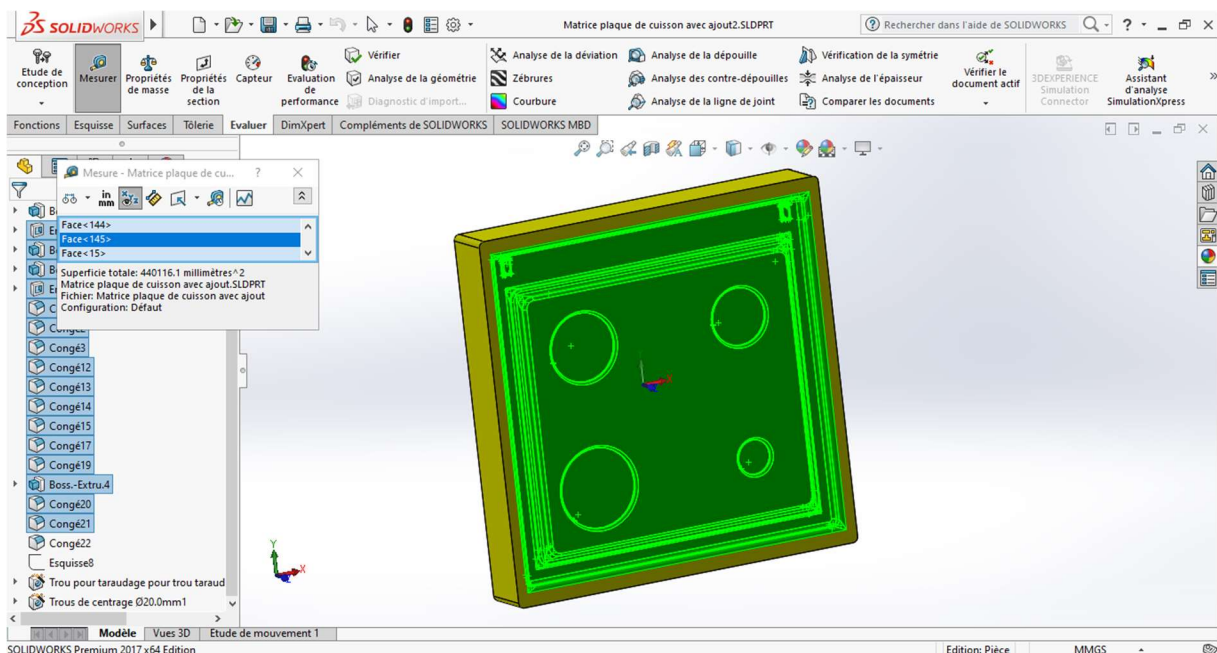


Figure IV.1 : Mesure de la surface de la matrice.

$$\sigma_{com} = \frac{491992.38}{440116.1} = 1.117 \text{ N/mm}^2 < 340 \text{ N/mm}^2$$

La matrice résiste à l'effort de compression.

## B. Le poinçon :

$$\sigma_{com} = \frac{F_e}{S} < R_e$$

$$S = 536625.51 \text{ mm}^2$$

Surface mesuré par fonction mesurer SDWORKS

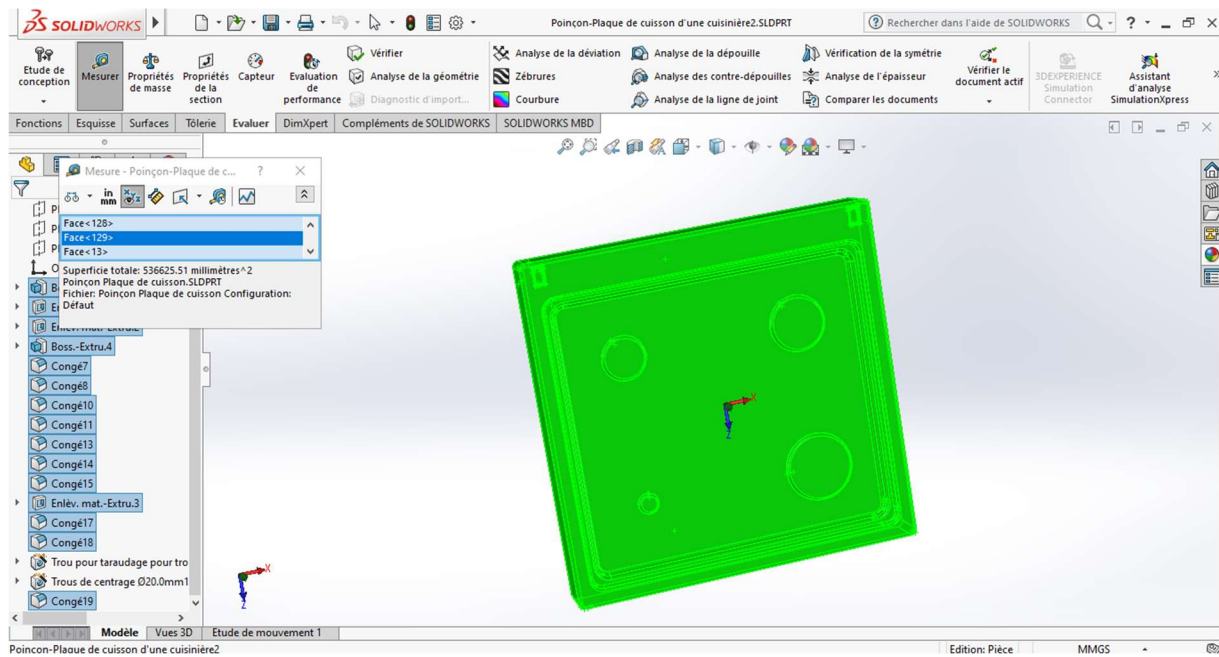


Figure IV.2 : Mesure de la surface du poinçon.

$$\sigma_{com} = \frac{491992.38}{536625.51} = 0.91 \text{ N/mm}^2 < 340 \text{ N/mm}^2$$

## 4. Vitesse d'emboutissage :

La vitesse de l'emboutissage pour les aciers inox est définie par un maximum qui est :

Acier inoxydable  $\leq 15 \text{ m/min}$ . [8]

## 5. Choix de la presse :

La presse qui doit être choisie doit respecter ces quelques conditions :

- La presse de type hydraulique double effets.
- La force délivrée par la presse doit être supérieur à 491992.38 N.
- Dimensions de table doivent être supérieures à 1300mm X1300 mm
- La course du coulisseau de la presse doit être supérieure à 200 mm

La presse choisit, a une capacité de 100/50 tonnes (effort d'emboutissage/effort serre flan) avec dimensions de tables (1500mm X 2500 mm).

## 6. Présentation de l'outillage :

L'outil se compose de deux parties, la première étant la partie mobile se plaçant en position supérieure, la deuxième étant fixe et se plaçant en position inférieure.

### A. Partie supérieure :

La partie inférieure représente la partie fixe de l'outil, elle comporte :

**1. Semelle supérieure :** c'est une plaque dans laquelle le poinçon est fixé, elle est en fonte, son épaisseur doit être suffisante pour résister à l'effort d'emboutissage, cette dernière est montée sur la table de la presse généralement bridée (montage plus économique).

**2. Serre flan :** Il est utilisé dans le but de serrer le flan qui doit être emboutie afin d'empêcher l'apparition des plissements. Il doit être suffisamment résistant et sa face de contact avec le flan doit présenter un bon état de surface, il est en **C45 (XC48)**.

**3. Poinçon :** C'est l'élément le plus essentiel dans l'outil, il permet de laisser une empreinte sur un flan selon leur forme géométrique. Pour que le poinçon résiste aux efforts d'emboutissage, on doit vérifier sa résistance à l'effort de compression.

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

**5. Bagues de fixation détrompeur :** elles sont similaires aux bagues des fixations en bronzes la différence est dans les diamètres internes des bagues ce qui permet une seule position entre la partie supérieure et inférieure de l'outil.

**6. Colonnes de guidages :** elles sont en acier leurs rôles est de guider la partie supérieure de l'outil sur la partie inférieure, elles comportent des gorges pour le graissage.

**7. Goujon de centrage :** pour l'ajustement des poinçons sur la semelle supérieure, ils sont en **Z200. (Ou de la matrice sur la partie inférieure)**.

## **B. Partie inferieure :**

La partie supérieure représente la partie mobile de l'outil, elle comporte :

**1. Semelle inferieure** : c'est un mono bloc de même matériau que la semelle inférieure (La fonte), elle est fixée sur le coulisseau de la presse. Elle assure la fixation de la matrice avec des vis.

**2. Bagues de guidage** : elles sont en bronze leur rôle est de guider les colonnes de guidage sur l'inferieure.

**3. matrice** : elle est en **C45 (XC48)**, elle est à l'opposé du poinçon, elle est montée sur la semelle supérieure.

**3. Le dévêtisseur** : Il est posé sur la partie inferieure son rôle est d'éjecter à l'aide de ressorts la pièce en fin d'opération.

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

**5. Butées de positionnement** : elles sont fixées sur le dévêtisseur, elles consistent à positionner le flan sur la matrice. Elles sont en acier **XC48**.

## **C. Eléments normalisés :**

**1. Axes des ressorts.**

**2. ressorts.**

**3.vis CHC M8 M12.**

## 7. Fonctionnement de l'outil :

- D'abord le flan sera posé sur le dévêtitseur, où il sera positionné grâce aux butées de positionnements.

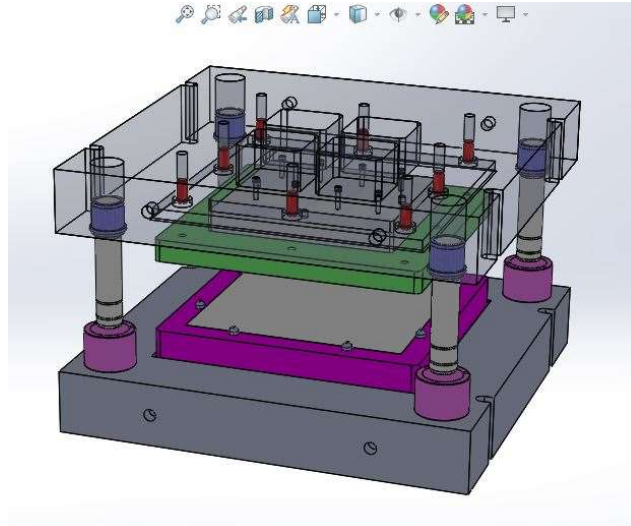


Figure IV.3 : l'étape Pose du flan.

- Le coulisseau du serre flan entame sa descente en plaquant le flan sur le dévêtitseur ainsi ce dernier sera plaqué à son tour en compressons ses ressorts.

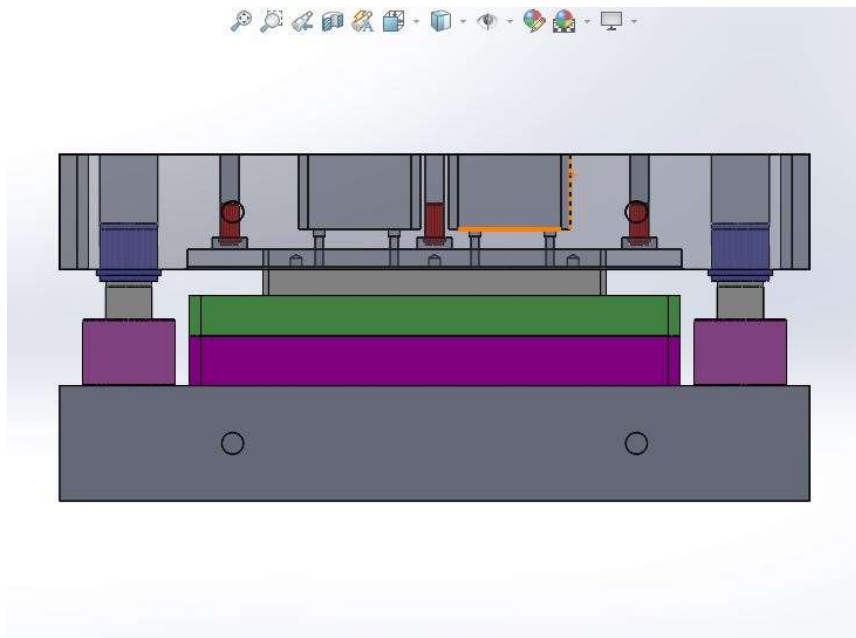


Figure IV.4 : Serre flan plaque la tôle sur le dévêtitseur.

- La partie supérieure continue sa course, en déformant plastiquement le flan avec le poinçon dans la matrice, en lui donnant les formes géométriques de

leurs empreintes respectives, jusqu'au contact de la semelle supérieur avec les butées de fin de course fixées sur la semelle inférieur.

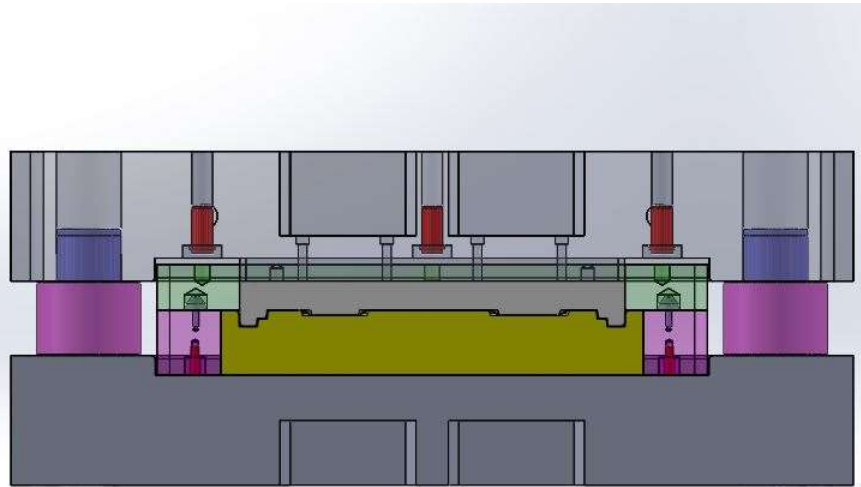


Figure IV.5 : Emboutissage de la pièce.

- Ensuite le coulisseau du poinçon se retire en premier lieu, puis le coulisseau du serre flan la tôle étant formée et en évitant a la pièce de ce coincée sur le poinçon.

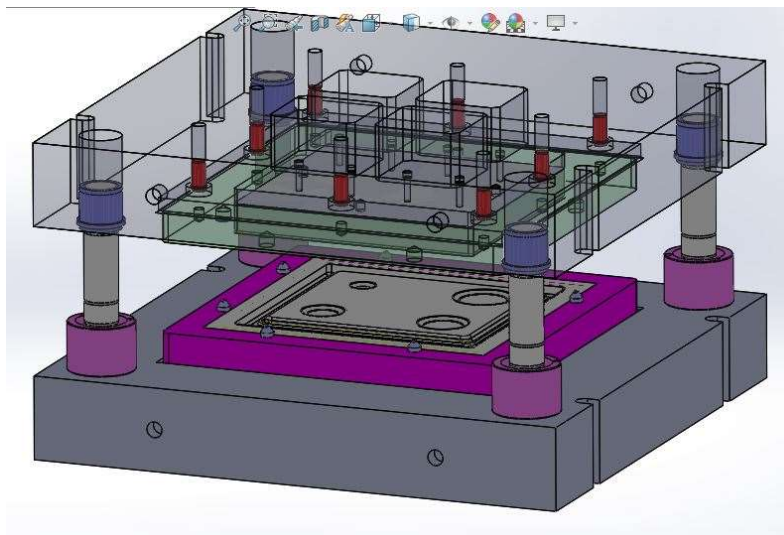


Figure IV.6 : Retrait de la partie supérieure.

- Les ressorts du dévêtisseur se détendent et ainsi la pièce est éjectée de la matrice par dévétissage.

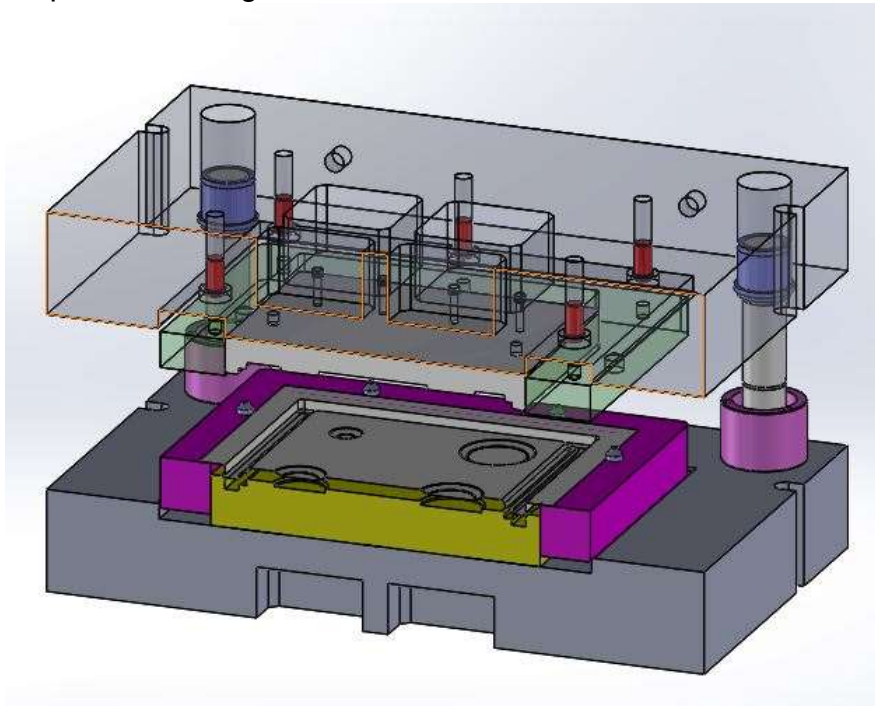


Figure IV.7 : dévétissage de la pièce.

## Conclusion :

La conception de l'outillage pour emboutissage de « la plaque de cuisson supérieure d'une cuisinière » est réalisée à l'aide du logiciel de CAO « SolidWorks ». Le matériau qui est choisi pour l'outillage résiste largement aux contraintes et aux efforts subit lors de son utilisation.

La nature du travail, les efforts, les dimensions de l'outil ainsi que de nombreux paramètres nous contraignent à choisir une presse ou à en prédéfinir certaines conditions pour son choix.

La conception est faite de telle sorte qu'elle soit fiable et résistante par le surdimensionnement de certains éléments, le choix d'autres éléments normalisés tels que les bagues et colonnes de guidages et ressorts permet d'abaisser considérablement son prix et bien évidemment c'est ce qui se répercute sur le prix de la pièce à fabriquer. les butées présentes sur le dévêtisseur permettent un placement simple et centrée de la tôle même pour un opérateur humain ce qui évite les erreurs de positionnement et les pièces rebutées.

# **Conclusion générale**

### **Conclusion générale :**

L'étude réalisée combinée aux notions et enseignements que nous avons acquis durant notre formation, Nous ont permis de réaliser et concevoir un outillage pour emboutissage. Un domaine d'actualité qui ne cesse d'innover.

La démarche poursuivie nous apporte et nous confronte en même temps aux connaissances et aux défis existants dans l'industrie moderne.

L'outillage conçu étant régi par un cahier de charge bien défini, nous a permis une initiation, une familiarisation et un apprentissage du monde du travail dans le secteur de la fabrication et conception mécanique. Les contraintes de conception du cahier des charges imposées à cette conception n'étant pas perçues comme handicapantes mais comme défi à relever a contribué grandement à la finalisation du travail.

La formation que nous avons reçue durant toutes ces années démontre son efficacité, car cela est prouvé par la maîtrise améliorée par notre recherche, du logiciel de conception assisté par ordinateur SolidWorks ainsi qu'une connaissance avancée des presses de formage et des technologies d'outillages récentes.

En combinant tout ce savoir qu'on a acquis, on a pu étudier, concevoir, et modéliser un outil d'emboutissage totalement opérationnel, qui répond à la majorité des normes, et des tolérances imposées dans ce domaine d'emboutissage.

En définitif, le travail réalisé est ouvert à toute critique constructive et visant à l'améliorer d'avantage, car en effet certains aspects de la fabrication des tôles ne sont pas cités. Tout en espérant que nos efforts et contributions permettent des avancées du secteur économique.

**Dimensions de 10 à 50 mm  
Fil de section rectangulaire (suite)**

Code Couleur : Jaune

Ø du trou mm	Ø de tige mm	Long. libre mm	N° DE CATALOGUE	TAUX daN nécess. pour une déflexion de 1 mm	TABLEAU DES CHARGES DE DEFLEXION							
					Déflexion totale recommandée pour longue durée (17 % de C)		Déflexion totale recommandée pour durée moyenne (20 % de C)		Déflexion maximum de travail (25 % de C)		Ressort comprimé à bloc	
					Charge daN	Déflexion mm	Charge daN	Déflexion mm	Charge daN	Déflexion mm	Charge daN	Déflexion mm
A	B	C										
25	12,5	32	9-1605-36	35,43	192,76	5,5	226,78	6,5	283,47	8,0	354,3	10
		38	9-1606-36	28,02	181,01	6,5	212,96	7,5	266,19	9,5	336,2	12
		44	9-1607-36	23,18	173,41	7,5	204,01	9,0	255,01	11	324,6	14
		51	9-1608-36	19,78	171,45	8,7	201,71	10	252,13	13	316,4	16
		64	9-1610-36	15,38	167,36	11	196,89	13	246,11	16	323,0	21
		76	9-1612-36	12,50	161,53	13	190,04	15	237,55	19	312,6	25
		89	9-1614-36	10,55	159,61	15	187,77	18	234,72	22	305,9	29
		102	9-1616-36	9,12	158,16	17	186,07	20	232,59	26	310,1	34
		115	9-1618-36	8,11	158,50	20	186,47	23	233,09	29	316,2	39
		127	9-1620-36	7,21	155,65	22	183,12	25	228,90	32	310,0	43
		140	9-1622-36	6,55	155,99	24	183,51	28	229,39	35	314,6	48
		152	9-1624-36	6,01	155,25	26	182,64	30	228,30	38	318,4	53
		178	9-1628-36	5,13	155,19	30	182,57	36	228,22	44	318,0	62
		203	9-1632-36	4,47	154,24	34	181,46	40	226,83	51	312,9	70
		305	9-1648-36	2,96	153,24	52	180,29	61	225,36	76	319,2	108
		32	16	38	9-2006-36	48,89	315,83	6,5	371,56	7,5	464,45	9,5
44	9-2007-36			40,49	302,85	7,5	356,29	9,0	445,36	11	526,3	13
51	9-2008-36			34,55	299,56	8,7	352,42	10	440,53	13	518,3	15
64	9-2010-36			26,71	290,57	11	341,85	13	427,31	16	534,1	20
76	9-2012-36			21,60	279,06	13	328,30	15	410,38	19	518,4	24
89	9-2014-36			18,24	276,01	15	324,72	18	405,90	22	529,0	29
102	9-2016-36			15,62	270,77	17	318,56	20	398,20	26	515,3	33
115	9-2018-36			13,64	266,61	20	313,66	23	392,08	29	491,0	36
127	9-2020-36			12,22	263,72	22	310,26	25	387,83	32	500,8	41
140	9-2022-36			11,17	265,87	24	312,79	28	390,99	35	525,0	47
152	9-2024-36			10,14	262,10	26	308,35	30	385,43	38	507,2	50
178	9-2028-36			8,58	259,60	30	305,41	36	381,77	44	506,2	59
203	9-2032-36			7,50	258,76	34	304,42	40	380,52	51	509,9	68
254	9-2040-36			5,98	258,07	43	303,61	51	379,51	64	508,0	85
305	9-2048-36			4,96	256,97	52	302,32	61	377,90	76	510,5	103
40	20			51	9-2408-36	55,97	485,24	8,7	570,87	10	713,59	13
		64	9-2410-36	42,15	458,56	11	539,48	13	674,35	16	800,8	19
		76	9-2412-36	33,83	437,13	13	514,27	15	642,84	19	812,0	24
		89	9-2414-36	28,23	427,10	15	502,47	18	628,08	22	790,4	28
		102	9-2416-36	24,44	423,87	17	498,67	20	623,33	26	806,7	33
		115	9-2418-36	21,37	417,82	20	491,56	23	614,45	29	790,8	37
		127	9-2420-36	19,00	410,23	22	482,63	25	603,28	32	779,0	41
		140	9-2422-36	17,10	407,02	24	478,84	28	598,55	35	786,7	46
		152	9-2424-36	15,55	401,93	26	472,86	30	591,07	38	777,7	50
		178	9-2428-36	13,15	397,77	30	467,96	36	584,95	44	762,4	58
		203	9-2432-36	11,39	393,14	34	462,52	40	578,14	51	763,3	67
		254	9-2440-36	9,06	391,02	43	460,02	51	575,02	64	769,7	85
305	9-2448-36	7,52	389,70	52	458,48	61	573,10	76	766,6	102		
50	25	64	9-3210-36	72,39	787,55	11	926,53	13	1158,17	16	1375,3	19
		76	9-3212-36	57,28	740,07	13	870,67	15	1088,34	19	1317,5	23
		89	9-3214-36	47,41	717,31	15	843,89	18	1054,86	22	1280,1	27
		102	9-3216-36	40,44	701,28	17	825,04	20	1031,30	26	1253,7	31
		115	9-3218-36	35,25	689,18	20	810,80	23	1013,50	29	1233,8	35
		127	9-3220-36	31,25	674,59	22	793,64	25	992,04	32	1218,6	39
		140	9-3222-36	28,11	669,10	24	787,18	28	983,97	35	1237,0	44
		152	9-3224-36	23,90	617,56	26	726,54	30	908,18	38	1123,3	47
		178	9-3228-36	21,48	650,11	30	764,83	36	956,04	44	1203,1	56
		203	9-3232-36	18,58	641,20	34	754,35	40	942,94	51	1189,1	64
254	9-3240-36	14,62	631,12	43	742,49	51	928,12	64	1169,3	80		
305	9-3248-36	12,07	625,86	52	736,30	61	920,38	76	1170,8	97		

1 DECANEWTON EST EGAL A 1,02 kg.



## Dispositifs de retenue pour ressorts de compression

Catalogue de ressorts de compression **DANLY France**.

En effet le choix des ressorts est primordial, ainsi les ressorts choisis pour le dévêtitseur sont de diamètre **A= 32** et de charge pour utilisation pour longue durée de **CHARGE= 290,57 daN** et sont au **NOMBRE de Nbre= 12 ressorts**.

# Colonnes de guidage ST 7160 pour gros outils

**STEINEL®**



**DIN 9833/ISO 9182**

**Matériau :**  
Acier 1.7139 (16 Mn CrS 5)  
ou 1.1221 (Ck 60)  
dureté 62 – 64 HRC

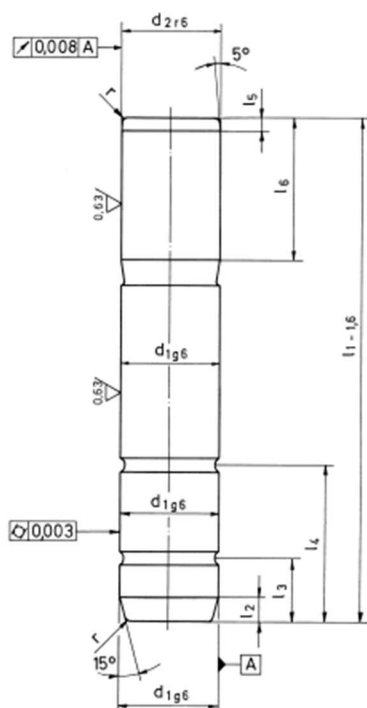
Diamètre de guidage ISO g6,  
rectification fine  
Diamètre d'ajustement ISO r6  
Montage dans alésage ISO H7

**Douilles de guidage adaptées pour  
ST 7160 :**  
ST 7460 et ST 7469

**Exemple de commande :**  
Colonne de guidage **ST 7160**  
 $d_1 = 32, l_1 = 200$  mm  
Complément **032 x 200**  
N° de référence **ST 7160.032 x 200**

Complément  
au N° de référence avec  
dimensions

avec gorges de graissage N° de référence **ST 7160.**  x



$d_{1g6}$	$d_{2r6}$	$l_{1-1,6}$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$l_6$	r	
25	25	125	8	20	45	4	40	2	025 x 125
		140							025 x 140
		160							025 x 160
		180							025 x 180
		200							025 x 200
		224							025 x 224
32	32	140	8	20	50	4	45	2	032 x 140
		160							032 x 160
		180							032 x 180
		200							032 x 200
		224							032 x 224
		250							032 x 250
40	40	160	8	20	50	4	56	2	040 x 160
		180							040 x 180
		200							040 x 200
		224							040 x 224
		250							040 x 250
		280							040 x 280
50	50	180	10	25	65	4	70	2.5	050 x 180
		200							050 x 200
		224							050 x 224
		250							050 x 250
		280							050 x 280
		315							050 x 315
63	63	200	10	32	72	4	80	2.5	063 x 200
		224							063 x 224
		250							063 x 250
		280							063 x 280
		315							063 x 315
		355							063 x 355
80	80	224	10	32	82	4	100	3	080 x 224
		250							080 x 250
		280							080 x 280
		315							080 x 315
		355							080 x 355
		400							080 x 400
100	100	250	10	32	82	4	125	3	100 x 250
		280							100 x 280
		315							100 x 315
		355							100 x 355

Catalogue d'éléments de guidage **STEINEL**.

Les colonnes de guidages choisis : **d1=80mm (080X355)**.

# Douilles de guidage ST 746.

## Guidage lisse, pour gros outils

**STEINEL®**



**DIN 9834/ISO 9448**

**Description technique :**

Diamètre de guidage ISO H7, tournage fin  
Diamètre de montage ISO r6, rectifié

**ST 7460 bronze massif :**

À utiliser en présence de charges normales, en veillant à une lubrification suffisante.

**ST 7469 acier plaqué bronze :**

Acier 1.7131 (16MnCr5)  
cémenté, dureté 61–63 HRC  
Surface de roulement plaquée bronze  
Grâce à la couche de roulement en bronze appliquée par galvanisation sur la chemise en acier trempé, cette douille convient particulièrement pour les vitesses élevées et les charges latérales importantes.  
Il faut veiller à une lubrification suffisante.

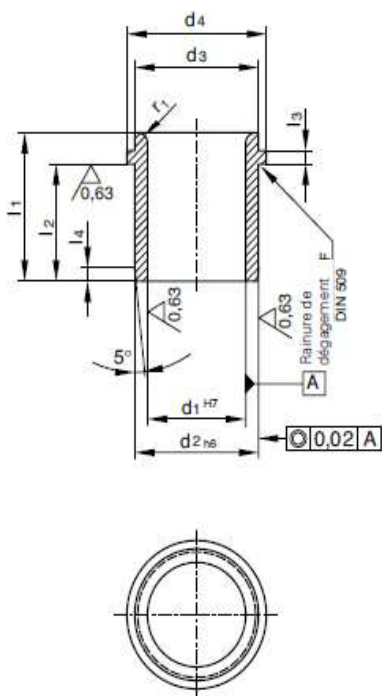
**Instructions de montage :**

Adaptation dans alésage d'accueil ISO H7. La surface de la collerette, rectifiée perpendiculairement à l'alésage de guidage, est fermement pressées sur le support.

**Colonnes de guidage adaptées :**  
ST 7160

**Exemple de commande :**

Douille de guidage **ST 7469**  
 $d_1 = 32$  mm  
Complément **032**  
N° de référence **ST 7469.032**



**Guidage lisse :**  
Bronze massif  
pour capacité de charge normale  
Lubrification externe



**Guidage lisse :**  
Acier trempé à placage bronze  
pour capacité de charge élevée  
Lubrification externe

Complément au N° de référence avec dimensions

Réf. <b>ST 7460.</b>		Réf. <b>ST 7469.</b>							
$d_1^{H7}$	$d_{2h6}$	$d_3^0$	$d_4^0$	$l_1^0$	$l_2^{-2}$	$l_3^{+0,1}$	$l_4^{+1}$	$r_1$	
25	32	32	40	40	32	6.3	3.0	3	<b>025</b>
32	40	40	50	50	40	6.3	4.0	3	<b>032</b>
40	50	50	63	63	50	6.3	5.0	3	<b>040</b>
50	63	63	71	71	56	6.3	6.3	5	<b>050</b>
63	80	80	90	80	63	10.0	8.0	6	<b>063</b>
80	100	100	112	100	80	10.0	10.0	8	<b>080</b>
100	125	125	140	125	106	10.0	12.5	10	<b>100</b>

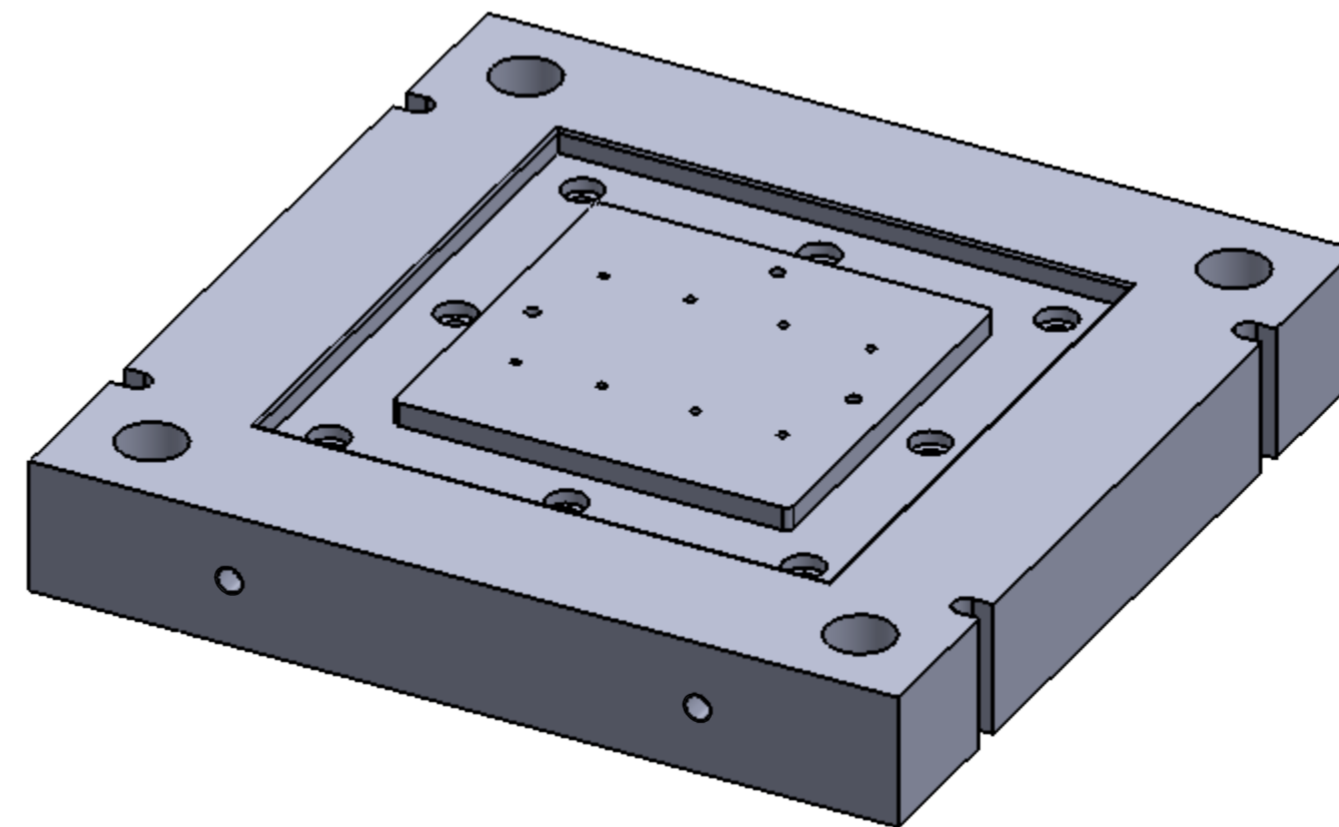
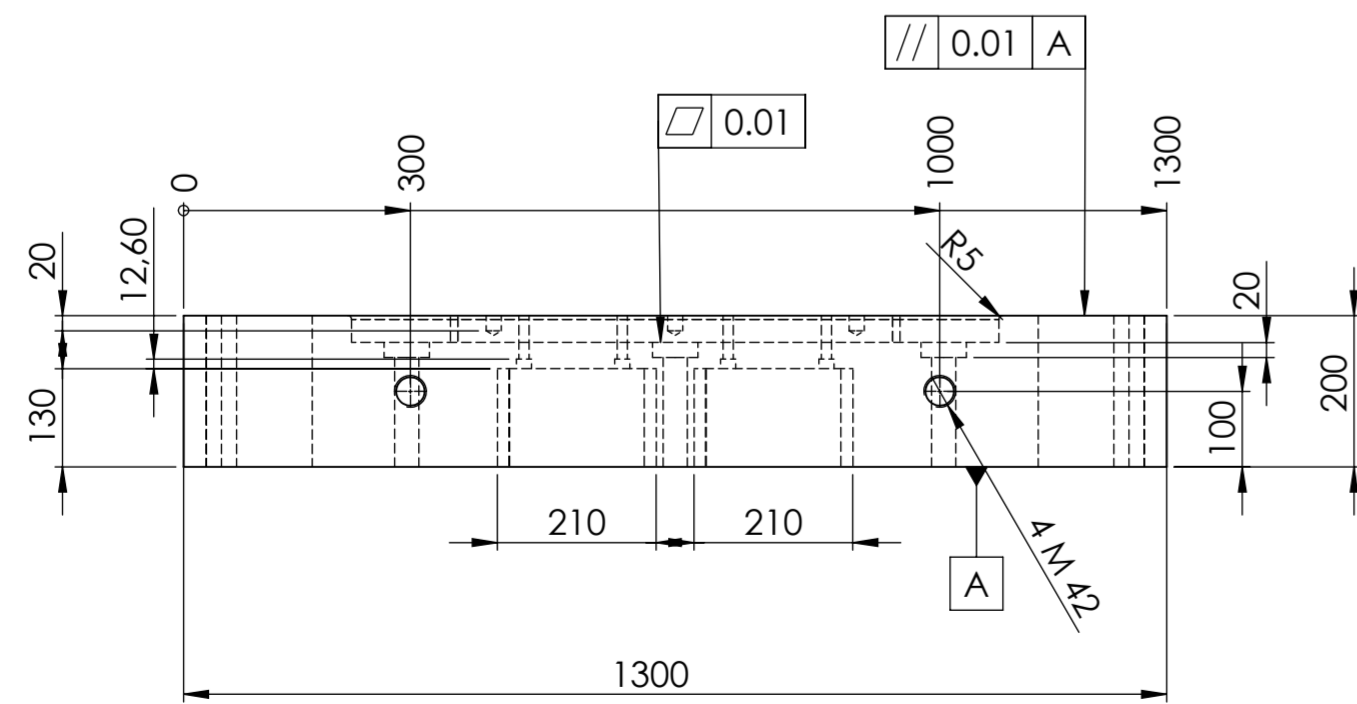
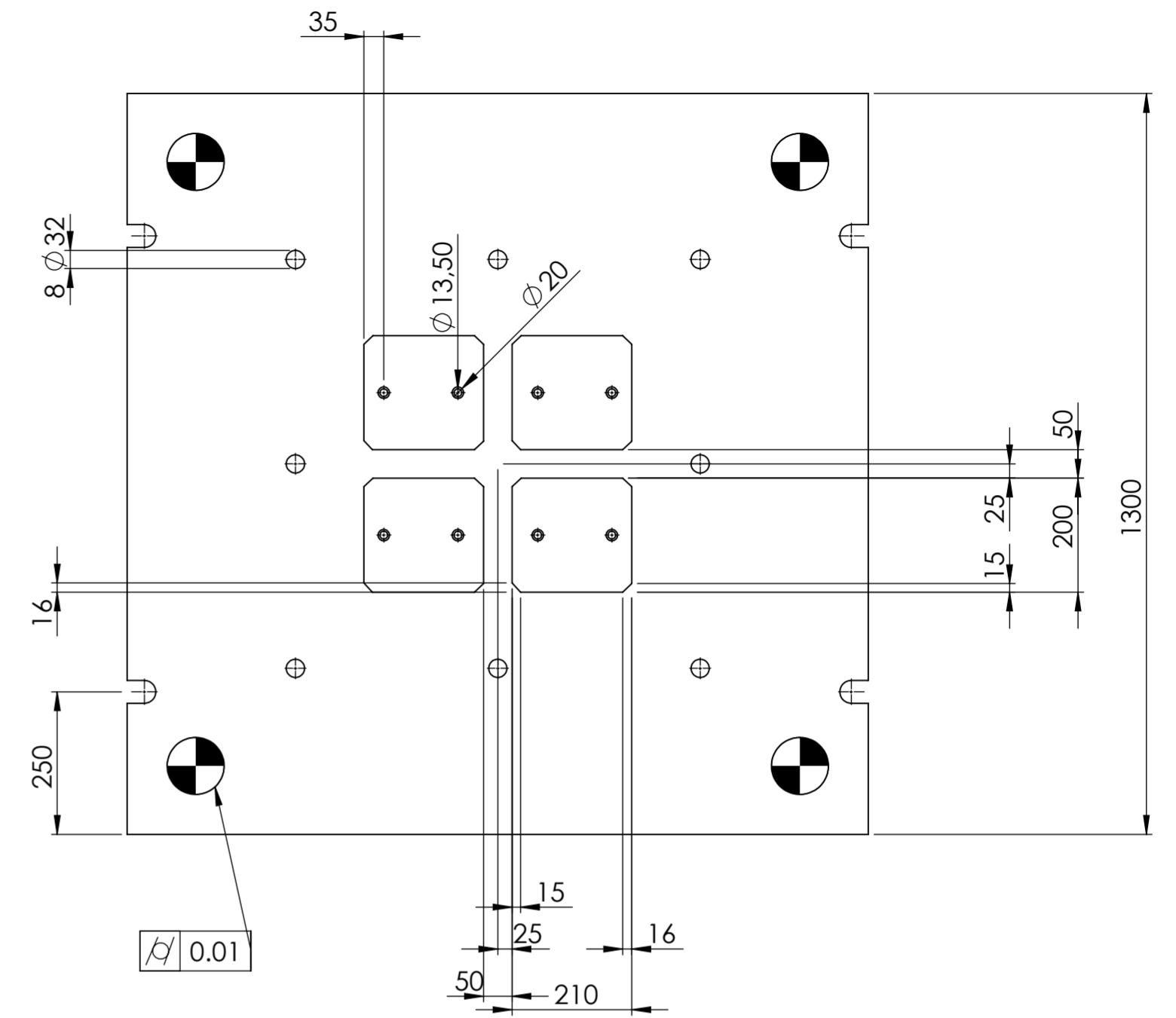
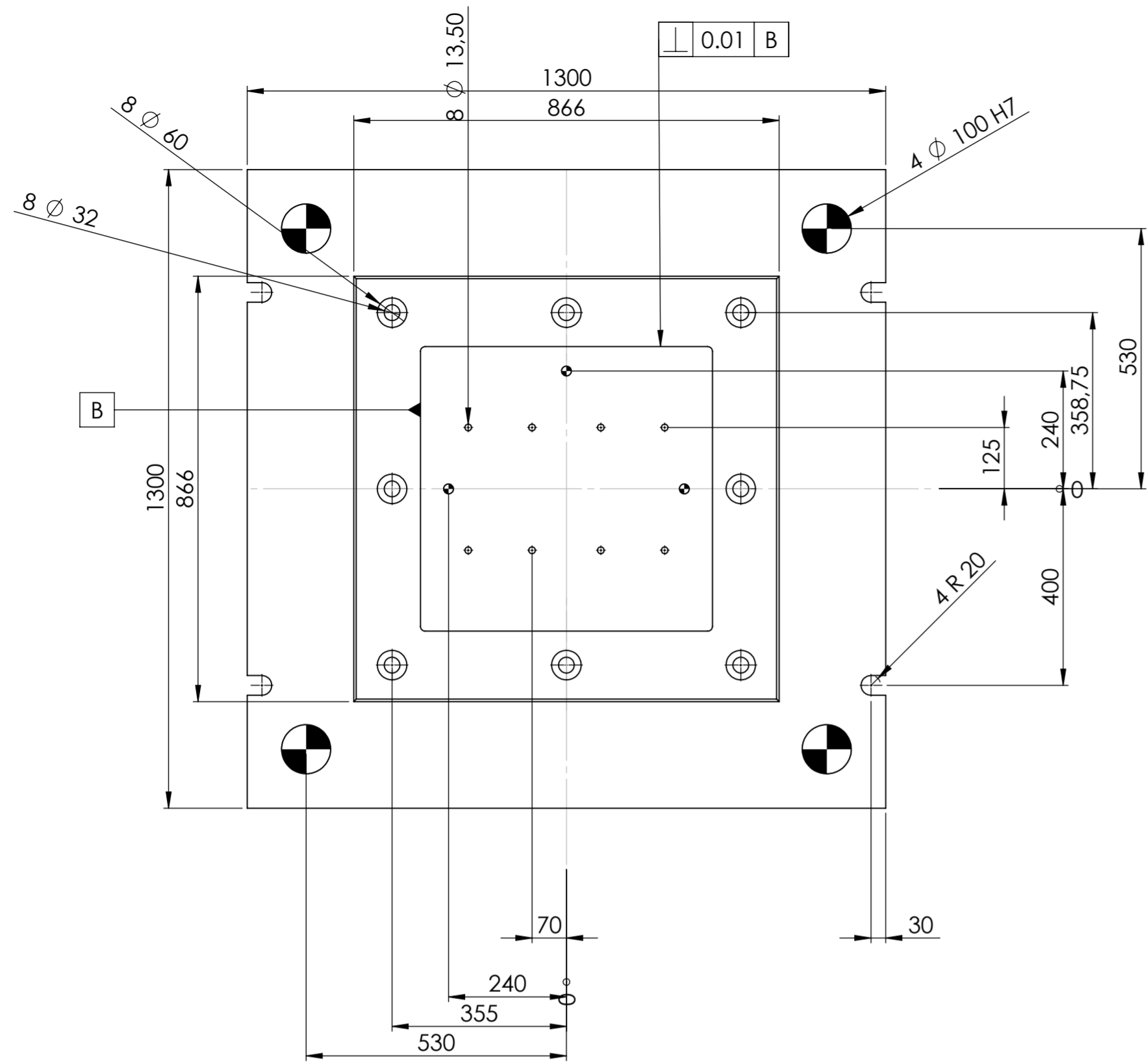
Catalogue d'éléments de guidage **STEINEL.**

Les bagues choisies : **d1=80 mm.**

### Bibliographie :

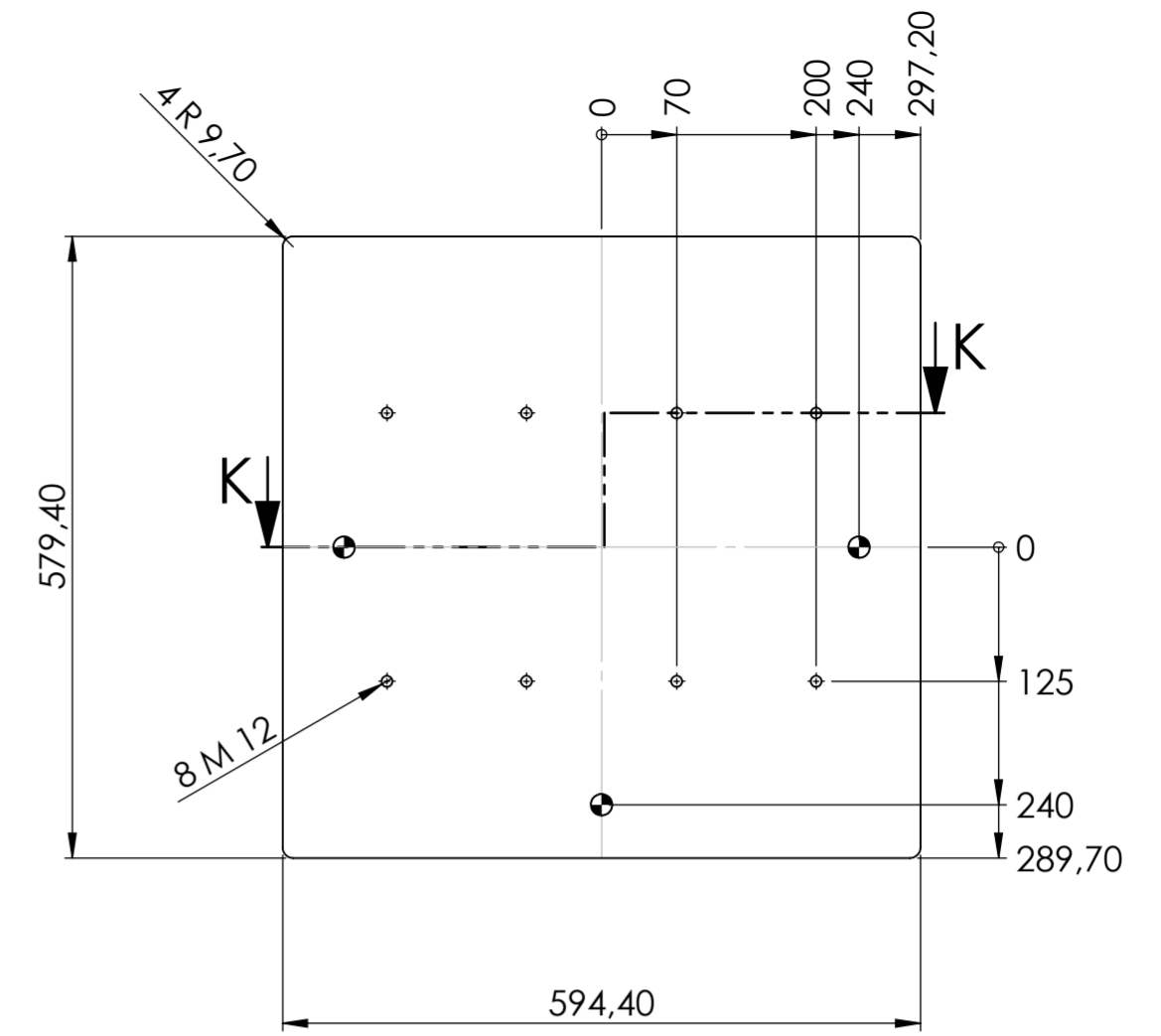
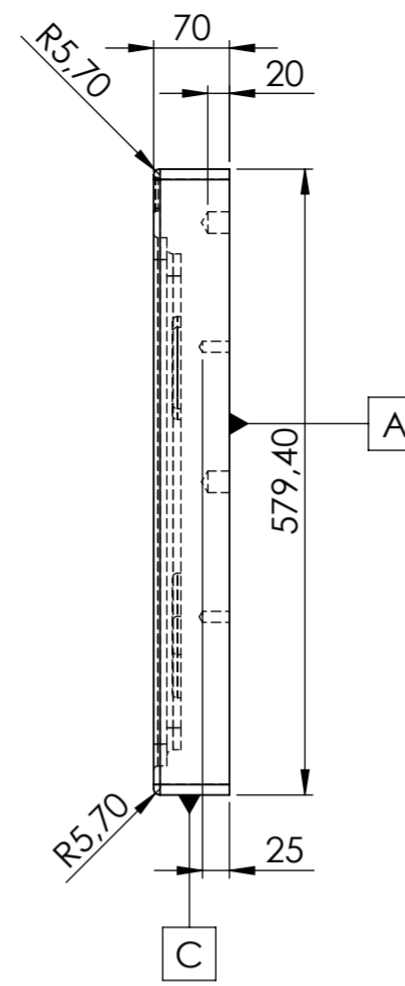
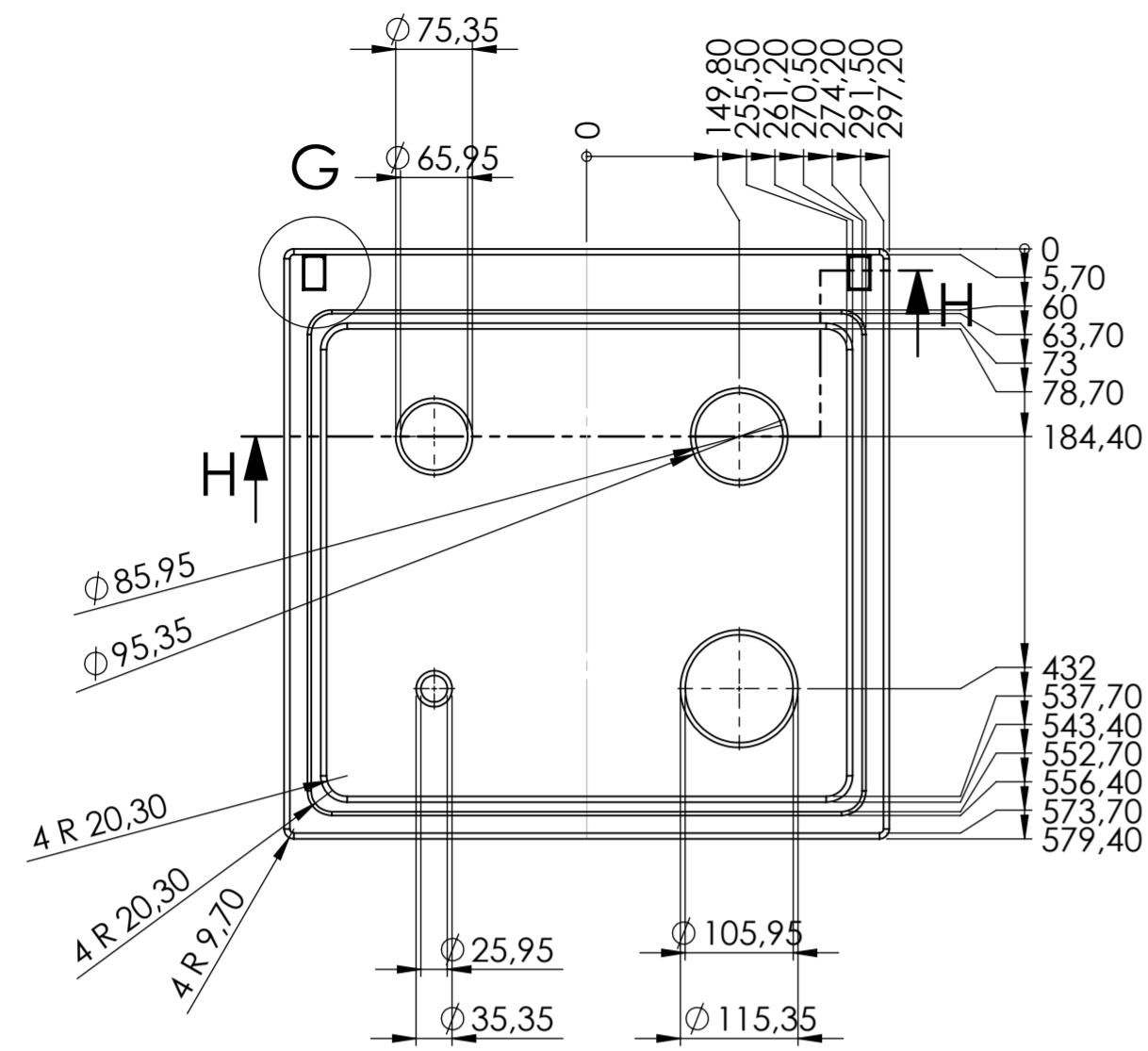
- [1] ALAIN COL, EMBOUTISSAGE DES ACIERS, LIVRE. EDITION DUNOD. 2010.
- [2] RENE MARTIN, PRESSES. DOCUMENTATION TECHNIQUES DE L'INGENIEUR B7570 V1. 10 AVRIL 1979.
- [3] ANDRE MAILLARD, MICHEL CABARET, OUTILS DE PRESSES, DOCUMENTATION TECHNIQUE DE L'INGENIEUR. BM7520V1. 10 AVRIL 2012.
- [4] R. QUATREMER, DEFORMATION PLASTIQUE DES TOLES A L'USAGE DES TECHNICIENS EN GENIE MECANIQUE. OUTILS A DECOUPER. LIVRE. EDITION DELAGRAVE. 1981.I.4.1.
- [5] FRANÇOIS RONDÉ OUSTAU, CONCEPTION ET MISE EN POINT D'UNE GAMME D'EMBOUTISSAGE, DOCUMENTATION TECHNIQUE DE L'INGENIEUR B7540 V1. 10 MAI 1995.
- [6] ALAIN COL, EMBOUTISSAGE DES ACIERS, ASPECT MECANIQUE, DOCUMENTATION TECHNIQUE DE L'INGENIEUR, BM7511 V2. 10 OCTOBRE 2011.
- [7] ALAIN COL, EMBOUTISSAGE DES TOLES, IMPORTANCE DES MODES DE DEFORMATION, DOCUMENTATION TECHNIQUE DE L'INGENIEUR. BM7510 V2. 10 OCTOBRE 2011.
- [8] RENE MARTIN, FORMAGE A LA PRESSE, DOCUMENTATION TECHNIQUE DE L'INGENIEUR B7570 V1. 10 AVRIL 1979.
- [9] JEREMY COËR, MISE EN FORME PAR EMBOUTISSAGE EN TEMPERATURE D'UN ALLIAGE D'ALUMINIUM. THÈSE, UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD, 13 DECEMBRE 2013

# **Planches des dessins de définitions**

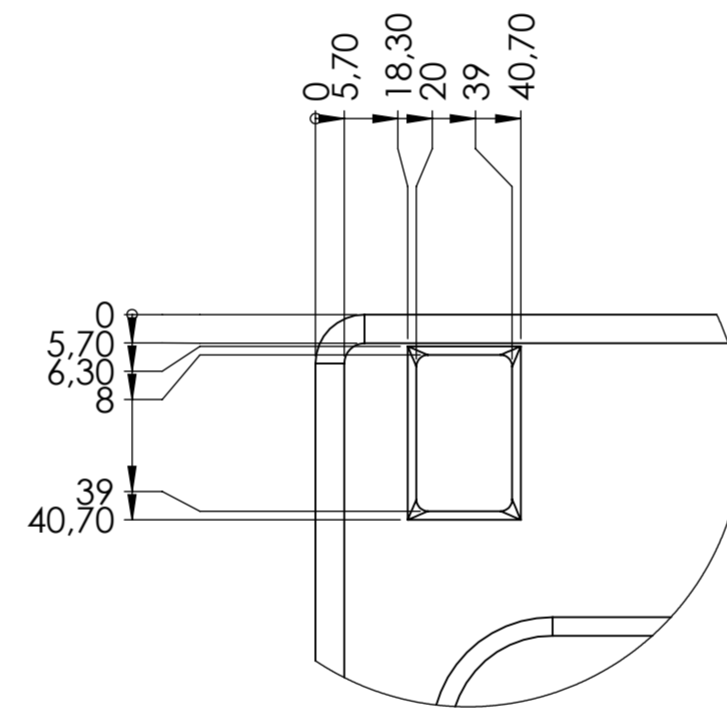
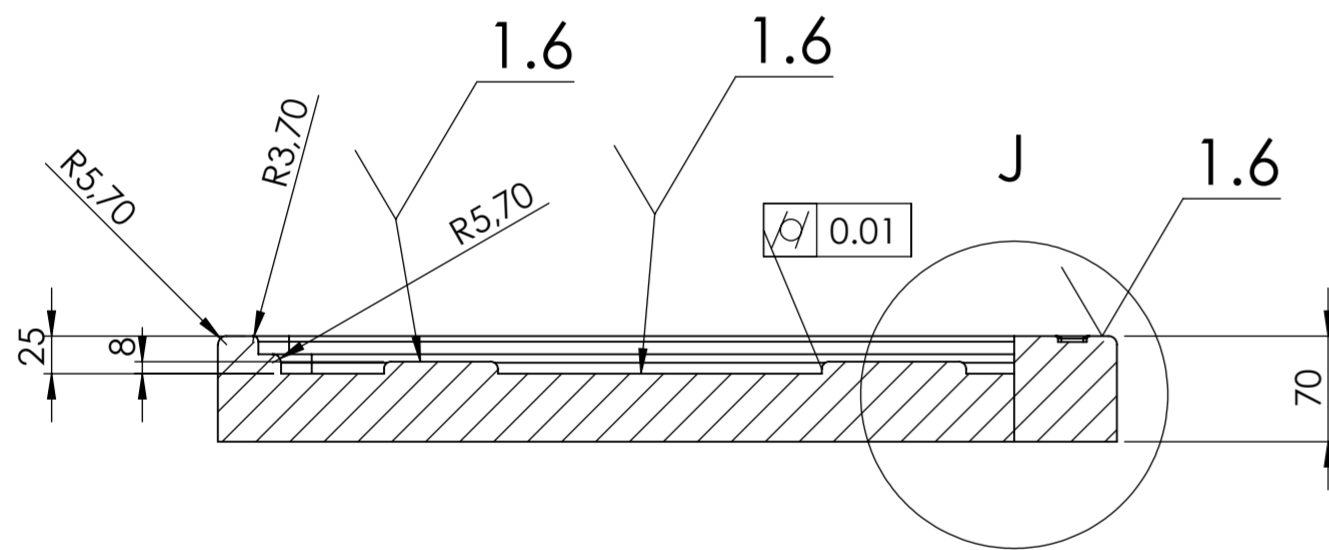


Tolerances  $\pm 0.05$  sauf spécifications

1	1	Semelle supérieure	Fonte	/
REF NBR		DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:10		<b>OUTIL D'EMBOUSSAGE DE LA PLAQUE DE CUISSON D'UNE CUISINIERE</b>		Etat de surface: 3.2/
Planche N°:1				
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L		2019/2020
A2		FGC FMP UMMTO		MASTER II

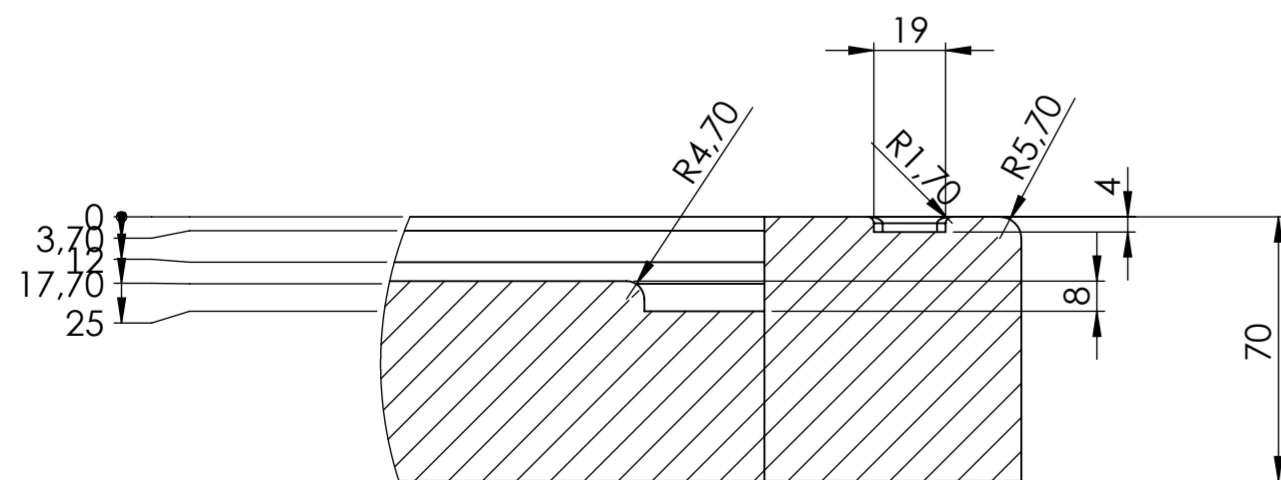
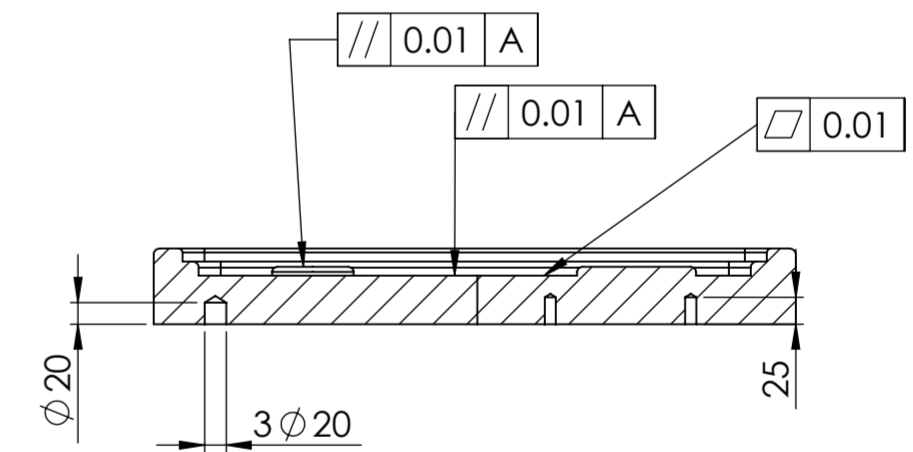


COUPE H-H  
ECHELLE 1:5

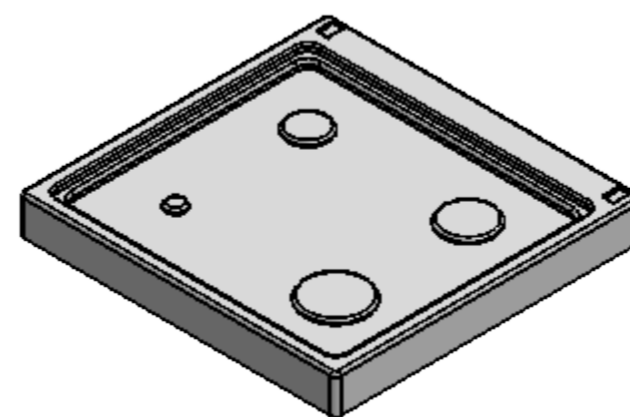


DÉTAIL G  
ECHELLE 1 : 1.5

COUPE K-K  
ECHELLE 1 : 7



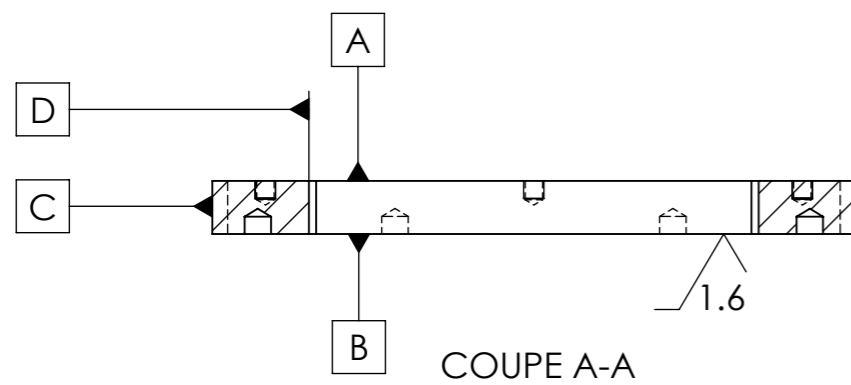
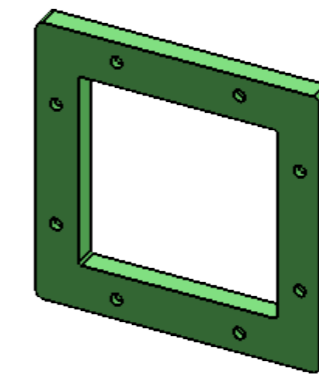
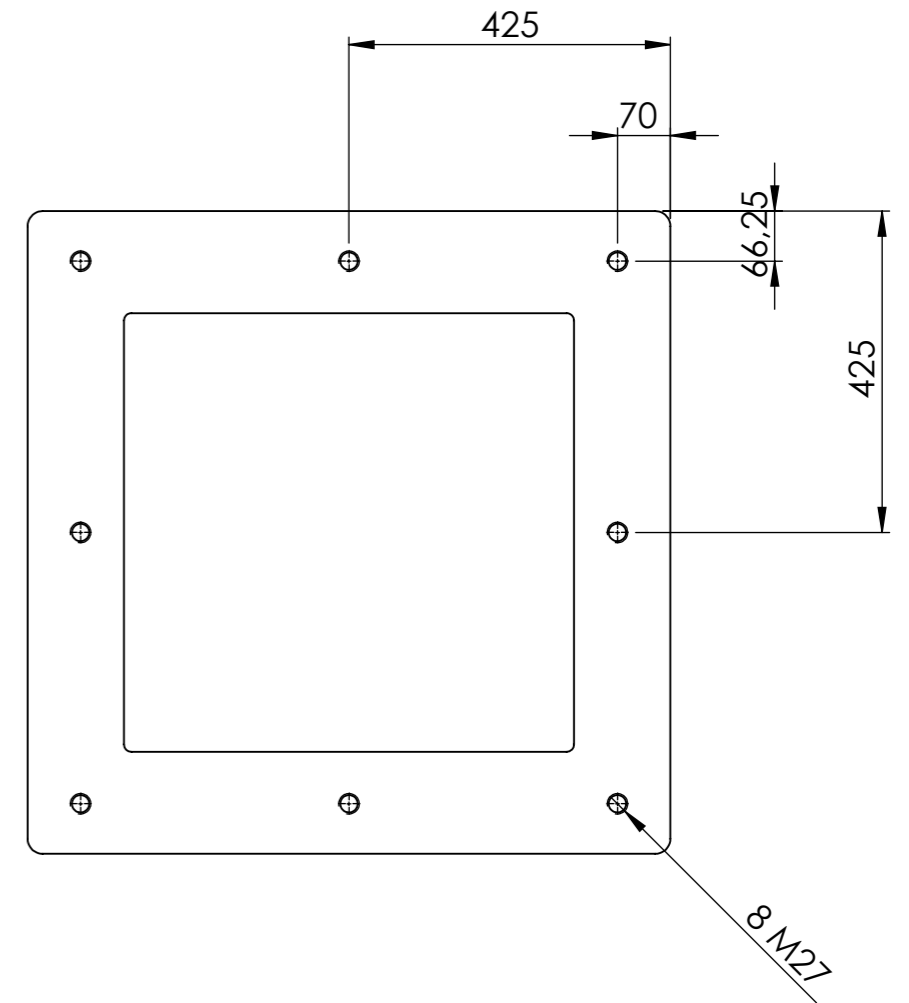
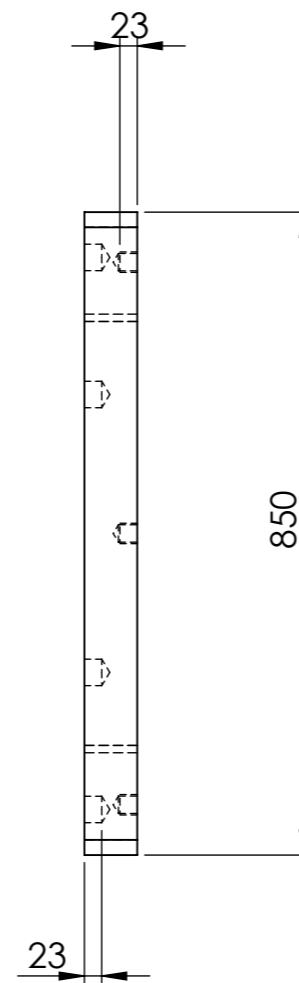
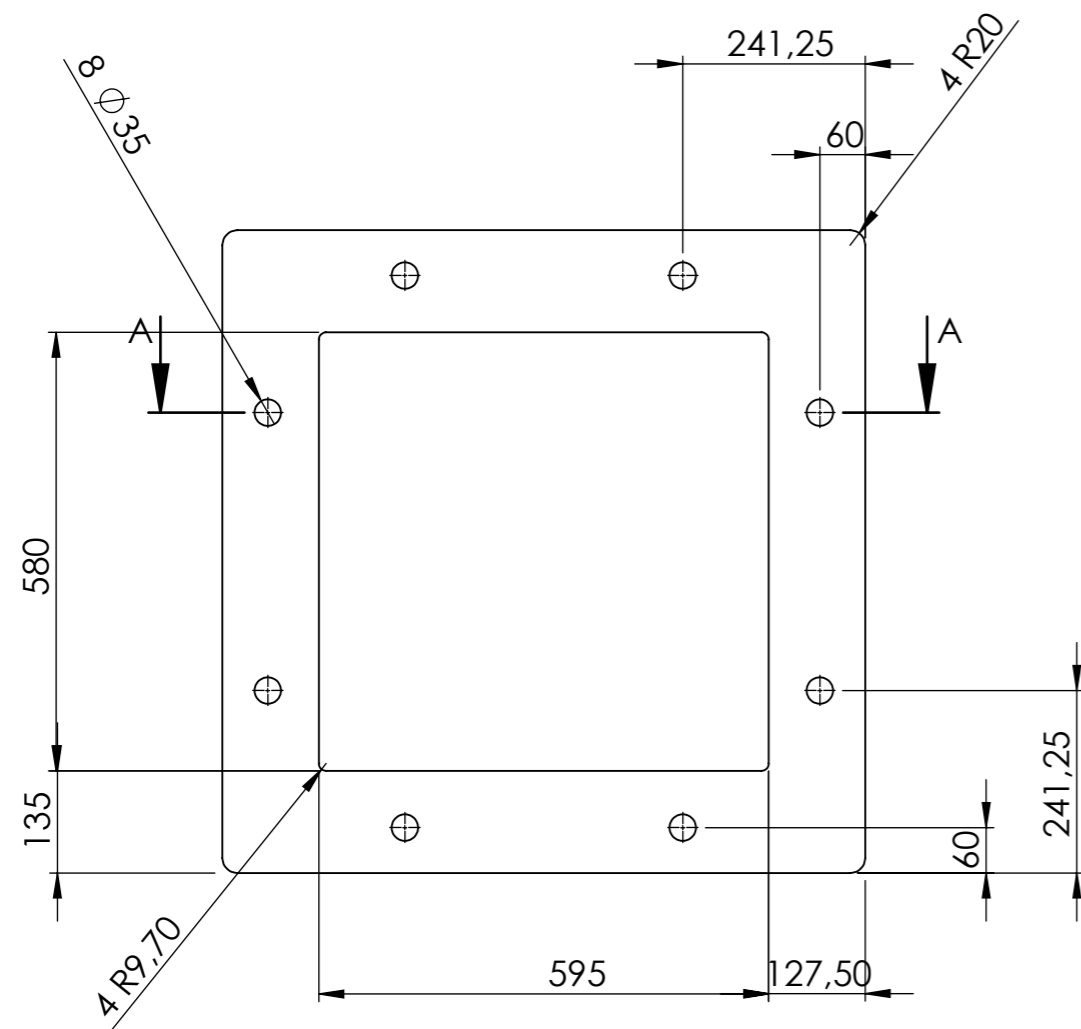
DÉTAIL J  
ECHELLE 1 : 2



$\sqrt{0,01}$	B	A
$\sqrt{0,01}$	C	A

Tolerances  $\pm 0.05$  sauf spécifications

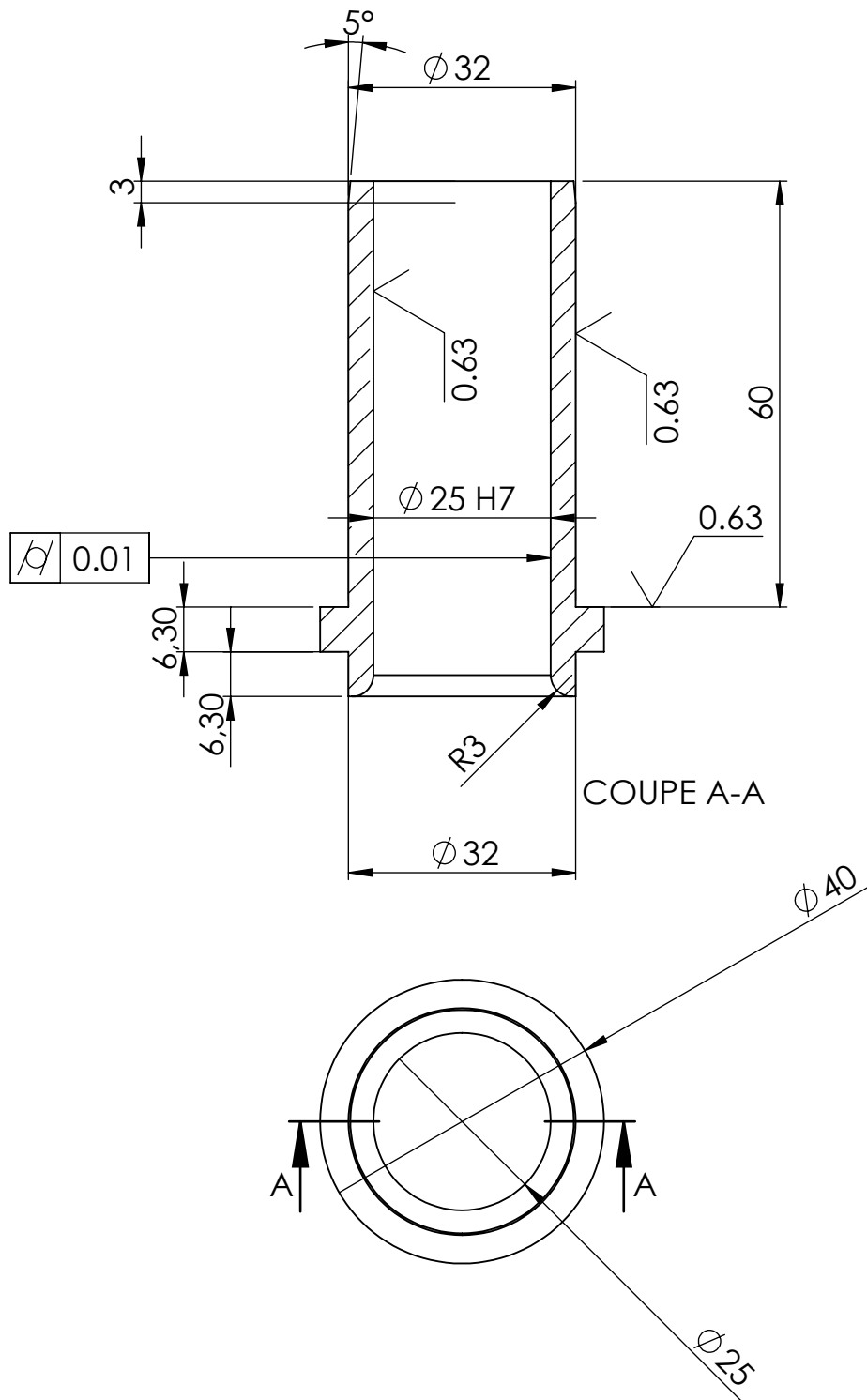
2	1	Poinçon	C 45	Traité
REF NBR		DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:7		OUTIL D'EMBOUITSSAGE DE LA PLAQUE DE CUISSON D'UNE CUISINIERE		Etat de surface: $\sqrt{3,2}$
Planche N°: 2				
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L		2019/2020
A2		FGC FMP UMMTO		MASTER II



//	0.01	A	B
⊥	0.01	C	A
⊥	0.01	D	A

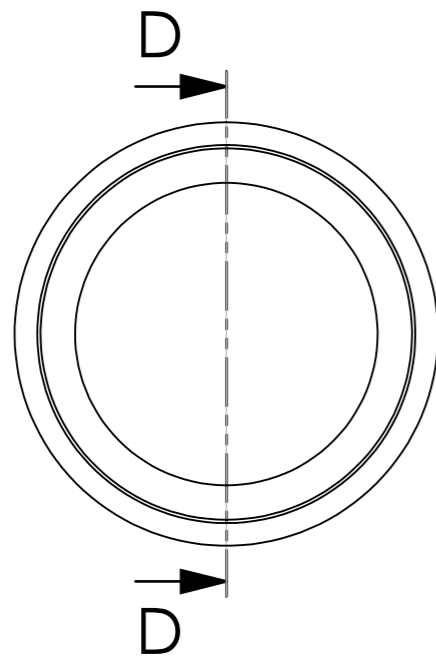
Tolerances  $\pm 0.05$  sauf spécifications

3	1	Serre flan	XC 48	Traité
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:10		<b>OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA PLAQUE DE CUISSON D'UNE CUISINIÈRE</b>		Etat de surface: 3.2
Planche N°: 3				
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L		2019/2020
A3		FGC FMP UMMTO		MASTER II

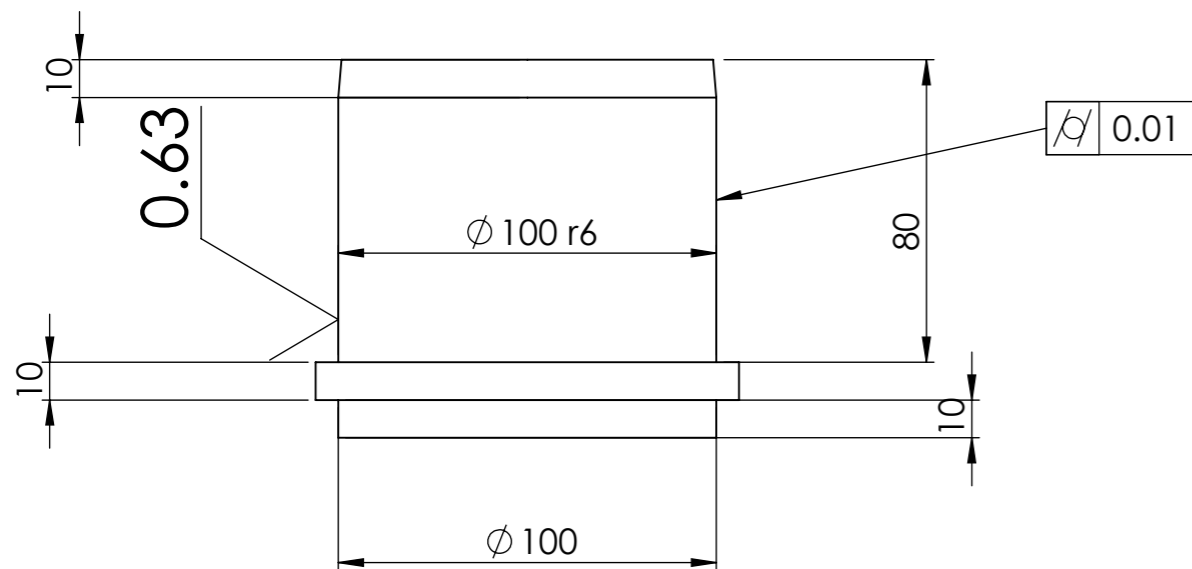
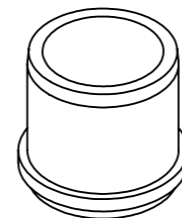
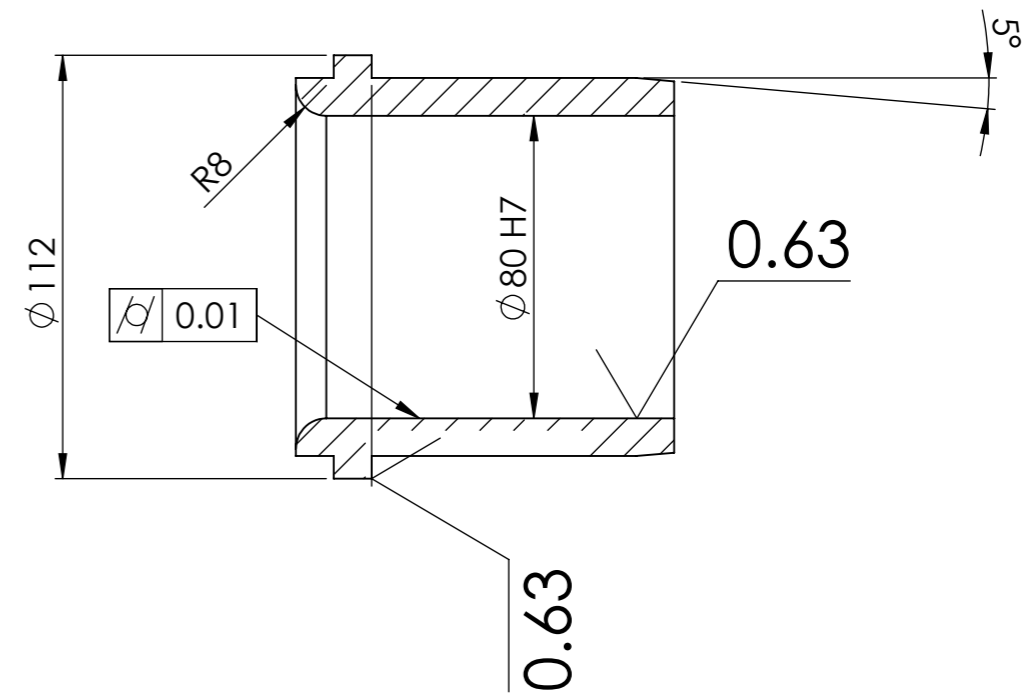


Tolerances  $\pm 0.05$  sauf spécifications

REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
4	8	Bague de guidage serre flan	bronze massif	/
ECHELLE 1:1		<b>OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA PLAQUE DE CUISSON D'UNE CUISINIERE</b>		Etat de surface: 3.2 $\sqrt{\quad}$
Planche N°:4				
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L		2019/2020
A4		FGC FMP UMMTO		MASTER II

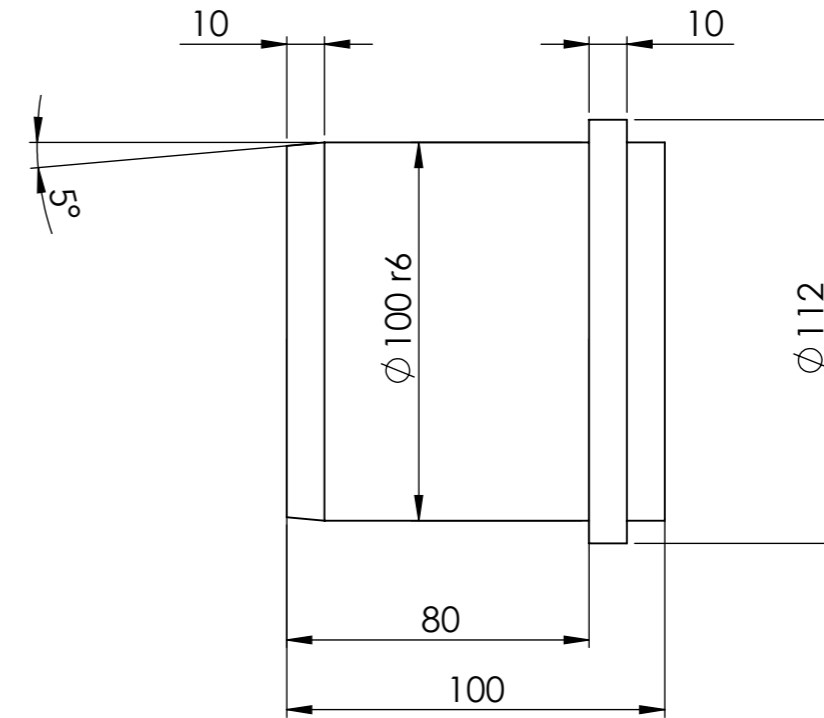
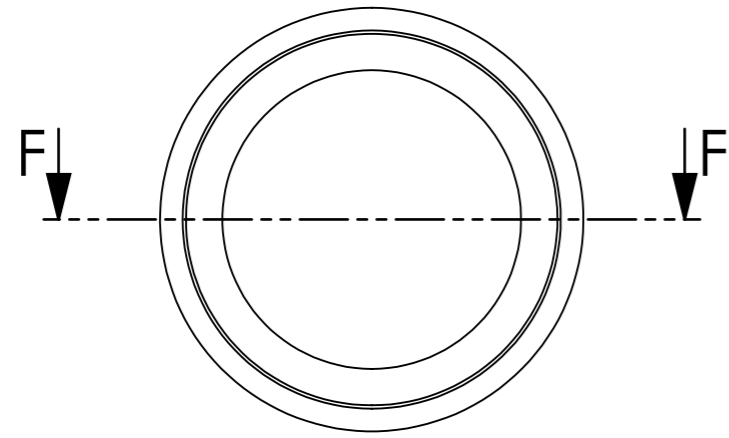


COUPE D-D

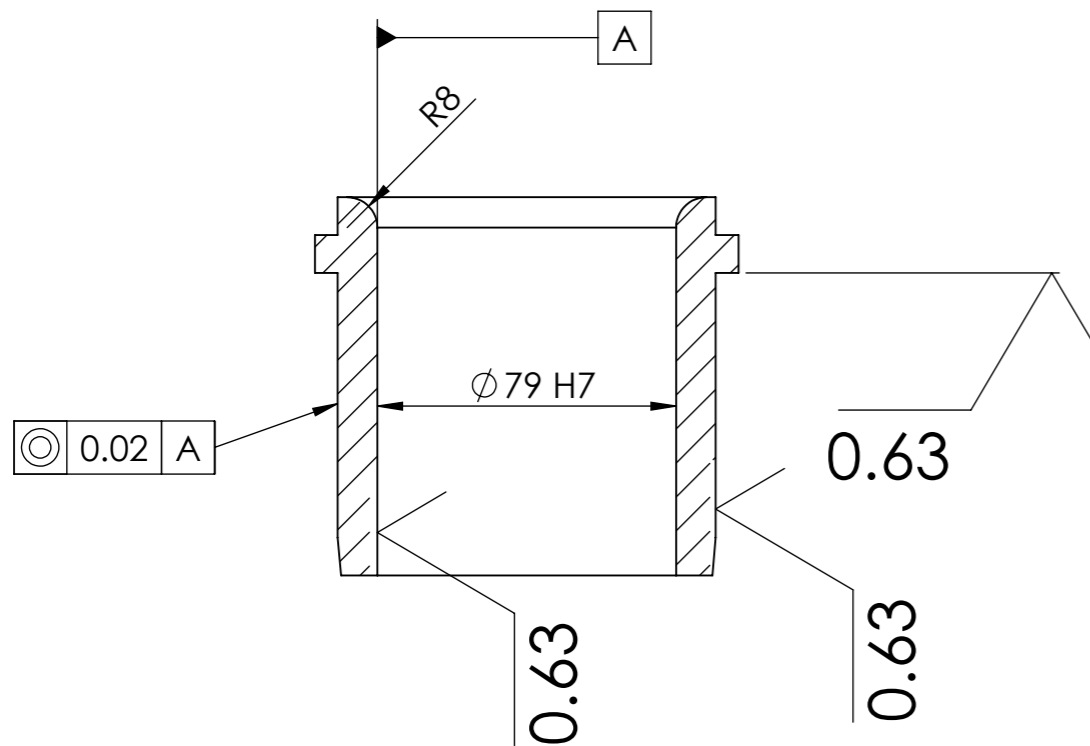


Tolerances  $\pm 0.05$  sauf indications

5	6	Bague de guidage des semelles	Bronze massif	/
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:2		OUTIL D'EMBOUITISSAGE DE LA TABLE DE SUISSON D'UNE CUISINIERE		Etat de surface: 3.2
Planche N°:5				
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L		2019/2020
A3		FGC FMP UMMTO		MASTER II

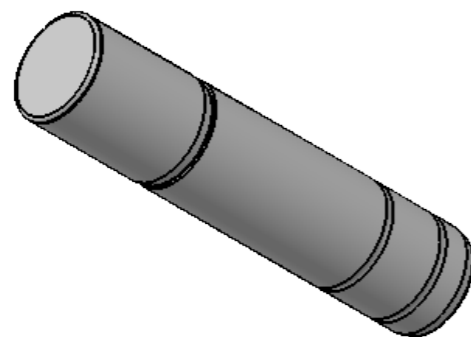
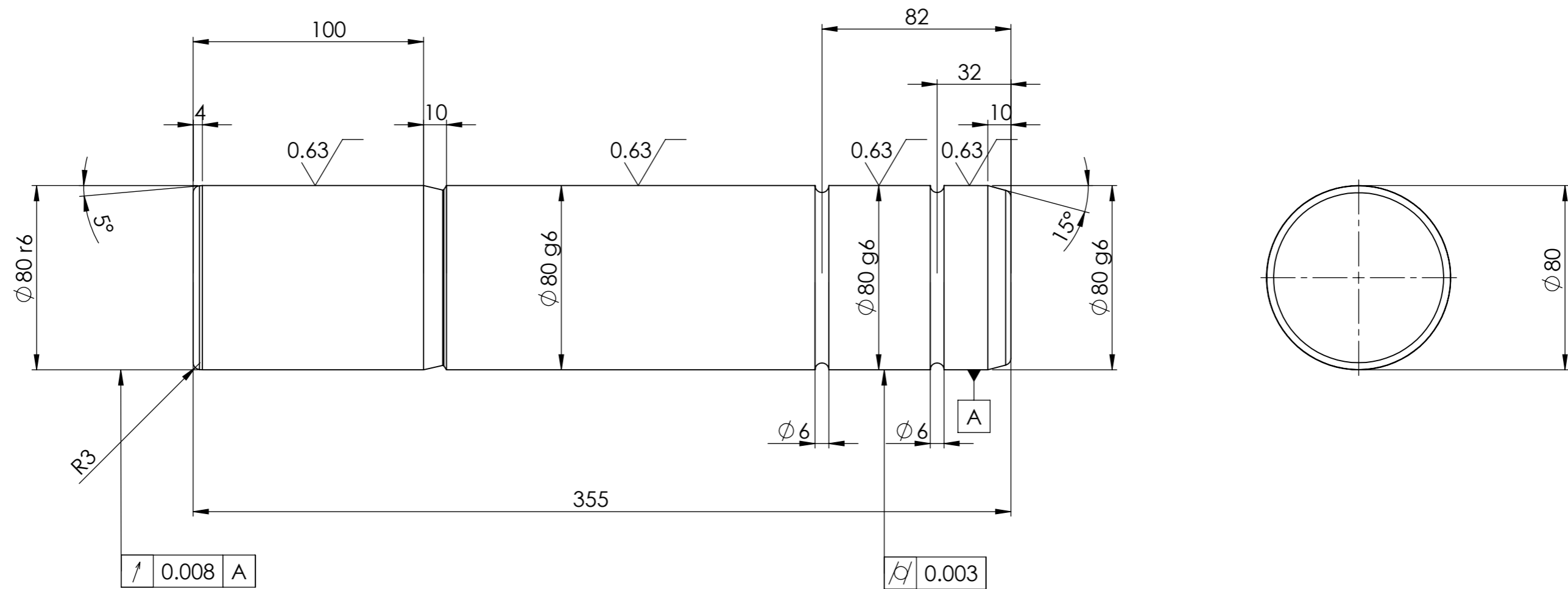


COUPE F-F



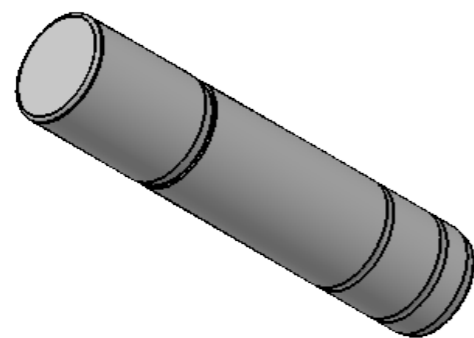
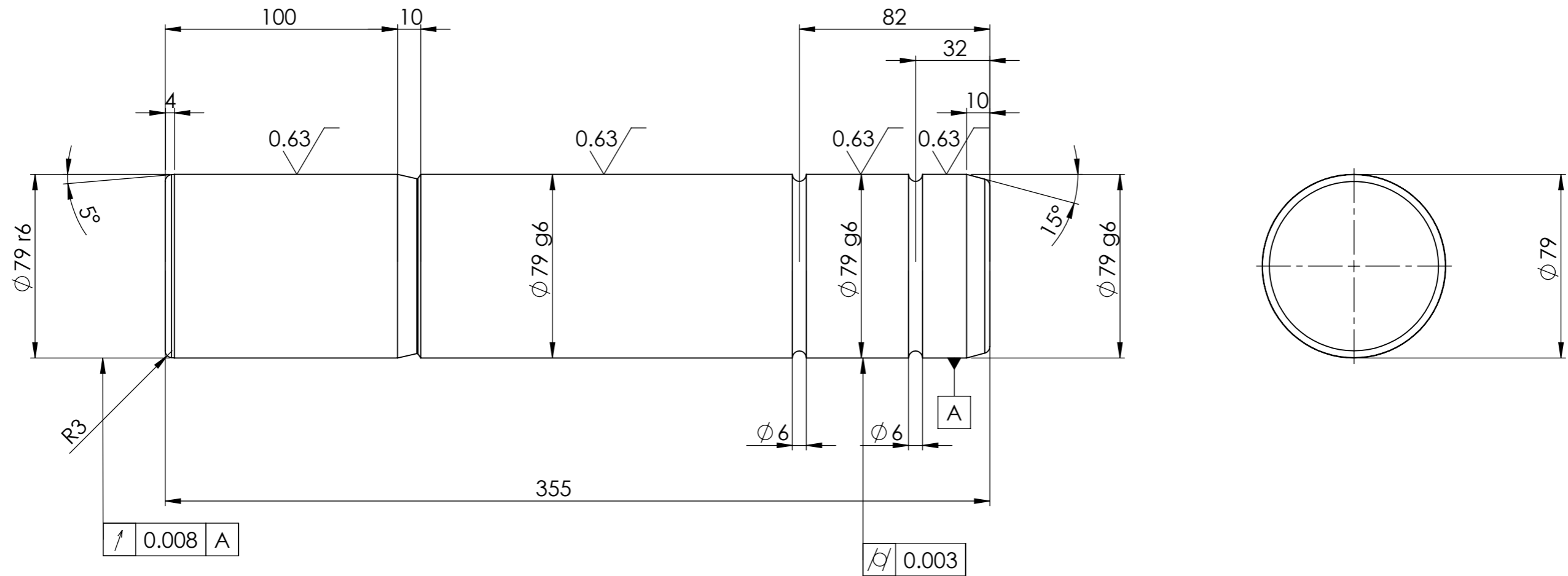
Tolerances  $\pm 0.05$  sauf indications

6	2	Bague de guidage detrompeur	Bronze massif	/
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:2		OUTIL D'EMBOUITISSAGE DE LA TABLE DE CUISSON D'UNE CUISINIERE		Etat de surface: 3.2
Planche N°: 6				
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L		2019/2020
A3		FGC FMP UMMTO		MASTER II



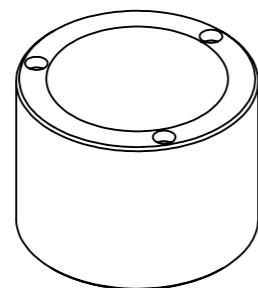
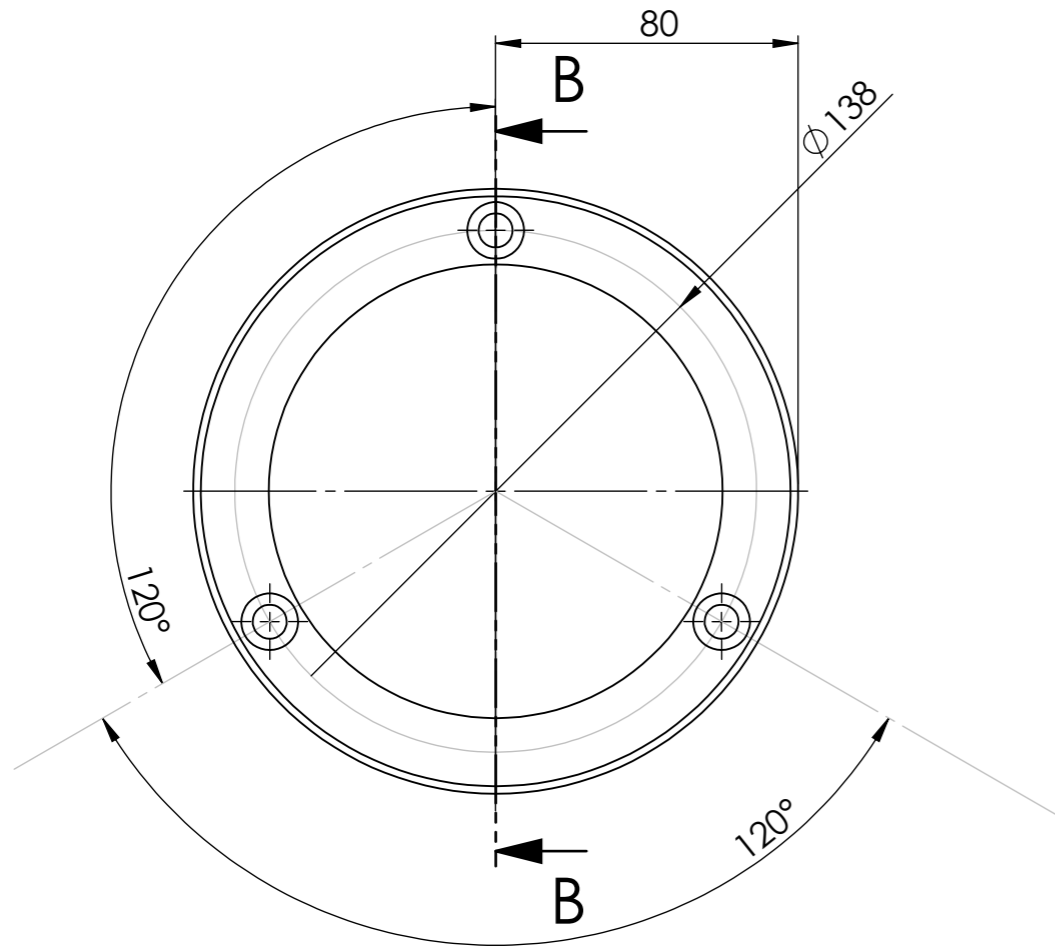
Tolerances  $\pm 0.05$  sauf spécifications

7	3	<b>COLONNE DE GUIDAGE</b>	<b>ACIER 1.7139</b>	<b>Traité</b>
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:2		<b>OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA PLAQUE DE CUISSON D'UNE CUISINIÈRE</b>	Etat de surface: 3.2	
Planche N°: 7				
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L	2019/2020	
A3		FGC FMP UMMTO	MASTER II	

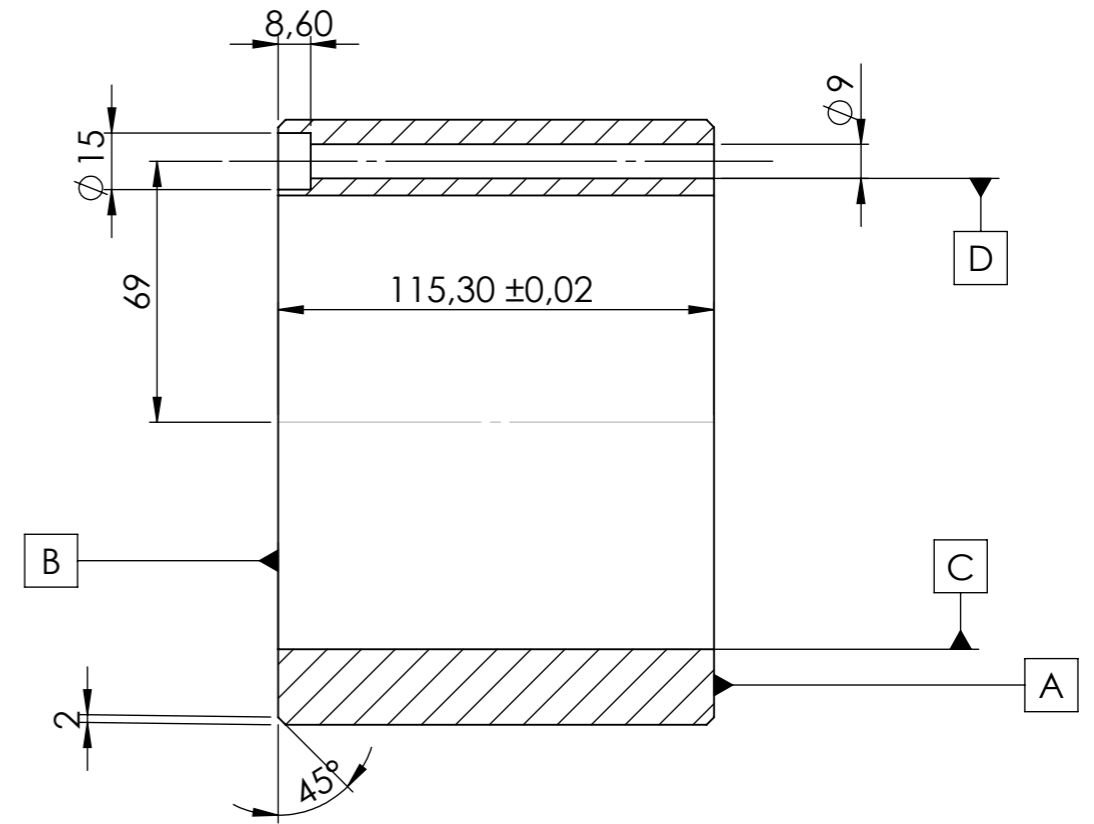


Tolerances  $\pm 0.05$  sauf spécifications

8	1	COLONNE DE GUIDAGE (detrompeur)	ACIER 1.7139	Traité
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:2		<b>OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA PLAQUE DE CUISSON D'UNE CUISINIÈRE</b>	Etat de surface: $3.2 \sqrt{\quad}$	
Planche N°: 8				
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L	2019/2020	
A3		FGC FMP UMMTO	MASTER II	



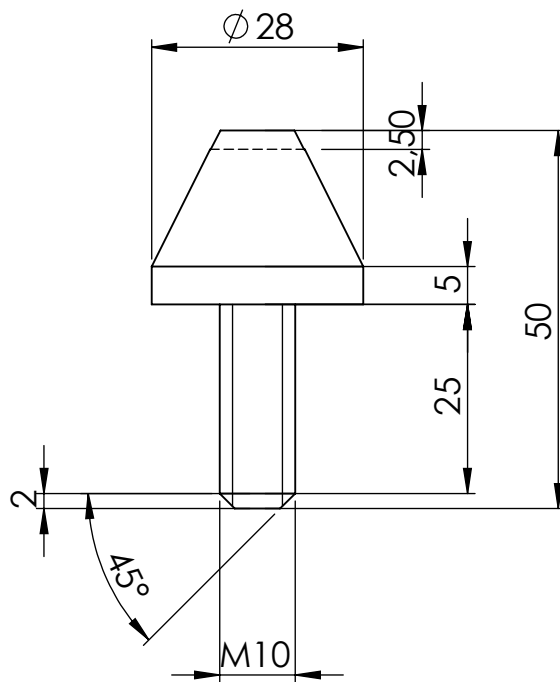
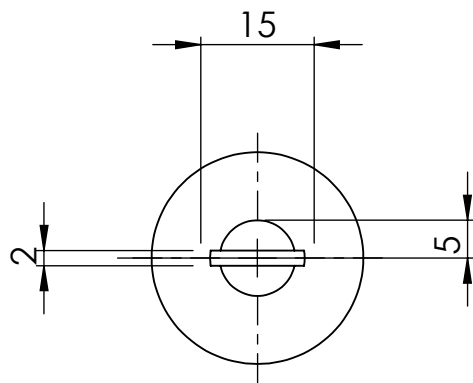
### COUPE B-B




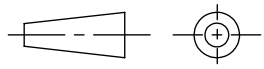
//	0.01	B	A
⊥	0.01	C	A
⊥	0.01	D	A

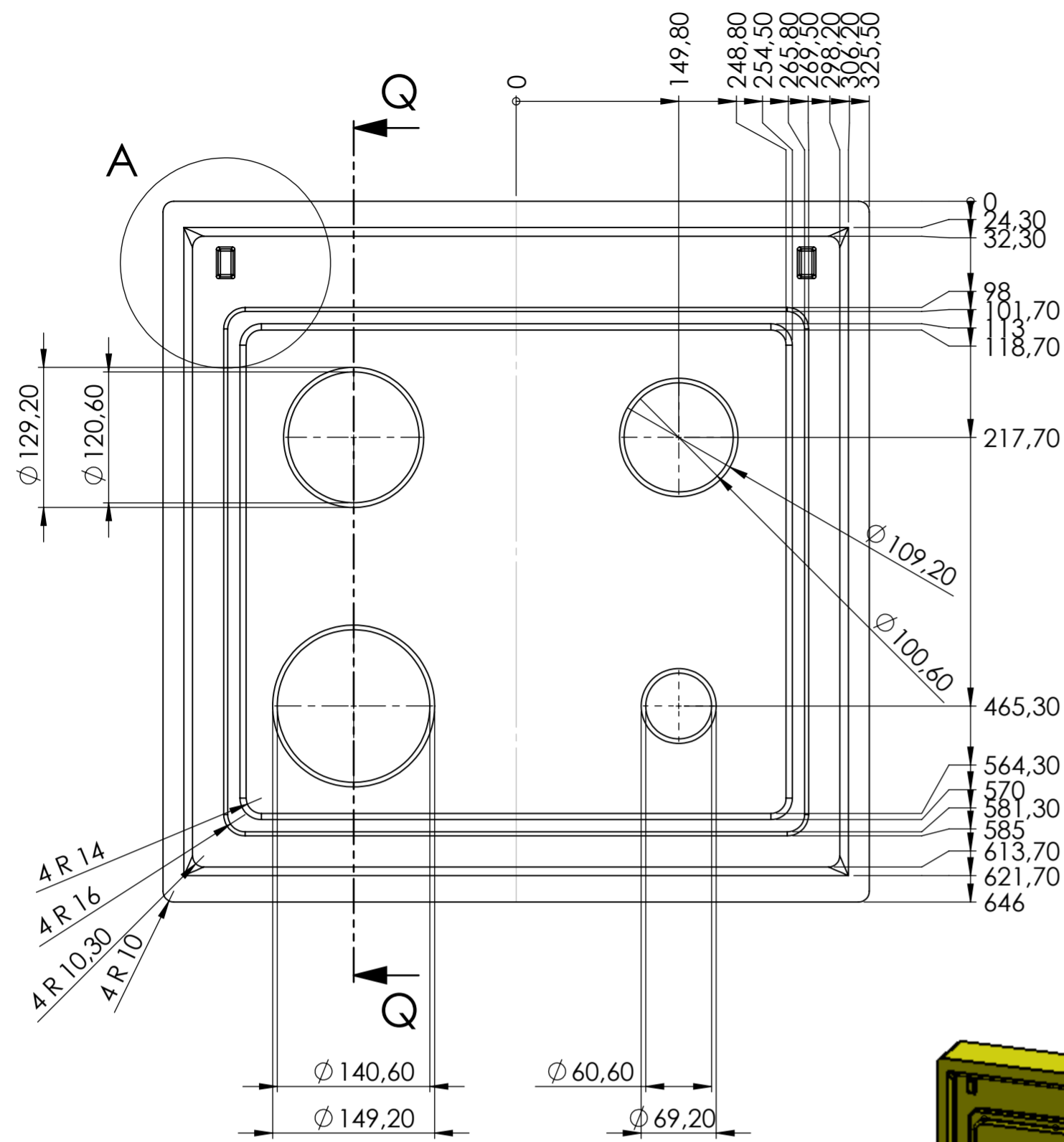
Tolerances  $\pm 0.05$  sauf spécifications

9	4	Butée fin de course	Z200 C12	/
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:2		OUTIL D'EMBOUITISSAGE DE LA TABLE DE CUISSON D'UNE CUISINIERE		Etat de surface:
Planche N°:9				3.2
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L		2019/2020
A3		FGC FMP UMMTO		MASTER II

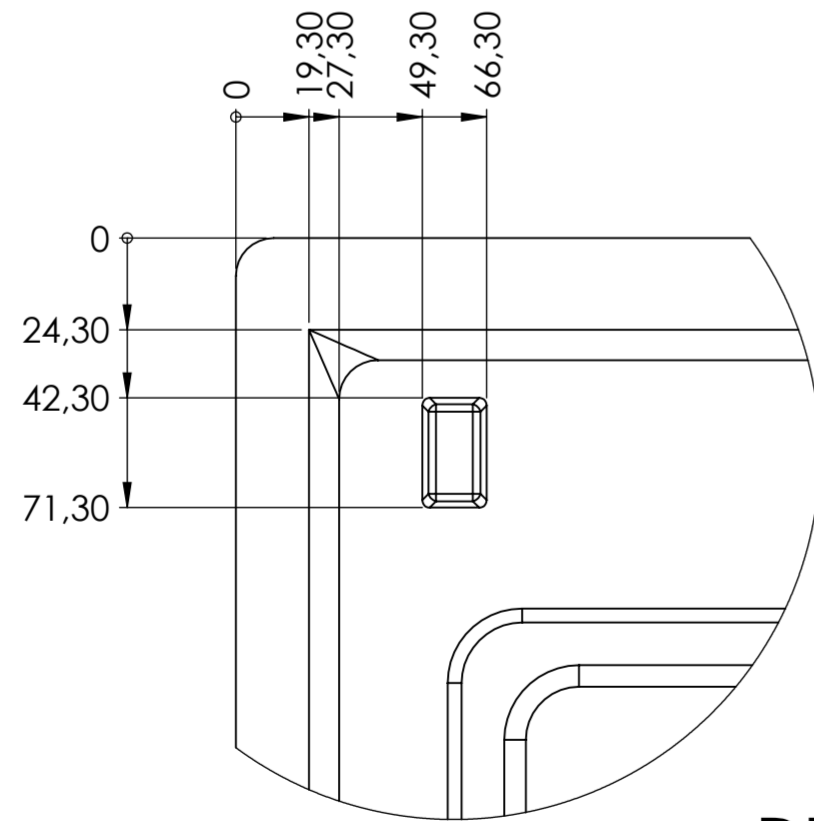
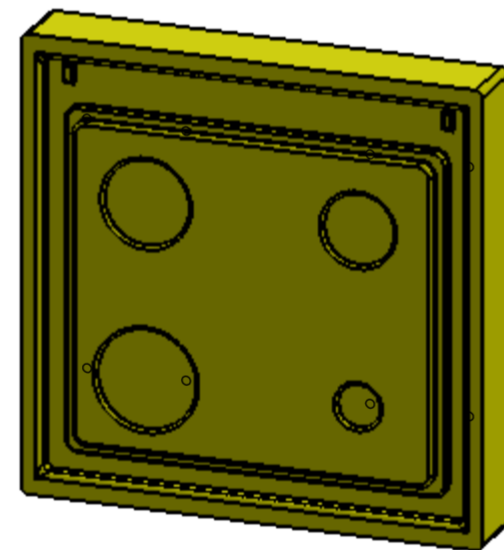
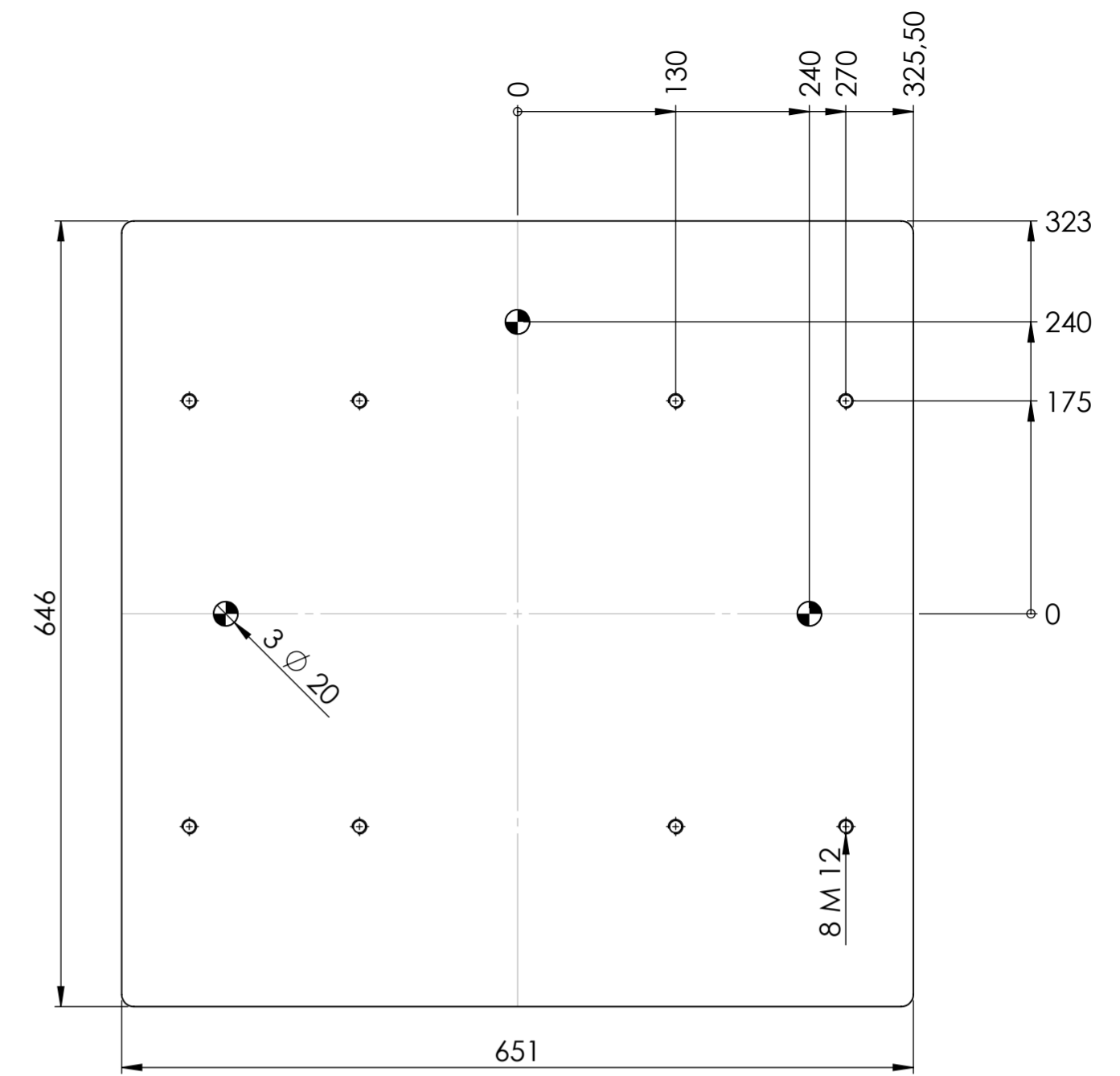
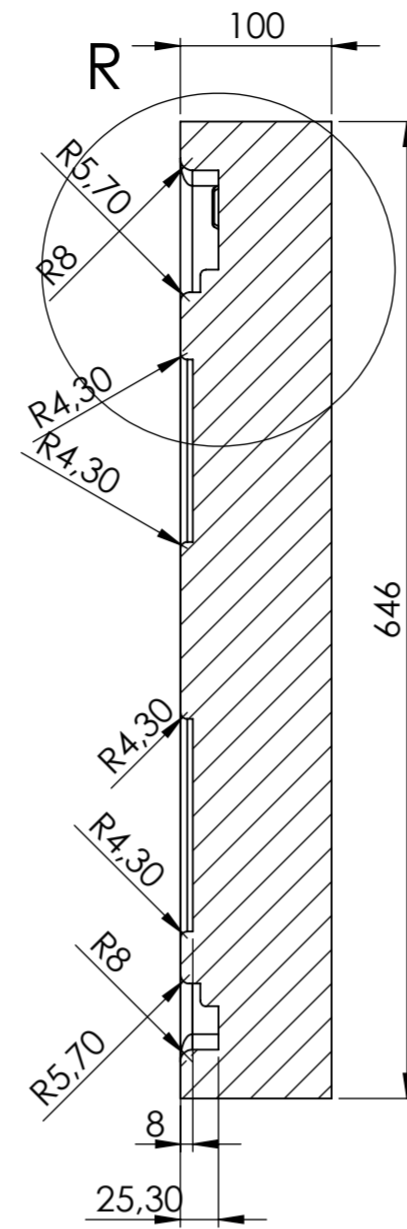


Tolerances  $\pm 0.05$  sauf spécifications

10	8	Butée de positionnement du flan	XC 48	Traité
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:1		<b>OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA PLAQUE DE CUISSON D'UNE CUISINIERE</b>	Etat de surface: 3.2 	
Planche N°: 10				
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L	2019/2020	
A4		FGC FMP UMMTO	MASTER II	

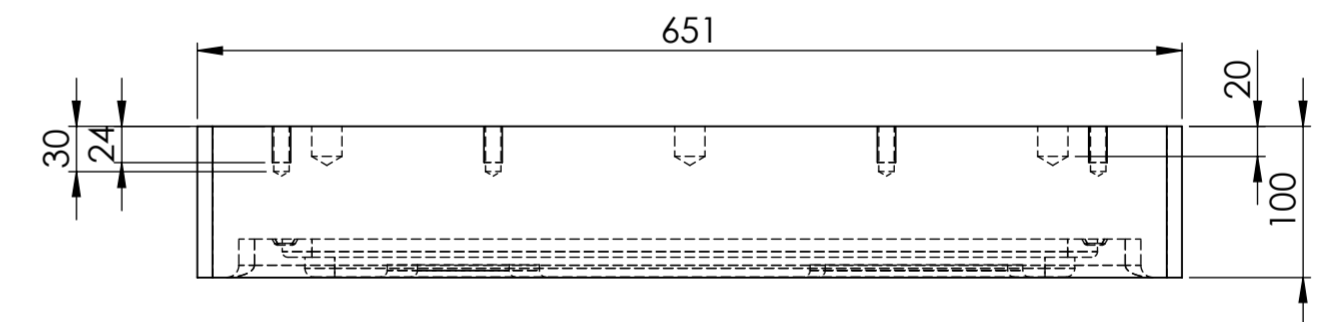
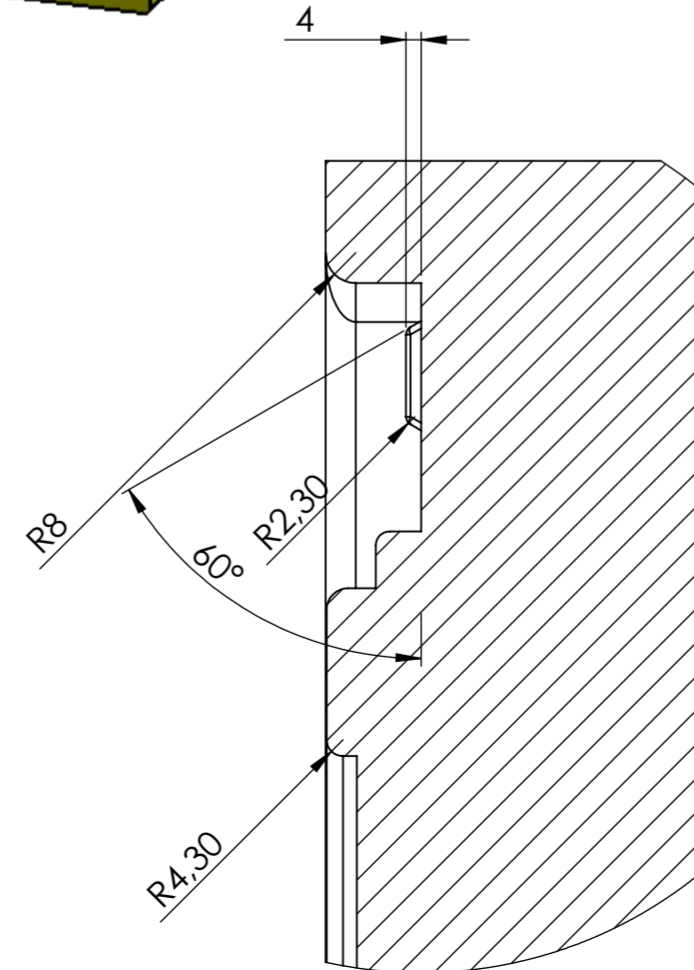


COUPE Q-Q



DÉTAIL A  
ECHELLE 1 : 2

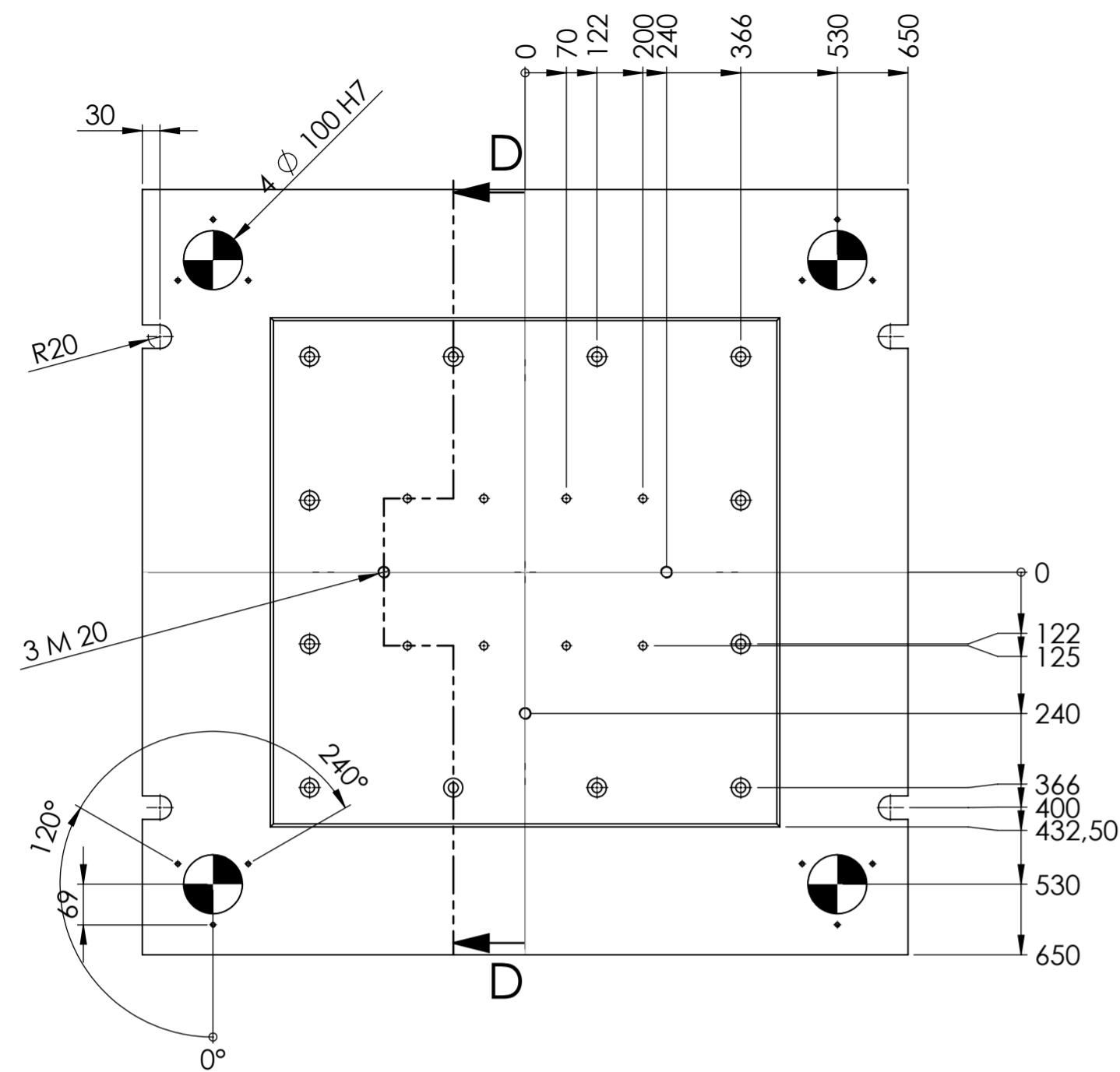
DÉTAIL R  
ECHELLE 1 : 2



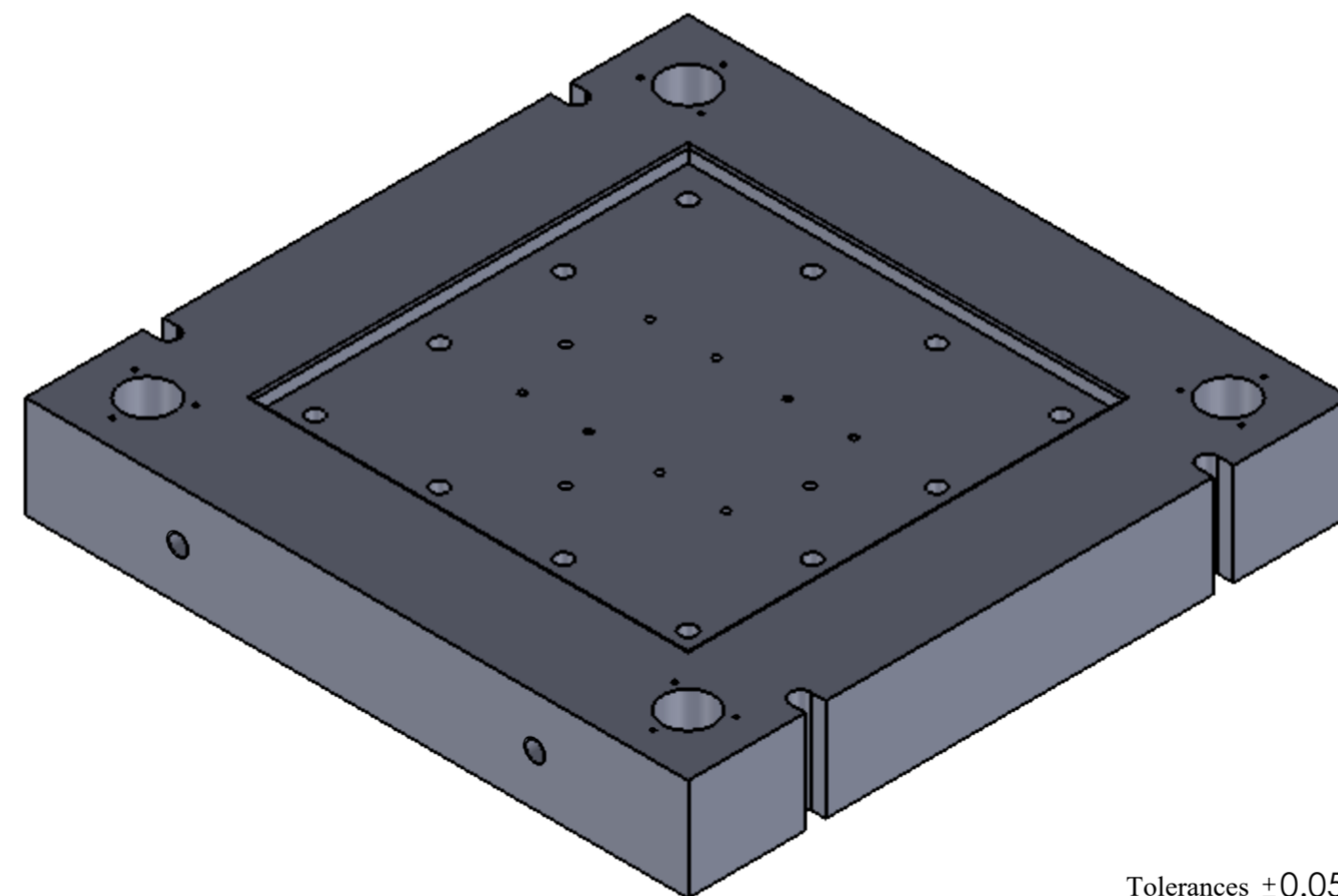
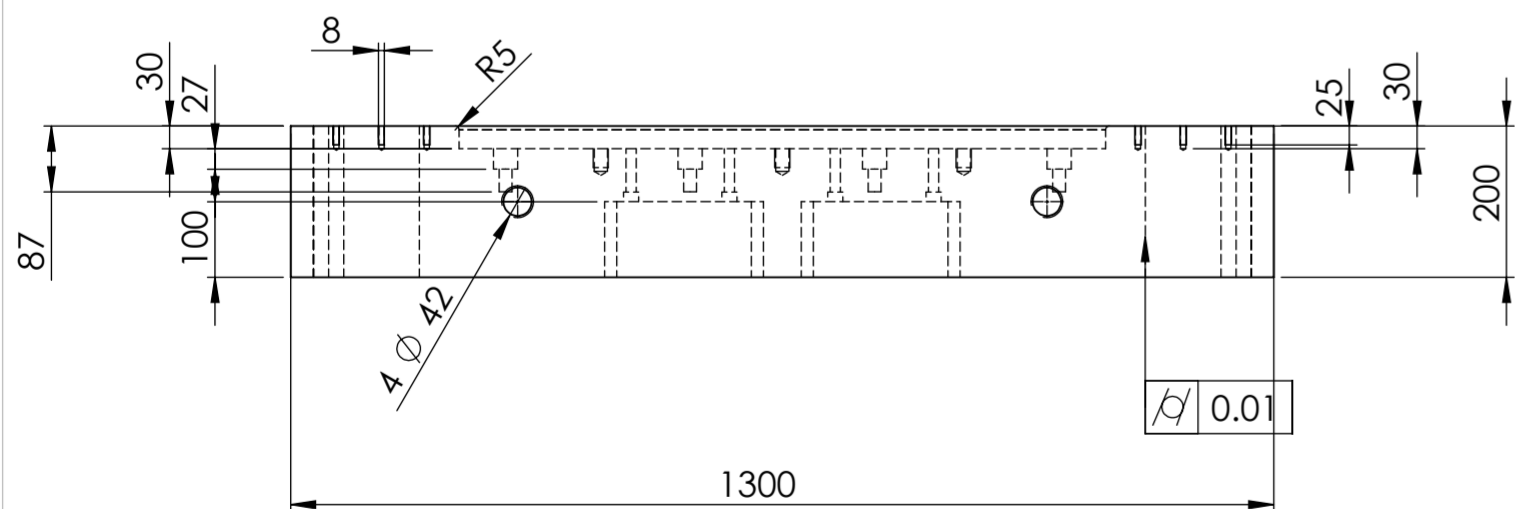
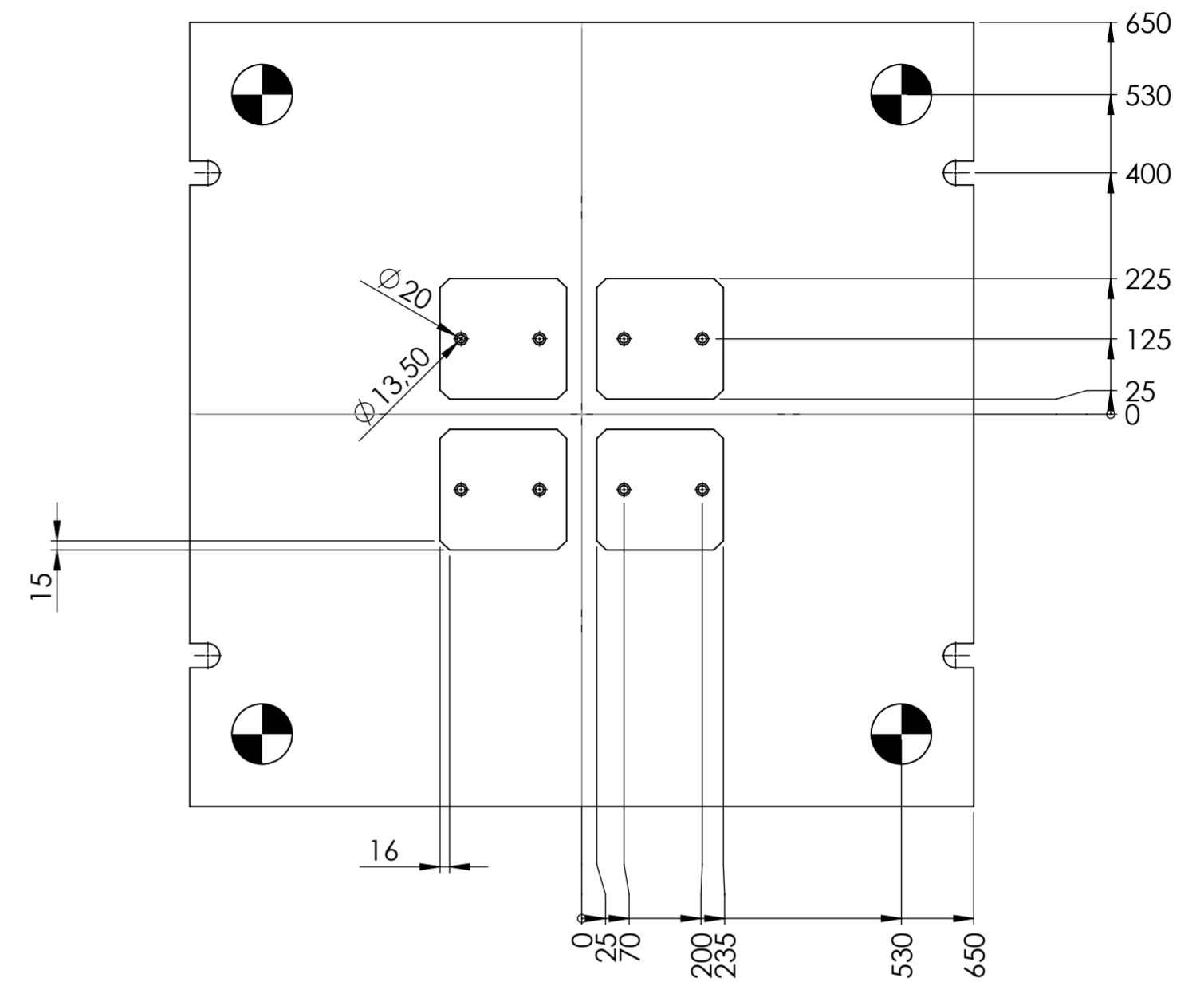
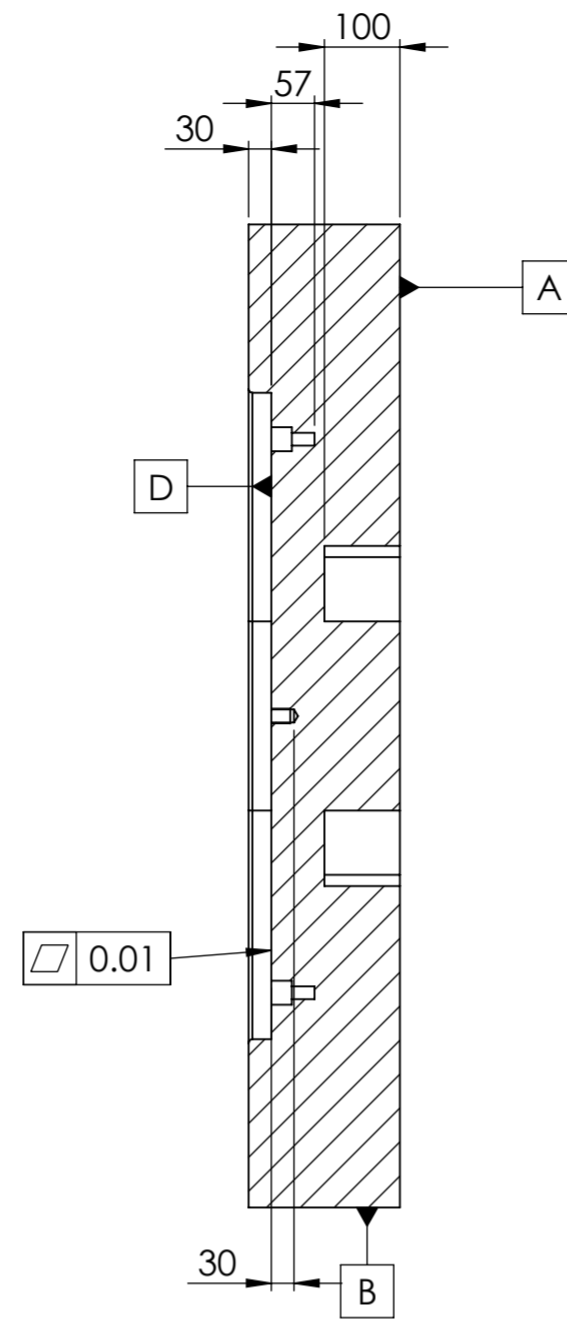
//	0.02	A	B
⊥	0.02	D	C
⊥	0.02	D	B
⊥	0.02	D	B

Tolerances ±0.05 sauf indications

REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
11	1	Matrice plaque de cuisson de cuisinière	C45	Traité
ECHELLE 1:5		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA PLAQUE DE CUISSON D'UNE CUISINIÈRE		Etat de surface: 3.2
Planche N°:11				
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L		2019/2020
A2		FGC FMP UMMTO		MASTER II



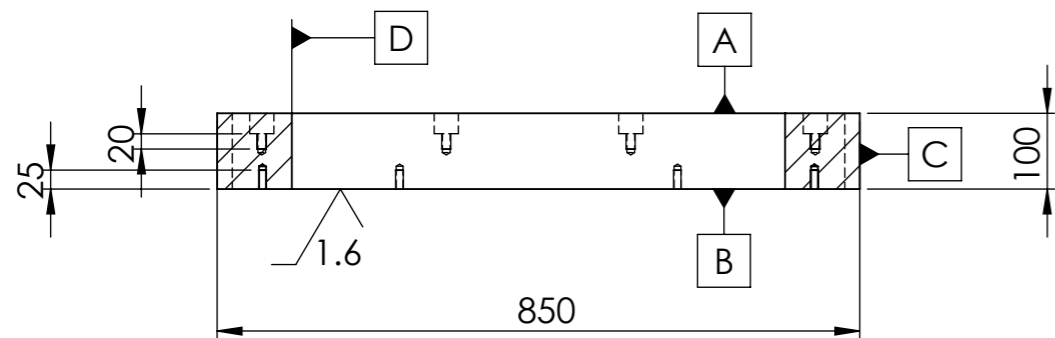
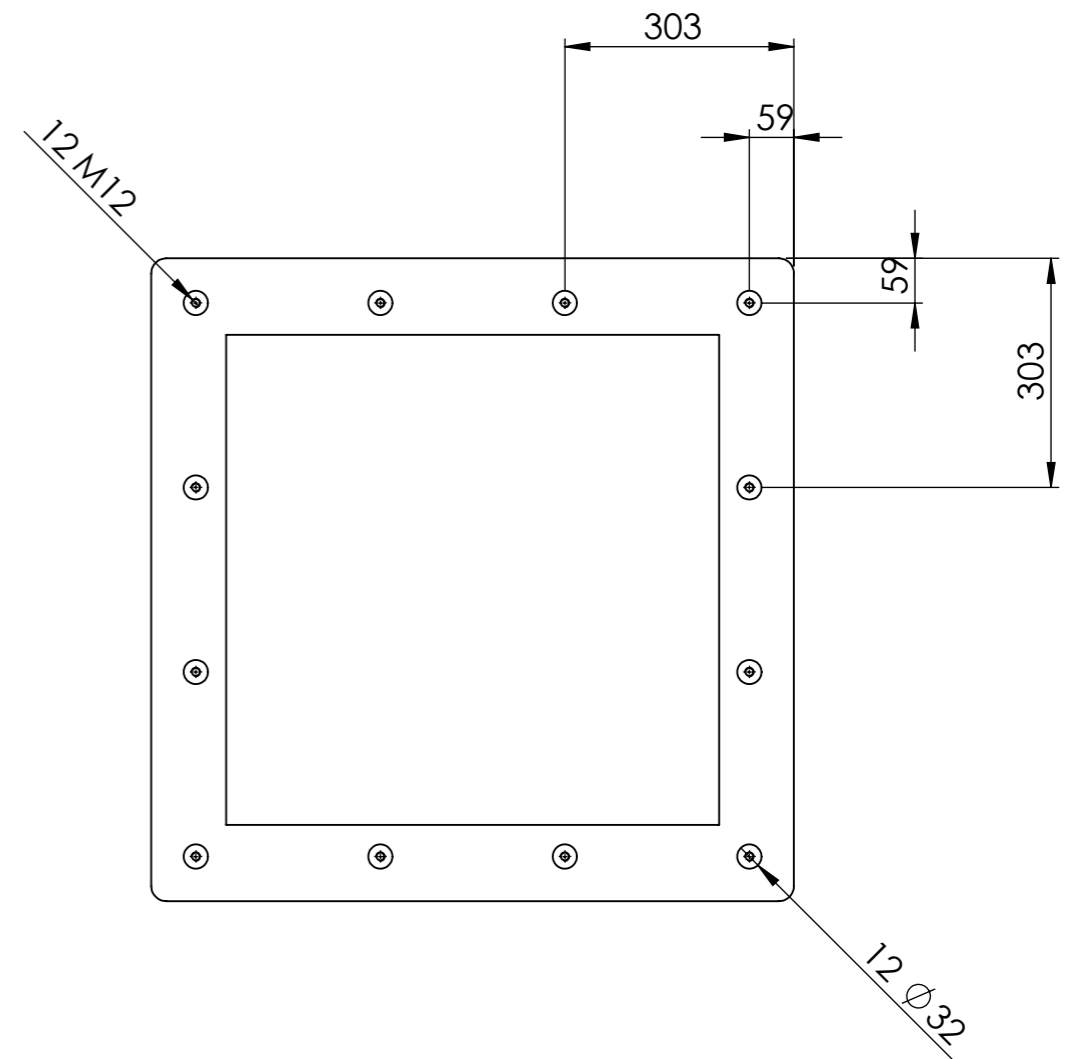
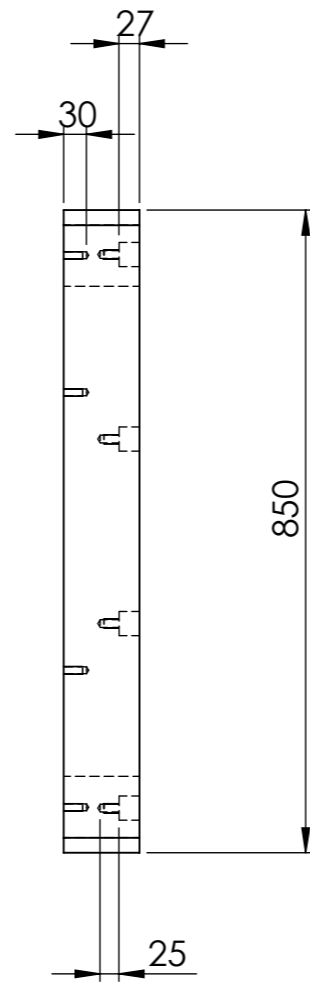
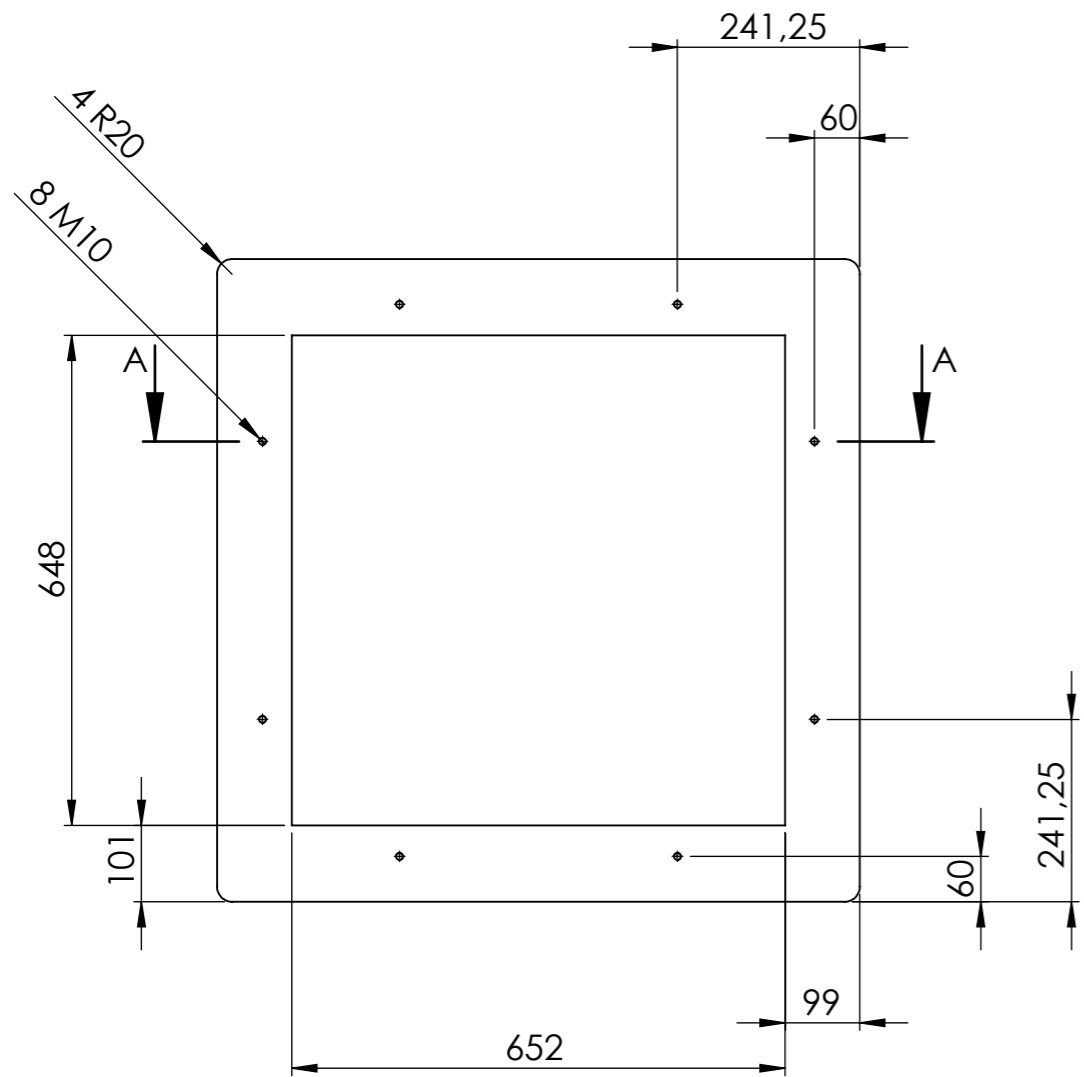
COUPE D-D



Tolerances  $\pm 0.05$  sauf indications

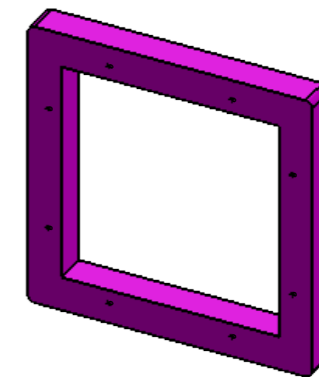
⊥	0.02	A	B
//	0.02	A	C

REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
12	1	semelle inferieure	Fonte	/
ECHELLE 1:10		<b>OUTIL D'EMBOUITISSAGE DE LA PLAQUE DE CUISSON D'UNE CUISINIERE</b>	Etat de surface: 3.2/	
Planche N°:12			2019/2020	
A2		FGC FMP UMMTO	MASTER II	



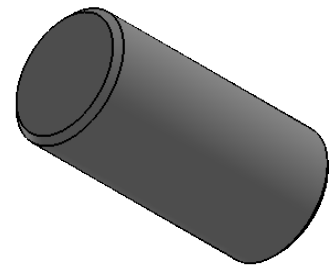
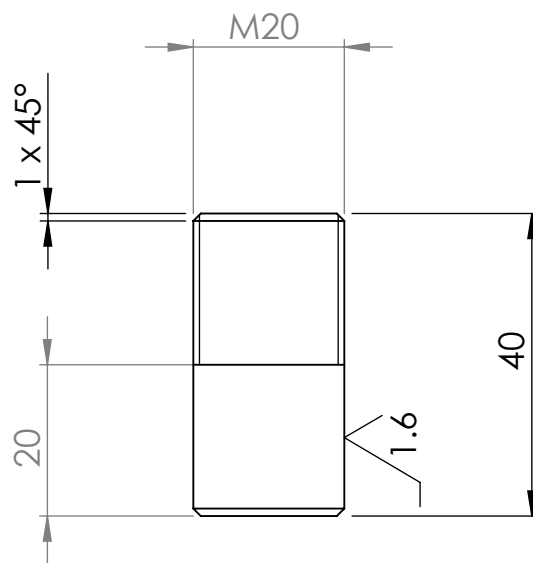
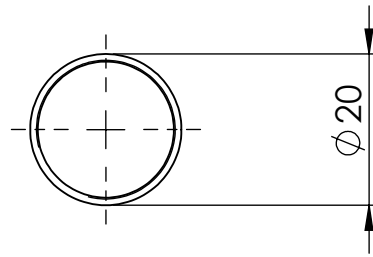
COUPE A-A

//	0.01	A	B
⊥	0.01	C	A
⊥	0.01	D	A



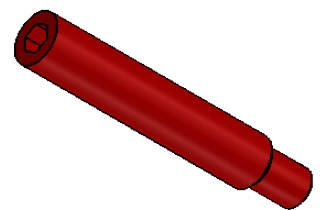
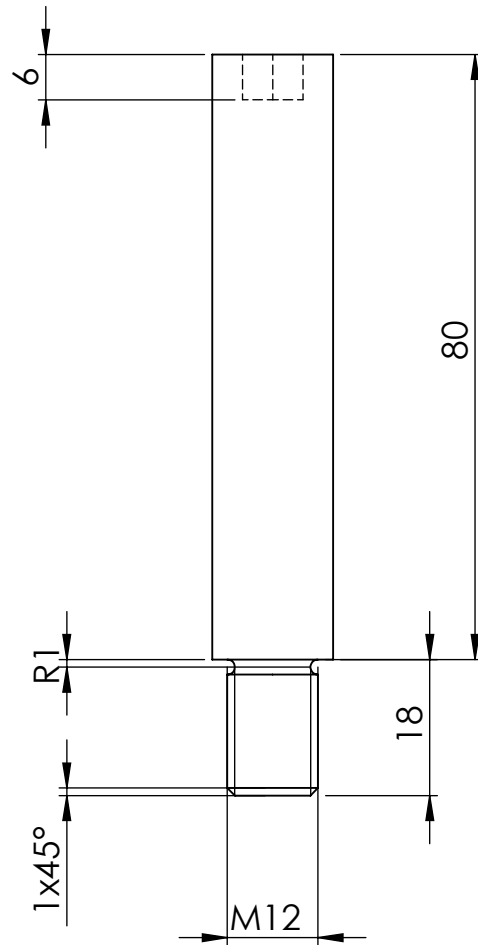
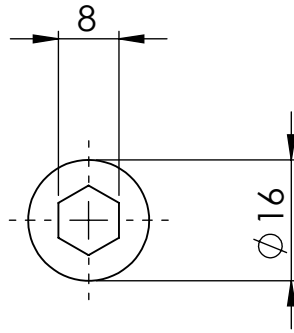
Tolerances ±0.05 sauf spécifications

13	1	Dévétisseur	XC 48	Traité
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:10		<b>OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA PLAQUE DE CUISSON D'UNE CUISINIÈRE</b>		Etat de surface: 3.2
Planche N°:13				
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L		2019/2020
A3		FGC FMP UMMTO		MASTER II


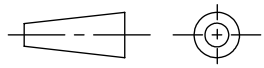


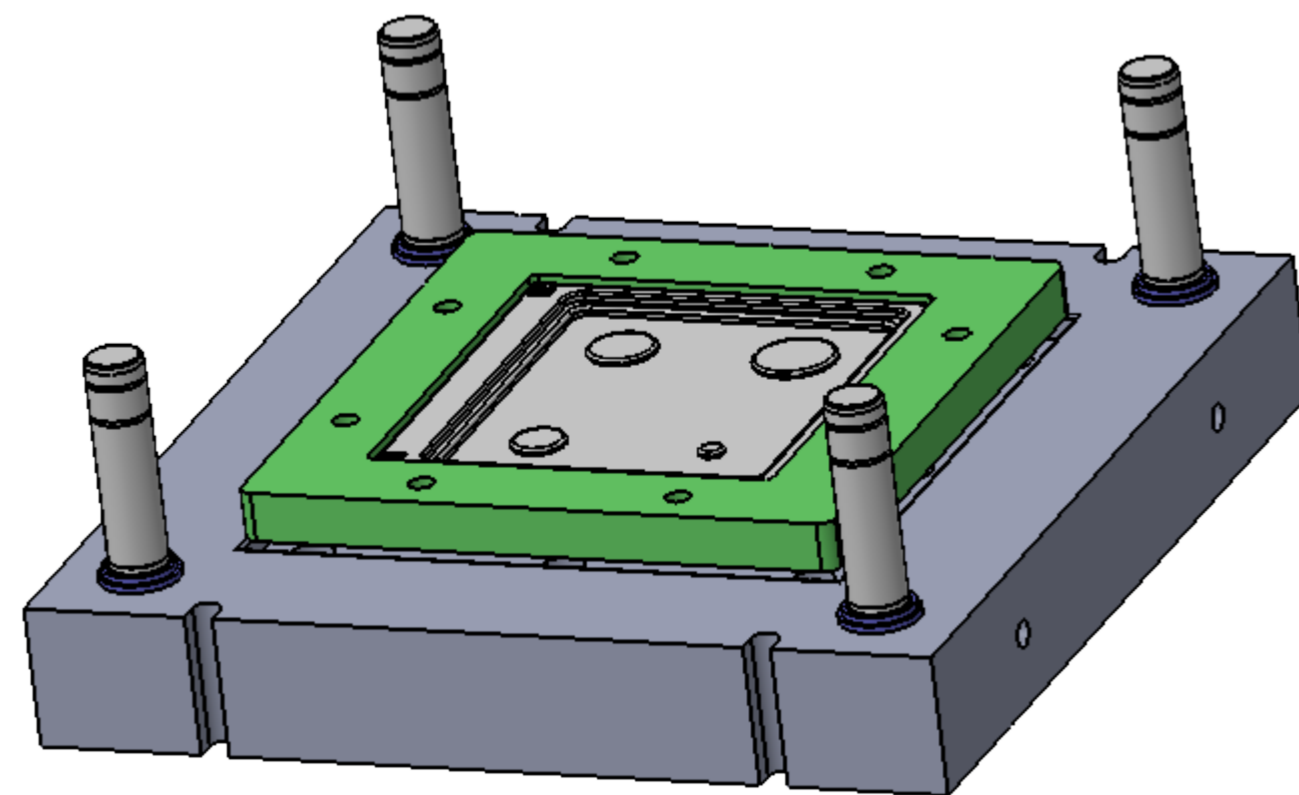
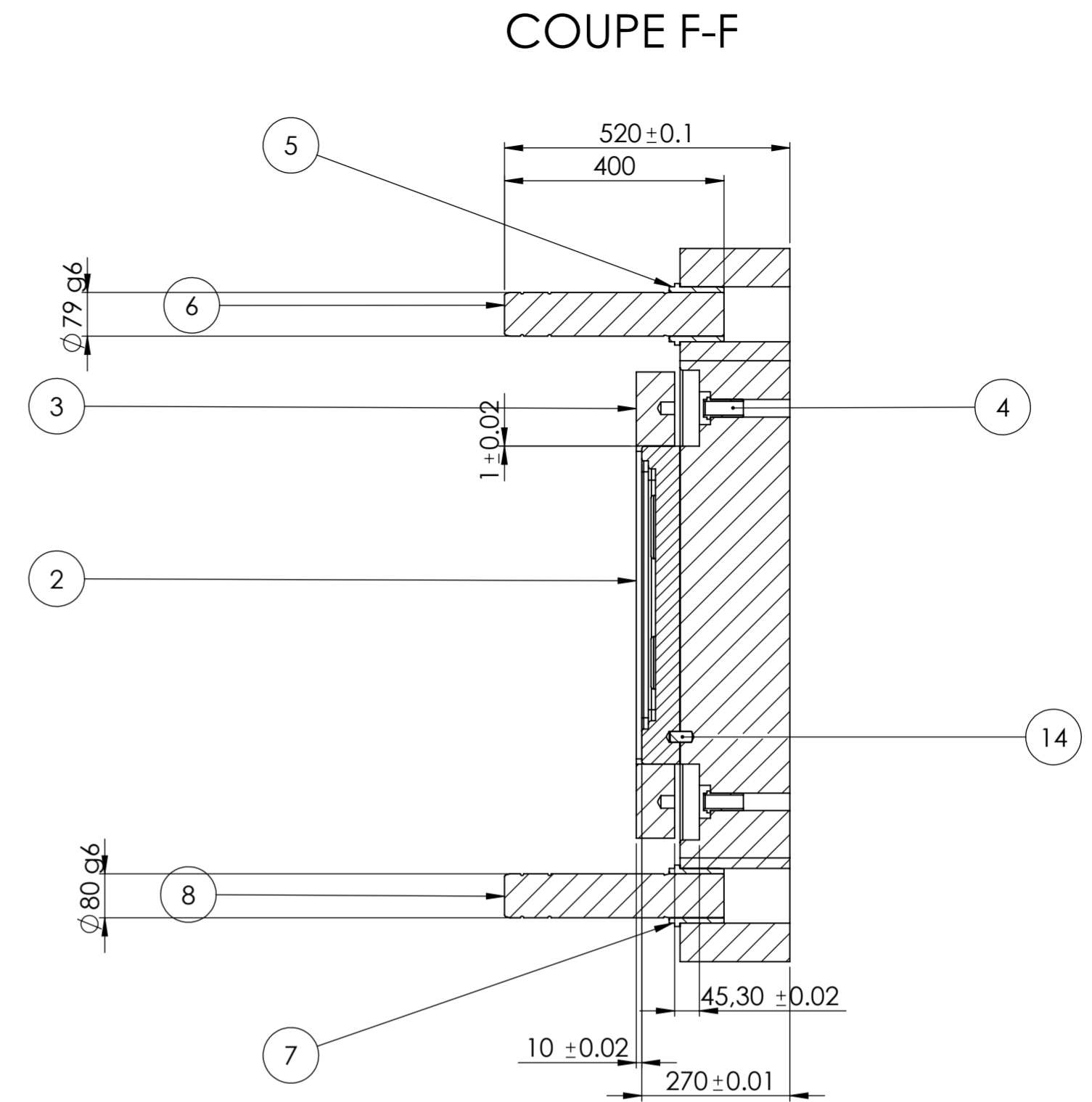
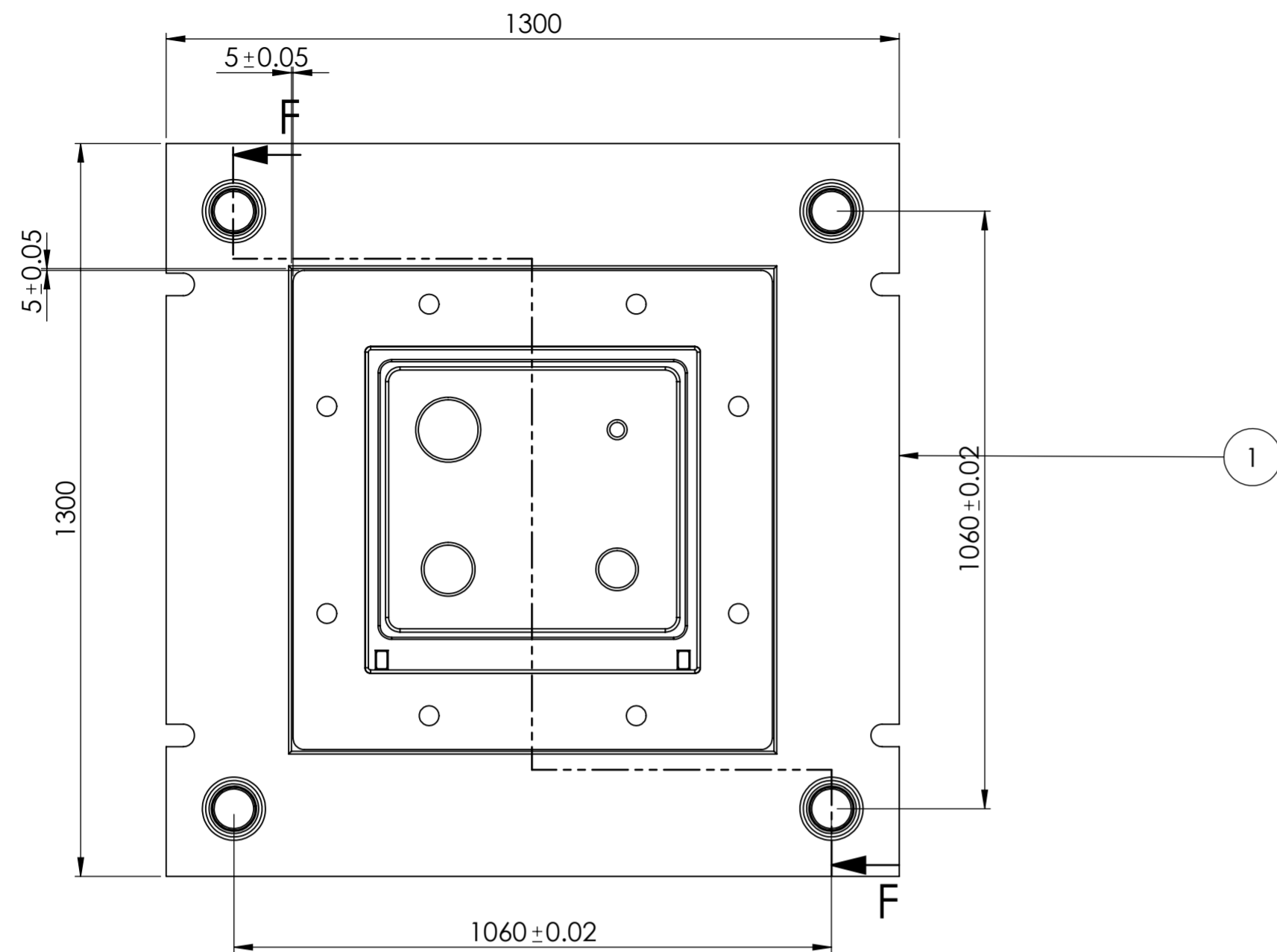
Tolerances  $\pm 0.05$  sauf spécifications

14	6	GOUJON DE CENTRAGE	Z200 C12	Traité
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:1		<b>OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA PLAQUE DE CUISSON D'UNE CUISINIERE</b>	Etat de surface: 3.2	
Planche N°: 14				
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L	2019/2020	
A4		FGC FMP UMMTO	MASTER II	

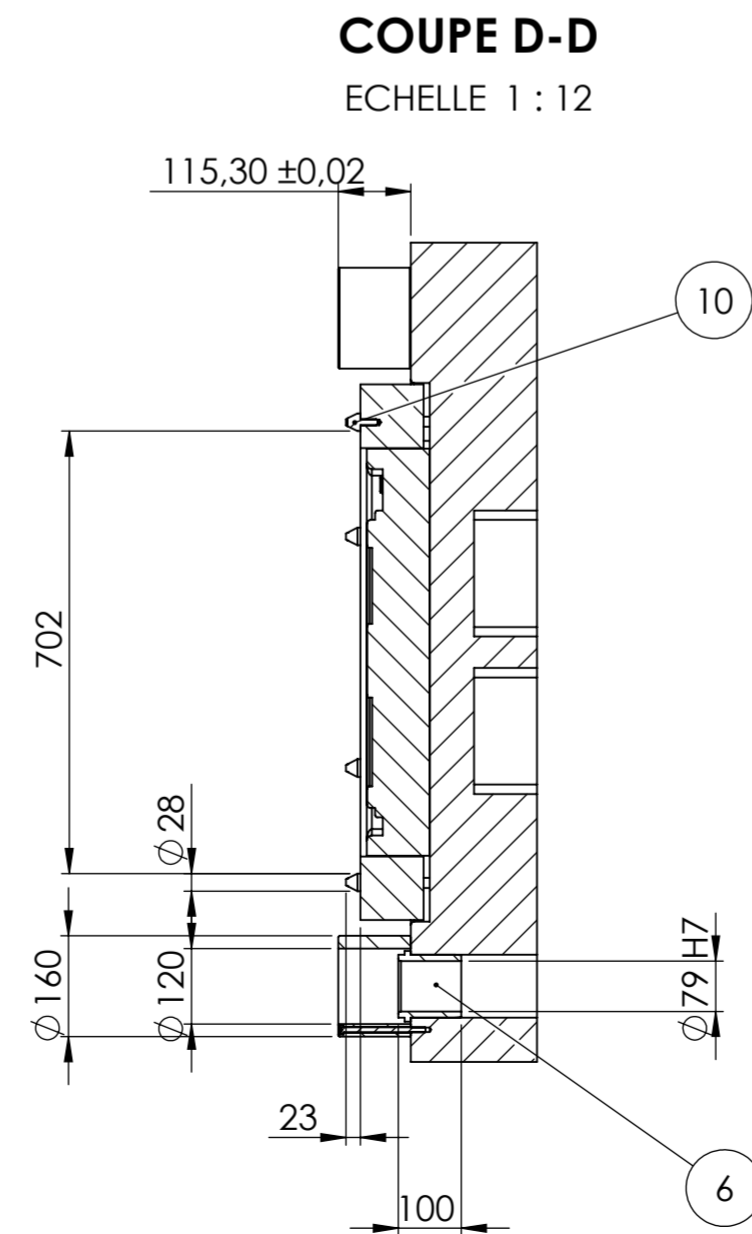
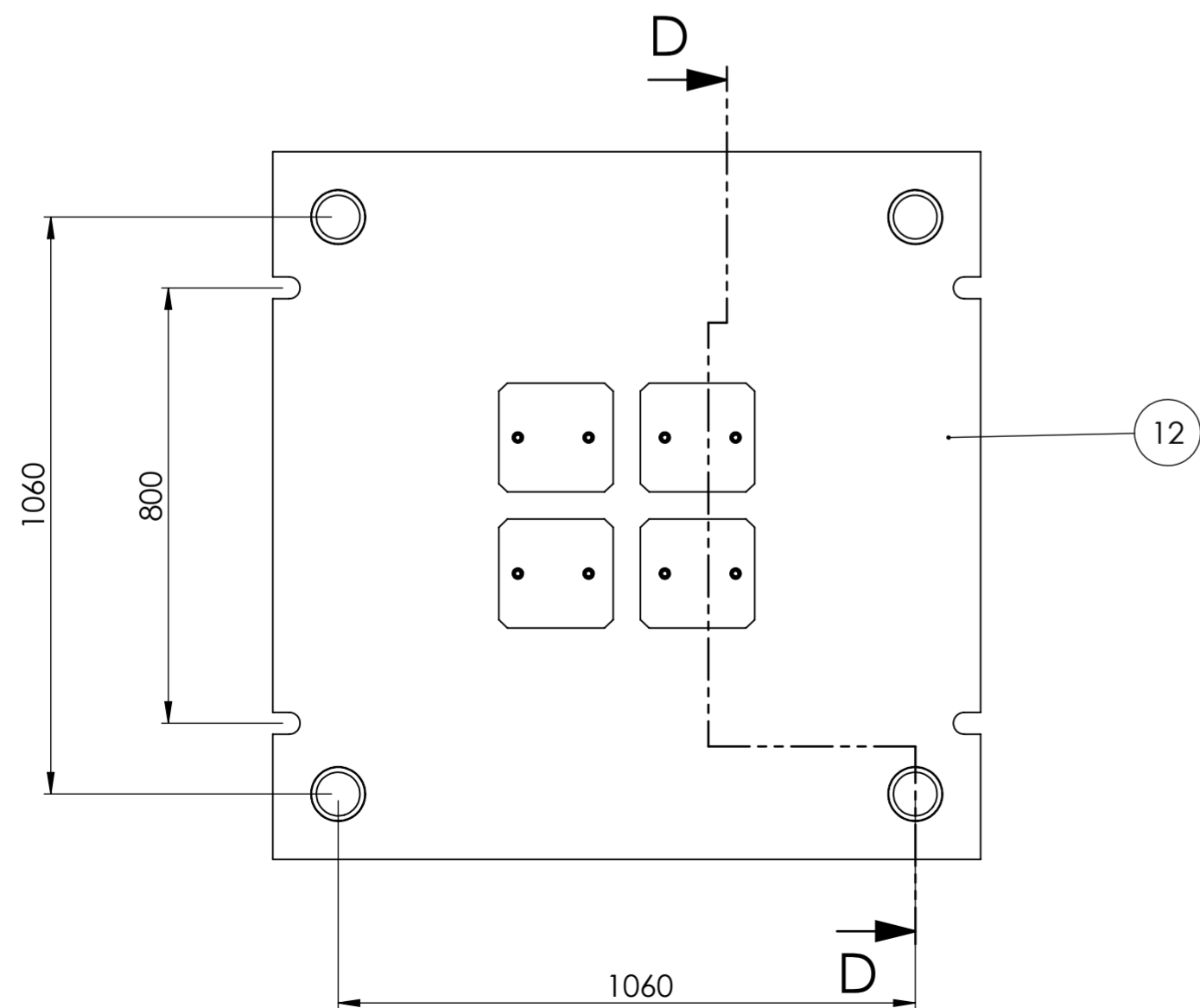
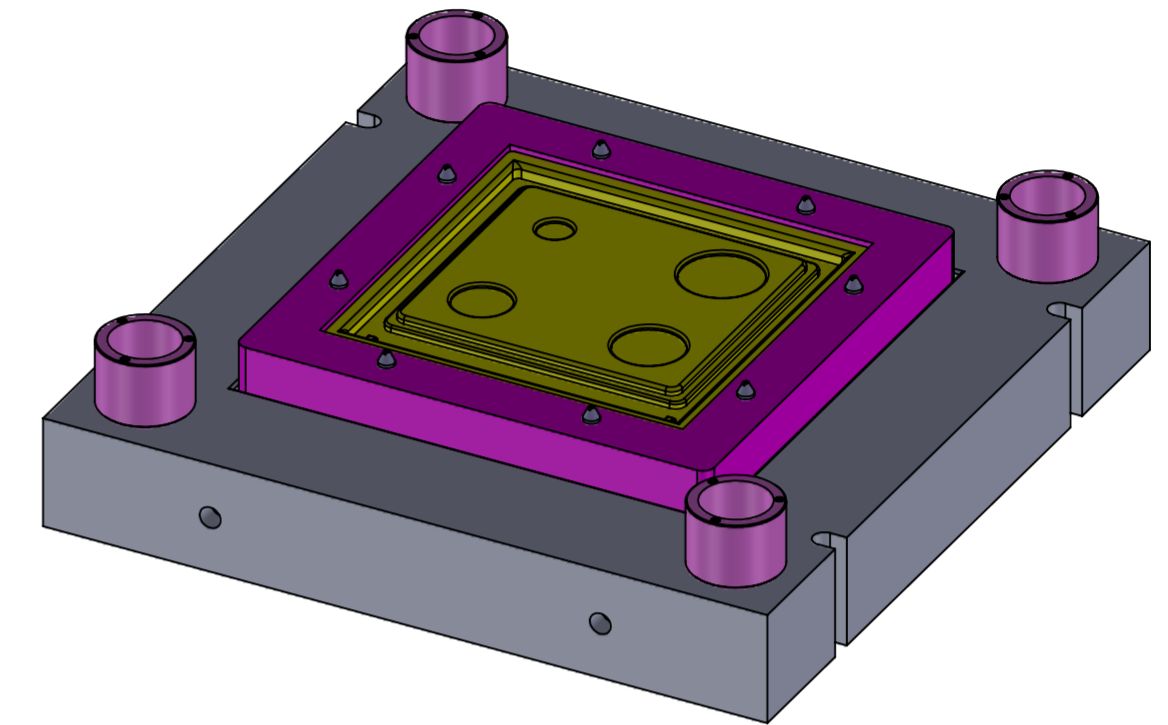
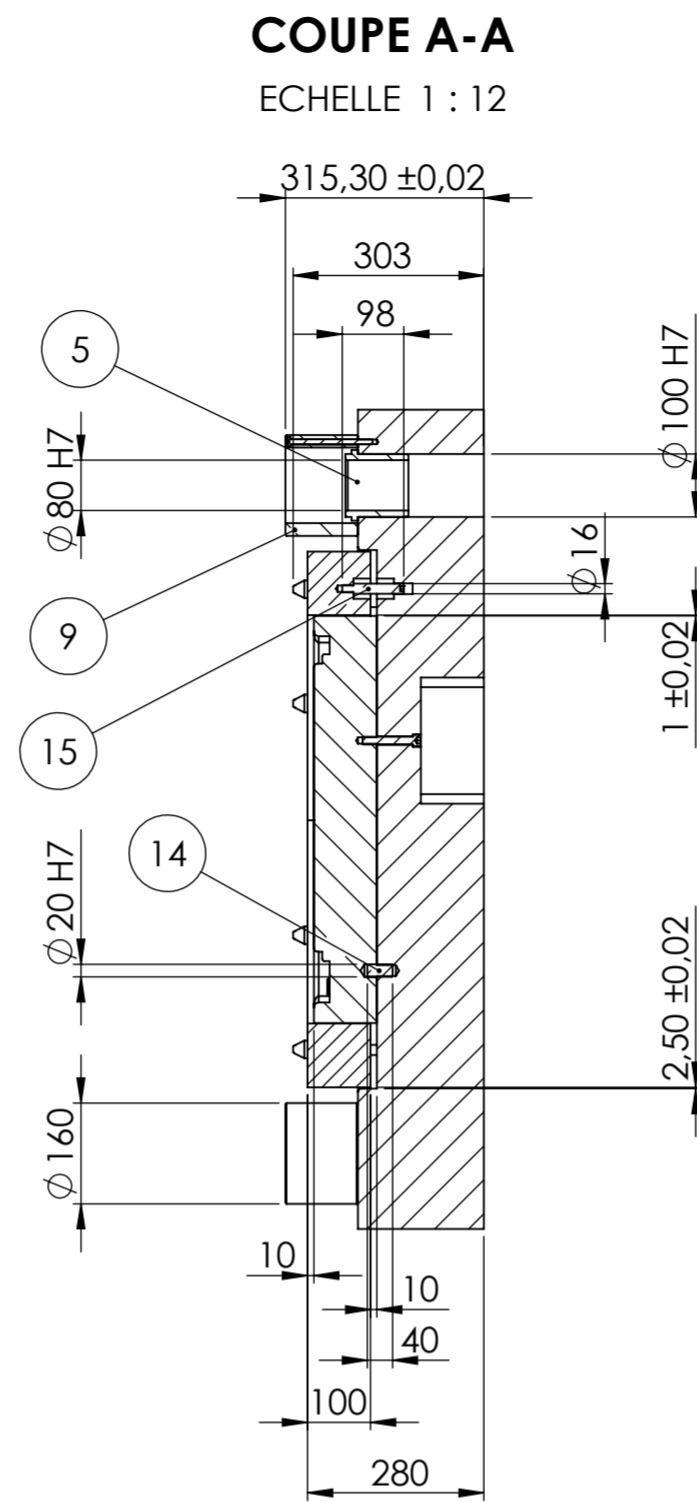
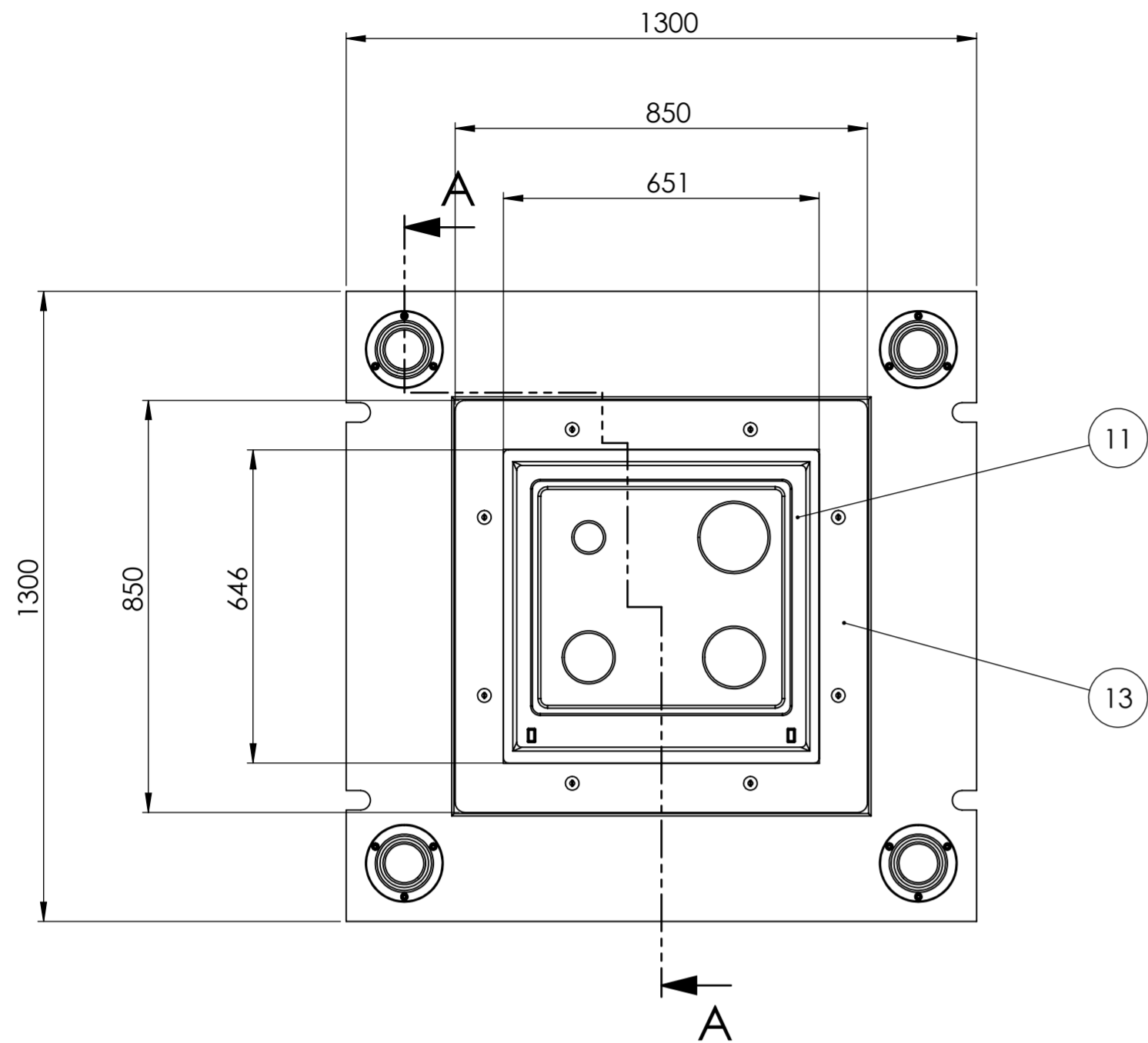


Tolerances  $\pm 0.05$  sauf spécifications

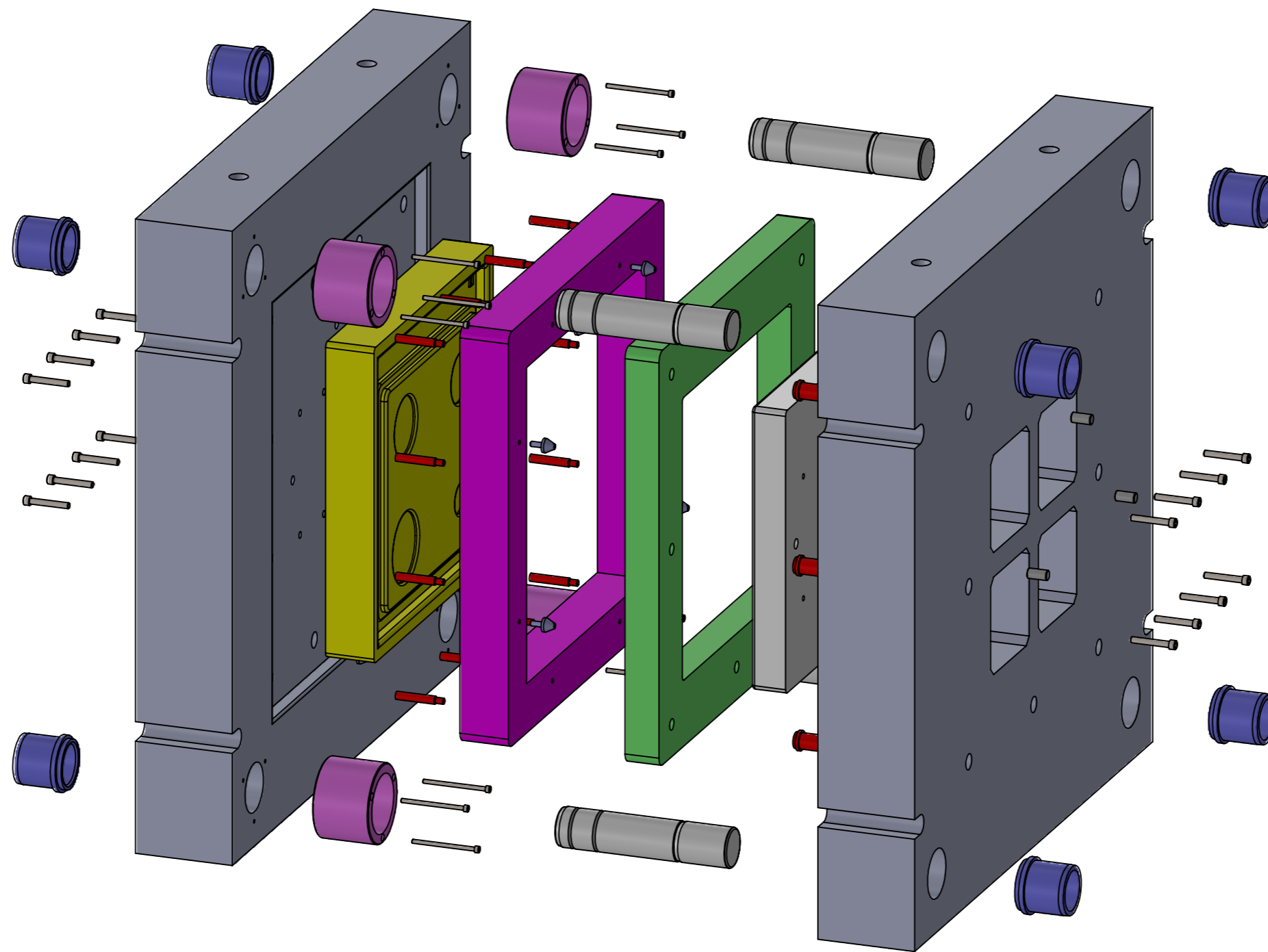
15	12	AXE DE RESSORT	Z200 C12	Traité
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:1		<b>OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA PLAQUE DE CUISSON D'UNE CUISINIERE</b>	Etat de surface: 3.2 	
Planche N°:15				
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L	2019/2020	
A4		FGC FMP UMMTO	MASTER II	




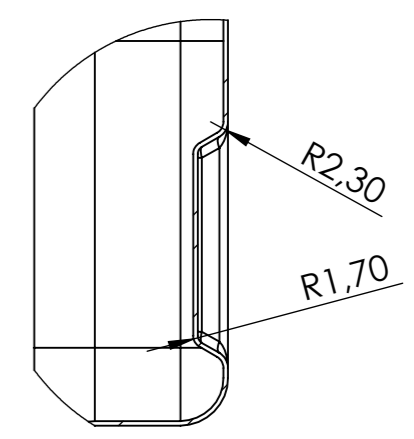
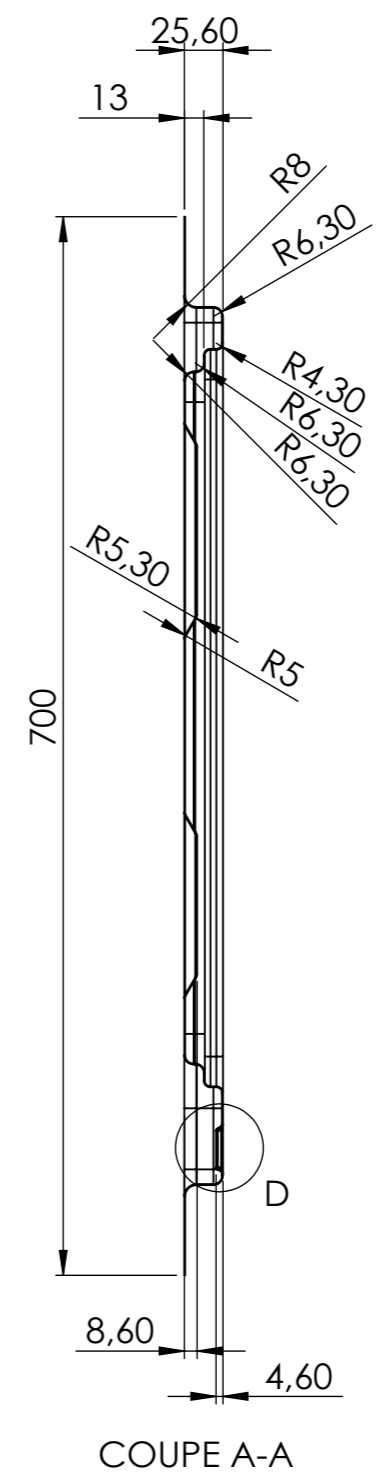
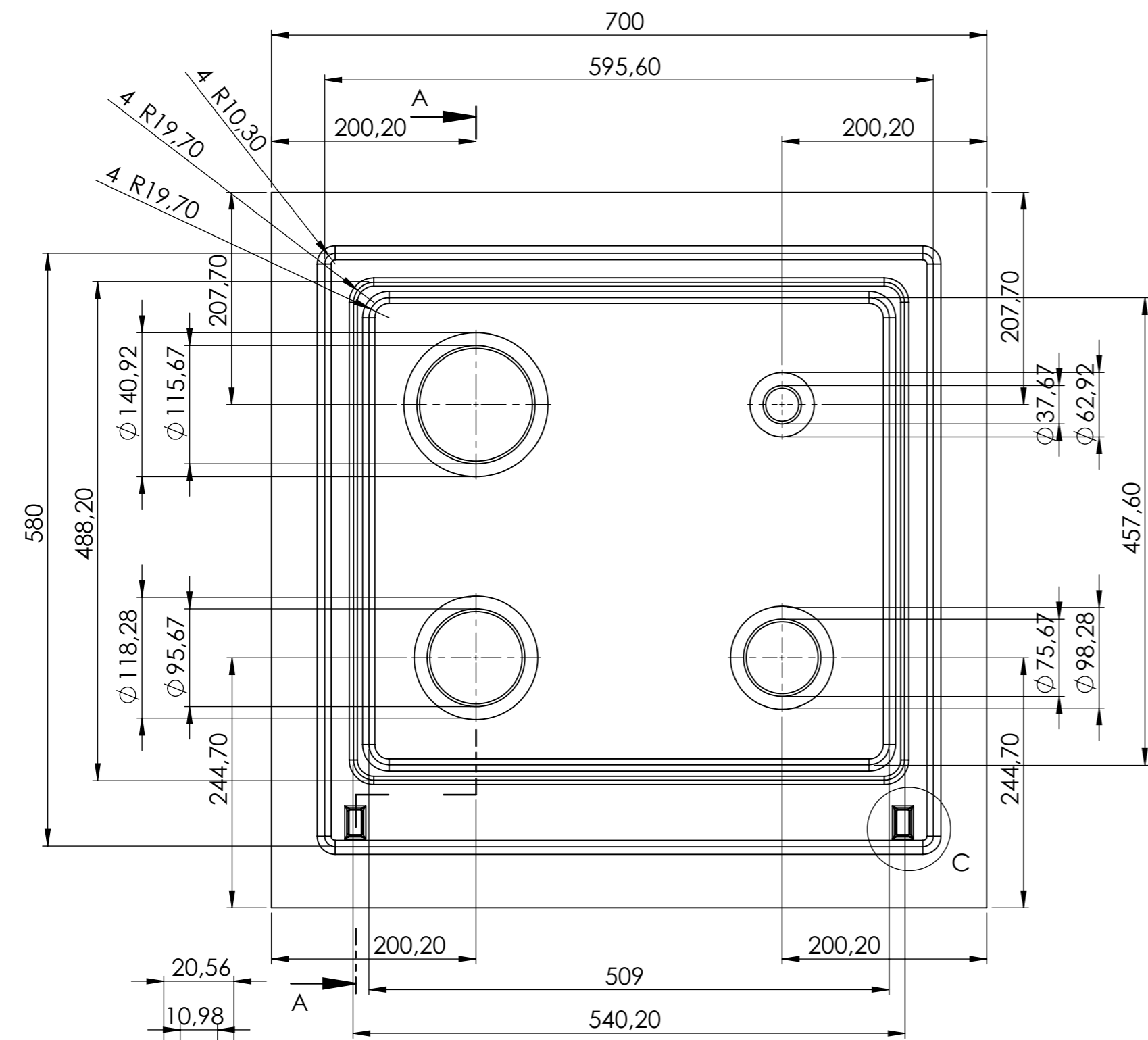
14	3	Goujon de centrage	Z200 C12	/
8	1	Colonne de guidage détrompeur	1.7139	/
7	1	Bague de guidage détrompeur	Bronze massif	/
6	3	Bague de guidage	Bronze massif	/
5	3	Colonne de guidage	1.7139	/
4	8	Bague de guidage serre flan	Bronze massif	/
3	1	serre flan	C45	Traité
2	1	Poinçon	C 45	Traité
1	1	Semelle supérieure	Fonte	/
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:10		<b>Partie supérieure OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA PLAQUE DE CUISSON D'UNE CUISINIÈRE</b>	Etat de surface: /	
Planche N°:16				
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L	2019/2020	
A2		FGC FMP UMMTO	MASTER II	



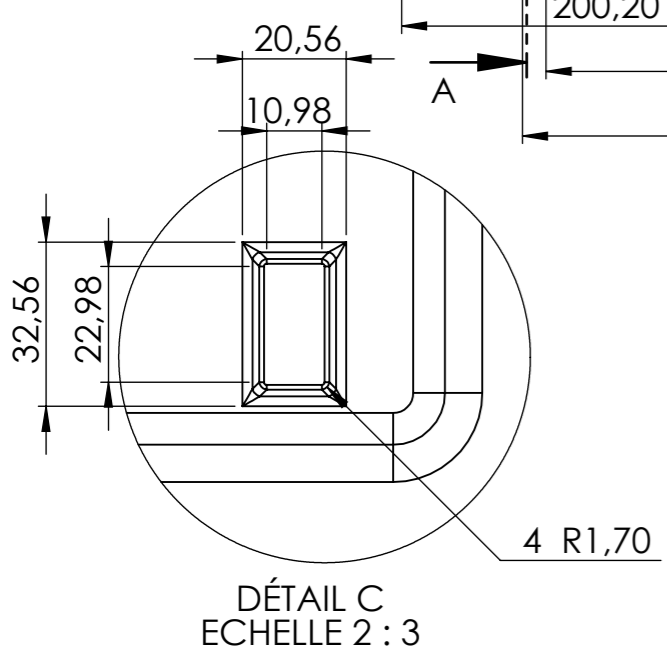
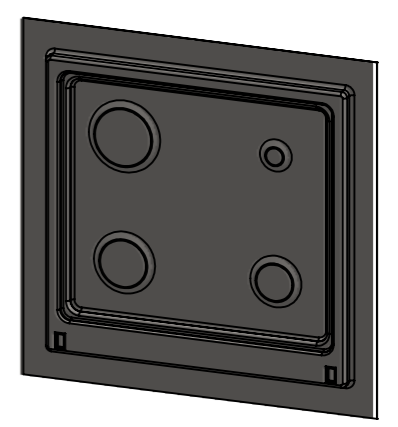
15	12	Axe de ressort devetisseur	Z200 C12	Traité
14	3	Goujon de centrage	Z200 C12	Traité
13	1	Devetisseur	XC 48	Traité
12	1	Semelle inferieure	Fonte	Traité
11	1	Matrice	XC 48	Traité
10	8	Butée de positionnement du flan	Z200 C12	Traité
9	4	Butée fin de course	Z200 C12	Traité
6	1	Bague de guidage (detrompeur)	Bronze	-
5	3	Bague de guidage	Bronze	-
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:12		<b>OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA PLAQUE DE CUISSON D'UNE CUISINIERE</b>	Etat de surface:	
Planche N°: 17				
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L	2019/2020	
A2		FGC FMP UMMTO	MASTER II	



-	-	<b>Vue éclatée de l'outil</b>	-	-
ECHELLE 1:10		<b>OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA PLAQUE DE CUISSON D'UNE CUISINIÈRE</b>		Etat de surface:
Planche N°: 18				
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L		2019/2020
A3		FGC FMP UMMTO		MASTER II



DÉTAIL D  
ECHELLE 1 : 1



19	1	Pièce fabriquée (Emboutie)	Acier inox	Traité
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:5		<b>OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA PLAQUE DE CUISSON D'UNE CUISINIÈRE</b>		Etat de surface: 3.2
Planche N°: 19				
		AIT CHIKHOUNE.A - AIT OUAZZOU.L		2019/2020
A3		FGC FMP UMMTO		MASTER II